

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Educación



Implementación de actividades STEAM para potenciar el
pensamiento crítico en Matemáticas en la Escuela Media del
Colegio Interamericano

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado
por Sonia Ibelsy Davila Herrera para optar al grado de Licenciada en
Educación con Especialidad en Matemática y Ciencias Físicas

Guatemala,

2025

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Educación



Implementación de actividades STEAM para potenciar el
pensamiento crítico en Matemáticas en la Escuela Media del
Colegio Interamericano

Trabajo de graduación en modalidad de trabajo profesional presentado
por Sonia Ibelsy Davila Herrera para optar al grado de Licenciada en
Educación con Especialidad en Matemática y Ciencias Físicas

Guatemala,

2025

V.º B.º



(f) _____

M.A. María de los Ángeles Ovalle López

Tribunal examinador:



(f) _____

M. A. Ester Cristina Ruiz Cruz



(f) _____

M.A. María de los Ángeles Ovalle López

PREFACIO

A Dios, por permitirme dedicarme a lo que me hace feliz: la educación.

A mi mamá, aunque está en el cielo, sé cuánto quería verme graduarme de la universidad (lamento mucho no haber podido cumplirte mami).

A mi papá, que es sin duda mi luz, mi guía y mi fuerza vital (¡gracias, papi, no podría haberlo logrado sin ti!).

A mi hermana Marianita, por sus frases de apoyo y por ser un ejemplo a seguir.

A la Universidad del Valle, que me recibió con los brazos abiertos cuando nadie valoraba mi vocación de ser docente, y me recordó que no estaba sola en este camino difícil y tan poco valorado socialmente: la docencia.

A Marielos, por su tiempo, su guía y acompañamiento, por creer en mí en todo momento (incluso cuando yo no creía tanto) y por darme más de lo que podré pagarle en esta vida.

A Renato, gracias por creer en mí. Gracias por ser el compañero perfecto en este viaje llamado vida.

Azul y Maya, hijas, discúlpennme por los fines de semana y las tardes que no pude ver una película, ayudarles a estudiar o simplemente estar con ustedes por estar trabajando. Espero que este logro sea un impulso en mi meta de poder darles una vida mejor.

Les agradezco a mis estudiantes y al Colegio Interamericano, por su disposición a apoyarme durante este proceso.

A todos los que se atreven a impulsar experiencias educativas con enfoques nuevos, como STEAM, ustedes están abriendo la puerta a repensar la educación para las personas del futuro.

ÍNDICE

PREFACIO	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
IV. JUSTIFICACIÓN	6
V. OBJETIVOS	8
A. Objetivo general.....	8
B. Objetivos específicos.....	8
VI. MARCO TEÓRICO	9
A. Teorías del aprendizaje	9
1. Piaget.....	9
2. Vigotsky.....	10
3. Ausubel	11
B. Enfoque STEAM.....	11
1. ¿Qué es STEAM?	13
2. ¿Qué no es STEAM?	14
C. Pensamiento crítico y su importancia en Matemáticas	15

D. Diseño instruccional.....	16
VII. MARCO CONTEXTUAL	18
A. Historia.....	18
B. Estructura organizacional.....	19
C. Infraestructura y ubicación.....	20
D. Visión y misión	20
E. Políticas	20
F. Objetivos.....	21
G. Proyectos	21
H. Condiciones socioculturales.....	21
I. Ética y principios	21
VIII. MARCO METODOLÓGICO.....	22
A. Enfoque y tipo de investigación.....	22
B. Supuestos.....	22
C. Participantes	23
D. Diseño de la intervención: STEAM y la rutina del fenómeno ancla	23
E. Validación y producto de la intervención.....	24
F. Instrumentos para la recolección de datos	24
1. Evaluación ex ante	26
2. Evaluación ex post	26
IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	28
A. Punto de partida: evaluación pre intervención.....	28
1. Desempeño cuantitativo inicial.....	28
2. Desempeño cualitativo inicial.....	29
B. Proceso de implementación de las actividades STEAM.....	31

1. Explorando la línea numérica con Spheros.....	31
2. Haciendo arte con círculos.....	34
3. Construir un modelo del telescopio Webb.....	36
C. Impacto de las actividades: Evaluación postintervención.....	39
1. Integración de hallazgos de las actividades STEAM.....	40
2. Resultados de las pruebas estandarizadas MAP.....	49
3. Valoración por expertos la guía metodológica.....	50
3. Limitaciones del proyecto de intervención.....	52
X. CONCLUSIONES.....	54
XI. RECOMENDACIONES.....	56
A. Recomendaciones para la práctica educativa:.....	56
B. Recomendaciones para futuras investigaciones.....	57
XII. BIBLIOGRAFÍA.....	58
XIII. ANEXOS.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo constructivista del aprendizaje.....	10
Figura 2. Organigrama del Colegio Interamericano	19
Figura 3. Nube de palabras de respuestas sobre STEAM.....	31
Figura 4. Percepción del disfrute al aprender matemáticas antes de las actividades STEAM	43
Figura 5. Percepción del disfrute al aprender matemáticas antes de las actividades STEAM	44
Figura 6. Nivel de confianza en la solución de problemas matemáticos	45
Figura 7. Grado de desarrollo del pensamiento creativo y de búsqueda de estrategias tras las actividades STEAM.....	46
Figura 8. Percepción de los estudiantes sobre la frecuencia en que las actividades STEAM les ayudaron a analizar problemas y tomar decisiones	47
Figura 9. Percepción de la frecuencia del trabajo en equipo durante las actividades STEAM	48
Figura 10. Percepción de la dificultad al elaborar el modelo del telescopio James Webb	49
Figura 11. Comparación de desempeño en operaciones y pensamiento algebraico	50
Figura 12. Calificación promedia otorgada por expertos a los criterios de evaluación de la guía metodológica STEAM	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Enfoques metodológicos y pedagógicos que pueden integrar STEAM.....	12
Cuadro 2. Instrumentos de recolección de datos	25
Cuadro 3. Instrumentos e indicadores de la evaluación ex ante	26
Cuadro 4. Indicadores e instrumentos utilizados durante la evaluación ex post	27
Cuadro 5. Indicadores e instrumentos utilizados durante la evaluación ex post	29
Cuadro 6. Resultados de la lista de cotejo de la actividad: explorando la línea numérica con Spheros.....	32
Cuadro 7. Resultados de la lista de cotejo de la actividad: haciendo arte con círculos	35
Cuadro 8. Resultados de la lista de cotejo de la actividad: modelo del telescopio James Webb	38
Cuadro 9. Resumen de observaciones en clase por actividad STEAM	40

RESUMEN

Este proyecto de intervención implementó actividades STEAM en las clases de matemáticas de sexto grado del Colegio Interamericano. Su objetivo fue fomentar el pensamiento crítico y fortalecer las actitudes positivas hacia la asignatura. Este proyecto se originó por la identificación de dificultades iniciales de los estudiantes en el aprendizaje matemático y actitudes negativas durante las actividades de aprendizaje, así como la falta de una guía metodológica clara en el colegio para el enfoque STEAM, todo evidenciado por pruebas estandarizadas y diagnósticos cualitativos. Se diseñó una guía metodológica interdisciplinaria, fundamentada en la rutina del fenómeno ancla, el constructivismo y el aprendizaje significativo, que promovió el aprendizaje de conceptos matemáticos con proyectos prácticos. La guía metodológica elaborada recibió una valoración positiva por parte de especialistas educativos. Los resultados postintervención indicaron que los estudiantes percibieron mejoras significativas en su pensamiento crítico (89 %), creatividad (84 %) y trabajo en equipo (88 %), también mostraron una actitud más positiva hacia las matemáticas. Aunque las pruebas de desempeño mostraron avances, también se identificó la fuerte necesidad de estrategias de diferenciación. Se concluye que el enfoque STEAM es un enfoque eficaz para potenciar la habilidad de resolver problemas y desarrollar una disposición positiva hacia las matemáticas, preparando a los estudiantes para los desafíos interdisciplinarios del futuro.

ABSTRACT

This intervention project implemented STEAM activities in 6th-grade mathematics classes at Colegio Interamericano. Its objective was to foster critical thinking and strengthen positive attitudes towards the subject. The intervention arose from initial student difficulties in mathematical learning and negative attitudes, as well as the lack of a clear methodological guide for the STEAM approach at the school, all evidenced by standardized tests and qualitative diagnoses. An interdisciplinary methodological guide was designed, founded on the anchor phenomenon routine, constructivism, and meaningful learning, which promoted work with practical projects, it received a positive evaluation from educational specialists. Postintervention results indicated that students perceived significant improvements in their critical thinking (89 %), creativity (84 %), and teamwork (88 %), and showed a more positive attitude towards mathematics. Although performance tests showed progress, a strong need for differentiation strategies was also identified. It is concluded that the STEAM approach is an effective way to enhance problem-solving ability and develop a positive disposition towards mathematics, preparing students for the interdisciplinary challenges of the future.

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación, que marca el inicio de una inmersión profunda en el mundo de la educación STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas, por sus siglas en inglés), tiene como objetivo fomentar el pensamiento crítico y transformar a la matemática en una asignatura práctica. El contexto del proyecto es la clase de Matemática de sexto grado del Colegio Interamericano.

Este proyecto pretende demostrar, a través de experiencias de aprendizaje, activas, auténticas y contextualizadas, que es posible cultivar habilidades cognitivas superiores, que van más allá de la memorización y de la repetición al trascender las fronteras de las disciplinas tradicionales, usando conocimientos y herramientas de varias materias a la vez para resolver un problema o crear algo.

La metodología empleada en este estudio, que abarcó el diseño, implementación y evaluación de tres actividades STEAM, combinó la recolección de datos cuantitativos y cualitativos para ofrecer una visión amplia de su impacto. Se emplearon herramientas como pruebas de desempeño estandarizadas, diagnósticos cualitativos y observaciones directas para comprender el punto de partida de los estudiantes y evaluar su evolución.

Este trabajo pretende demostrar el potencial del enfoque STEAM para desarrollar el pensamiento crítico, la creatividad y la colaboración en el aprendizaje de las matemáticas. Se espera que los hallazgos de esta intervención contribuyan a la comprensión de cómo implementar experiencias educativas auténticas y contextualizadas que preparen a los estudiantes para los desafíos del mundo futuro.

II. ANTECEDENTES

En un mundo donde el acceso a la información es prácticamente ilimitado gracias a internet, desarrollar habilidades de pensamiento crítico y autonomía es muy importante. Por ello, la educación del futuro debe estar enfocada en enseñar a los estudiantes cómo utilizar el conocimiento de manera eficiente e inteligente, dando soluciones innovadoras a problemas reales. El enfoque STEAM representa un paso crucial hacia este objetivo, al integrar disciplinas y habilidades diversas en experiencias auténticas de aprendizaje activo.

En todo el mundo se ha demostrado la eficacia de este enfoque para desarrollar la creatividad, el pensamiento crítico y las competencias en resolución de problemas, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI. Según Botero (2018), STEAM va más allá de la enseñanza de contenidos, ya que su verdadero propósito es desarrollar en los estudiantes la capacidad de analizar, cuestionar y proponer soluciones a problemas complejos, al mismo tiempo que fortalecen el trabajo en equipo y otras habilidades clave para su futuro, como la comunicación y la colaboración.

En Argentina, las ferias de ciencias STEAM han permitido que estudiantes trabajen en proyectos interdisciplinarios en los que aplican conocimientos teóricos para resolver problemas, desarrollando habilidades sociales e impulsando soluciones creativas en escenarios reales. Por ejemplo, el proyecto desarrollado por estudiantes de la Escuela 1-421 República Oriental del Uruguay en Mendoza, resultó en la producción de alcohol en gel y jabón vegano como una solución para prevenir enfermedades respiratorias y promover la higiene personal en la localidad (Secretaría de Educación, s. f.).

En "Experiencias STEAM en América Latina como Metodologías Educativas Innovadoras", Segura (2019) describe cómo la incorporación de este enfoque ha cambiado la educación en diferentes lugares de América Latina, documentando 24 meses de actividades interdisciplinarias que permitieron a los estudiantes abordar problemas del mundo real desarrollando en pensamiento crítico y divergente. Esto evidencia cómo estas

iniciativas promueven prácticas educativas innovadoras que realmente impactan el aprendizaje.

Varias organizaciones internacionales promueven enfoques como STEAM alrededor de mundo. Según la UNESCO (2023), la Educación STEAM+H (Humanidades) es fundamental para alcanzar los objetivos de la Agenda 2030, ya que promueve el pensamiento crítico, la creatividad y la innovación necesarias para el desarrollo sostenible, además de formar ciudadanos capaces de participar activamente en la solución de los problemas globales. Es importante que la educación evolucione al mismo ritmo que la tecnología, la ciencia y las matemáticas, ya que estas están transformando el mundo a pasos agigantados.

También existen iniciativas alrededor del mundo que promueven STEAM de manera innovadora e interactiva en las aulas. Un ejemplo es la colaboración entre el Museo de Ciencia de Boston y Kahhot! (PR Newswire US, 2023). Su objetivo es llevar el museo a estudiantes de primaria y secundaria a través del aprendizaje virtual. Sus actividades se alinean los Next Generation Science (Estándares de Ciencia de la Próxima Generación). Estos estándares proporcionan un marco para la enseñanza de las ciencias que se centra en la indagación, la resolución de problemas y la conexión con el mundo real. Tim Ritchie, presidente del museo, enfatizó la oportunidad de llegar a muchos estudiantes y poder inspirar en ellos el amor por las ciencias y desarrollar habilidades para el futuro. STEAM sin duda se está convirtiendo en el enfoque que puede enriquecer significativamente las experiencias de aprendizaje en el aula.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Colegio Interamericano es una institución educativa privada de renombre internacional, ubicada en la zona 16 de la Ciudad de Guatemala, que ofrece formación desde kínder hasta bachillerato. Se caracteriza estar ubicado en una zona exclusiva de la ciudad, con acceso a infraestructura moderna y equipamiento tecnológico. Si bien el colegio ha priorizado la implementación del enfoque STEAM en su propuesta educativa, invirtiendo en el desarrollo del enfoque través del currículum, la adquisición de recursos tecnológicos avanzados y la creación de *makerspaces* (espacios para crear), se ha identificado una problemática central en este proceso. Las actividades STEAM llevadas a cabo en el colegio, según entrevistas a docentes, documentos internos y observaciones de clases, carecen de un marco metodológico claro que las conecte con problemas reales y con el propósito fundamental del enfoque STEAM: desarrollar en los estudiantes habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas.

Esta falta de una guía didáctica tiene consecuencias significativas. Las encuestas a los estudiantes revelan una percepción limitada de STEAM, lo que indica un sesgo en su aplicación. Se tiende a reducir el enfoque a la mera incorporación de tecnología o a la réplica de proyectos preexistentes, lo cual no fomenta la creatividad, el pensamiento divergente ni el pensamiento crítico. En lugar de impulsar la innovación, se perpetúan el tradicionalismo, la imitación y la repetición, limitando la capacidad de los estudiantes para analizar sus acciones, buscar soluciones originales y desarrollar autonomía en su aprendizaje.

Esta problemática tiene un impacto directo en el aprendizaje de las matemáticas ya que es imprescindible que los estudiantes desarrollen sus propias estrategias para resolver problemas numéricos y lógicos. Los resultados del MAP Test del último año de primaria muestran áreas de crecimiento en la aplicación de conceptos algebraicos, el razonamiento numérico y la resolución de problemas en contextos reales. La falta de un marco metodológico STEAM adecuado limita las oportunidades para que los estudiantes apliquen las matemáticas de manera interdisciplinaria y significativa. Como señalan Domínguez et al. (2019), "se da gran prioridad a la resolución de problemas complejos, el pensamiento

crítico, creatividad y trabajo en equipo porque se encuentran enmarcadas dentro del enfoque STEAM" (p. 234).

Por lo tanto, este trabajo de graduación se centra en abordar la falta de una guía metodológica adecuada para la implementación del enfoque STEAM, con el objetivo de potenciar el aprendizaje de las matemáticas y desarrollar habilidades del siglo XXI en los estudiantes. Se propone el diseño e implementación de experiencias de aprendizaje interdisciplinarias enfocadas en la resolución de problemas reales, promoviendo la generación de ideas nuevas, el pensamiento divergente, la creatividad y el pensamiento crítico, la colaboración, la comunicación y la alfabetización digital. Como afirman Fu et al. (2024), "la educación STEAM fomenta el pensamiento crítico y creativo al involucrar a los estudiantes en actividades prácticas que les permiten resolver problemas del mundo real" (p. 2118).

Además, se reconoce la importancia de la equidad de género en la educación STEAM. Diseñar entornos de aprendizaje inclusivos brinda a todos los estudiantes, independientemente de su género, las mismas oportunidades para desarrollar habilidades científicas, matemáticas, tecnológicas y creativas. Al promover la colaboración, el pensamiento crítico y la resolución de problemas en equipo, se busca que los estudiantes rompan estereotipos y se sientan empoderados para explorar estas áreas. Como señalan Cedeño et al. (2024), las barreras culturales y estructurales continúan limitando el acceso de las mujeres a carreras STEAM, lo que subraya la necesidad de fomentar la inclusión y el empoderamiento en estas áreas.

Finalmente, esta propuesta busca generar un modelo replicable que pueda influir en la transformación de las prácticas educativas en otros contextos. Como indican Domínguez et al. (2019), la implementación efectiva del enfoque STEAM requiere que los educadores adopten metodologías activas que promuevan el aprendizaje colaborativo y el pensamiento crítico y se espera que esta investigación contribuya a este objetivo.

IV. JUSTIFICACIÓN

Este estudio se centra en sexto grado porque, dentro del sistema estadounidense que sigue el Colegio Interamericano, este nivel marca el inicio de *Middle School* (escuela media), a diferencia del sistema educativo guatemalteco, donde aún se considera parte de la primaria. Este grado representa una transición de la escuela primaria a la escuela secundaria o media, en el que los estudiantes consolidan su comprensión de la aritmética y establecen las bases del álgebra, habilidades que son clave para el desarrollo del pensamiento matemático más complejo. Trabajar en este grado permite fortalecer esas bases desde un enfoque STEAM, asegurando que los aprendizajes numéricos sean más profundos y que los estudiantes puedan aplicar un razonamiento matemático más sofisticado para enfrentar desafíos interdisciplinarios con mayor efectividad y autonomía en la secundaria.

Además, esta intervención se alinea con los estándares del Common Core State Standards (CCSS, influyentes a nivel internacional) adoptados por el Colegio Interamericano, los cuales enfatizan el desarrollo del pensamiento crítico y la resolución de problemas matemáticos en contextos aplicados (National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers, 2010). STEAM proporciona una forma efectiva para cumplir con estas expectativas al integrar múltiples disciplinas y fomentar el razonamiento lógico en los estudiantes.

STEAM es el salto que se debe dar en la educación, ya que va más allá de enseñar solo el contenido y reunir varias disciplinas para situar al estudiante en un ambiente complejo: en la realidad. Los problemas en la vida no se presentan en asignaturas aisladas, sino que tienen múltiples aristas y se resuelven de manera interdisciplinaria. Este trabajo de graduación tiene el potencial de sentar las bases para un conocimiento que trascienda el currículo, formando estudiantes capaces de utilizar el conocimiento de manera inteligente, contribuir al progreso social y prepararse para el futuro. Según Sternberg (2003), la creatividad y la inteligencia, entendida como la manera de buscar soluciones de forma práctica, son fundamentales para abordar desafíos complejos, ya que permiten a las

personas adaptarse y transformar su entorno de manera efectiva. Además, esta intervención no solo beneficia a los estudiantes de sexto grado, sino que también ofrece a todos los docentes una guía clara y práctica para enseñar usando el enfoque STEAM, lo que facilita su aplicación en el aula.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Diseñar, implementar y evaluar actividades STEAM para la clase de matemáticas de sexto grado en el Colegio Interamericano, con el propósito de fomentar la resolución de problemas reales y desarrollar el pensamiento crítico y divergente en los estudiantes.

B. Objetivos específicos

1. Diseñar actividades STEAM para la clase de matemáticas en sexto grado, asegurando su conexión con problemas reales y su viabilidad dentro del currículo del Colegio Interamericano.
2. Implementar las actividades en un periodo definido, promoviendo el uso de metodologías activas, la integración de tecnología, arte y pensamiento matemático para desarrollar habilidades de resolución de problemas.
3. Evaluar el impacto de la intervención realizando una comparación detallada de los resultados ex ante y ex post de la implementación, mediante el análisis de indicadores cuantitativos, como el desempeño en pruebas estandarizadas y cualitativos, como la percepción de los estudiantes sobre su propio aprendizaje y el desarrollo de habilidades esenciales como el pensamiento crítico y divergente.
4. Diseñar una guía metodológica detallada y flexible para la implementación de actividades STEAM que promuevan el pensamiento crítico en la enseñanza, con el fin de facilitar su adaptación y aplicación por parte de otros docentes.

VI. MARCO TEÓRICO

A. Teorías del aprendizaje

A lo largo del siglo XX se han desarrollado diversas teorías sobre el aprendizaje, principalmente desde la psicología, que han sentado las bases para la educación contemporánea. Este enfoque más científico de la educación ha permitido desarrollar experiencias de aprendizaje más efectivas y adecuadas al contexto global. A continuación, se describe su influencia en el enfoque STEAM.

1. Piaget

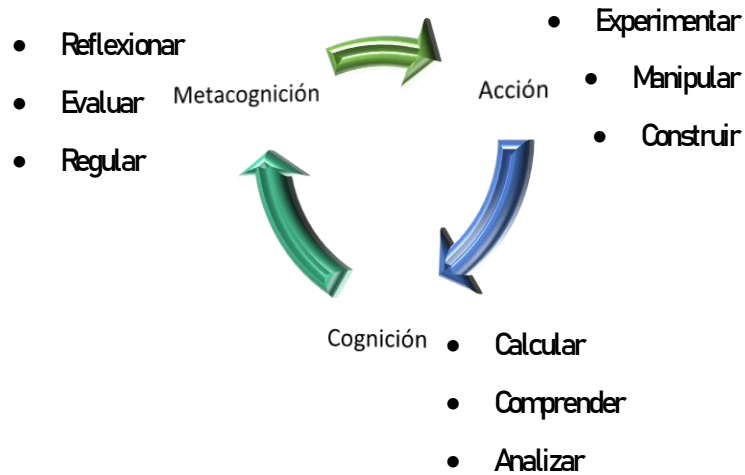
Para entender mejor cómo funciona STEAM, es útil hablar de epistemología, que es la rama de la filosofía que estudia cómo los seres humanos conocen y construyen el conocimiento. El constructivismo, una epistemología propuesta por Piaget, dice que no solo se recibe el conocimiento pasivamente, sino que se construye activamente en la mente al interactuar con el mundo exterior. Es decir, el aprendizaje se concibe como un proceso activo que involucra la acción, la experimentación y la conexión de ideas nuevas con el conocimiento previo.

Esta forma de ver el conocimiento es diferente a otras. Por ejemplo, el empirismo plantea que la realidad es algo que está "afuera" y que se puede comprender objetivamente. En cambio, el psicoanálisis tiende a enfocarse más en cómo la experiencia personal de cada persona influye en su forma de ver la realidad y esta es subjetiva. Lo interesante de STEAM es que, al combinar la exploración científica, la creación artística y la resolución de problemas reales, permite a las personas aprender desde una postura constructivista.

Como dice Geber (2006), "al comprender el desarrollo de la inteligencia dentro del individuo en formación, reflejaremos los procesos que ocurren en el desarrollo de los sistemas epistemológicos" (p. 15). Esto significa que la comprensión de cómo los estudiantes construyen su propio entendimiento puede contribuir a encontrar una posición intermedia, en la que el conocimiento nace tanto de la experiencia externa como de los procesos cognitivos. Entonces, se puede decir que STEAM es una manera de llevar la teoría

de Piaget a la práctica en el aula, al crear conocimiento a partir de lo que experimentamos, de lo que pensamos y de lo que reflexionamos: acción, cognición y metacognición. La conexión entre experiencia y reflexión es muy importante en el enfoque STEAM.

Figura 1. Ciclo constructivista del aprendizaje



2. Vigotsky

Desde la perspectiva de Vygotsky, psicólogo ruso, se plantea que el pensamiento no es simplemente una reacción a lo que percibimos con los sentidos, sino un cambio importante que surge de la interacción social y de la cultura. El enfoque STEAM aprovecha una visión del aprendizaje donde las cosas se transforman mediante el diálogo y la interacción. El lenguaje juega un papel clave para que los estudiantes aprendan a convivir y el conocimiento se construye a través del trabajo colaborativo.

La idea de Vygotsky, citado en Durán (2014), de que “el lenguaje tiene como función primaria la comunicación y se constituye, así como una función socializadora desarrollada a través del trabajo humano” (p. 178) justifica que los proyectos STEAM no solo incluyan el pensamiento lógico y matemático, sino también la expresión, la colaboración, el dialogo para la construcción de ideas y la conexión emocional de los estudiantes.

3. Ausubel

El enfoque STEAM busca enganchar y dejar huella en el estudiante, ya que le permite conectar lo que está aprendiendo con lo que ya sabe, a través de actividades prácticas que integran varias disciplinas. Esta idea está relacionada con la propuesta de David Ausubel sobre el aprendizaje significativo. Como explica Mazarío (2010), para que el aprendizaje sea realmente significativo deben cumplirse dos condiciones esenciales: que el contenido tenga sentido (sea potencialmente significativo) y que el estudiante tenga disposición para aprenderlo (una actitud positiva durante la experiencia de aprendizaje).

En el contexto STEAM los proyectos basados en situaciones reales y que estimulan la creatividad cumplen con estas condiciones, ya que se vinculan con los intereses del estudiante y facilitan la comprensión profunda mediante la experimentación, la construcción, el error y la búsqueda de soluciones. Por eso, el aprendizaje significativo es también un pilar fundamental en los enfoques educativos actuales, como STEAM.

B. Enfoque STEAM

Un enfoque se entiende como una perspectiva o manera particular de abordar un tema o problema. En el contexto educativo, un enfoque se refiere a un conjunto de principios pedagógicos y metodológicos que guían el diseño y la implementación de experiencias de aprendizaje (Botero, 2018).

STEAM no es una metodología rígida ni cerrada, sino un enfoque flexible que permite integrar distintas formas de enseñar y aprender. Lo que busca es que los estudiantes se involucren de forma activa, que conecten lo que aprenden con su vida y que desarrollen habilidades como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas. Para lograr esto, se pueden usar muchas estrategias: desde proyectos, juegos, retos de diseño, hasta el uso de tecnología y experimentación. Como se mencionó anteriormente también se basa en principios pedagógicos en los que el estudiante es protagonista y el conocimiento se construye a partir de lo que ya sabe. Entonces, la educación STEAM comprende un amplio espectro de enfoques metodológicos y pedagógicos, en la siguiente tabla se

muestran algunos de los enfoques metodológicos y pedagógicos que se pueden integrar dentro de una experiencia STEAM.

Cuadro 1. Enfoques metodológicos y pedagógicos que pueden integrar STEAM

Enfoques metodológicos	Enfoques pedagógicos
<p>Aprendizaje basado en proyectos (ABP): se trabaja para resolver un problema o crear un producto.</p>	<p>Constructivismo: el conocimiento se construye activamente desde la experiencia del estudiante.</p>
<p>Aprendizaje basado en problemas (PBL): se parte de un problema real que se debe investigar y resolver colaborativamente.</p>	<p>Socio-constructivismo: el aprendizaje ocurre a través de la interacción social y su unidad principal es el lenguaje.</p>
<p>Aprendizaje basado en retos (ABR): se aprende solucionando desafíos que se enfrentan en su entorno.</p>	<p>Aprendizaje significativo: los nuevos conocimientos se conectan con saberes previos dándole significado al aprendizaje.</p>
<p>Indagación científica / investigación: se aprende de ciencia explorando preguntas, haciendo experimentos y compartiendo descubrimientos, como un científico real.</p>	<p>Pedagogía crítica: promueve la reflexión y el compromiso con la transformación social.</p>
<p>Design Thinking (pensamiento de diseño): proceso circular para idear soluciones, construir y probar prototipos.</p>	<p>Educación inclusiva: se considera la diversidad, el contexto cultural y las necesidades individuales y grupales.</p>
<p>Gamificación: Dinámicas lúdicas para motivar el aprendizaje.</p>	

Tinkering/ cultura maker: Aprender construyendo con las manos y/o arreglando objetos.

Pensamiento computacional y robótica educativa: aplicación de programación, diseño, procesos lógicos y construcción.

Este enfoque enfatiza la interdisciplinariedad como un principio fundamental en el diseño de experiencias de aprendizaje en el aula, procurando no solo la integración entre disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas —las áreas STEM—, sino también el desarrollo del contenido específico de cada una (Botero, 2018).

Como se evidencio en el planteamiento del problema y la justificación, existe una variedad de interpretaciones sobre el enfoque STEAM, lo que a menudo conduce a confundirlo con otras modalidades educativas. Para establecer una comprensión precisa, a continuación, se define el concepto de STEAM y se mencionan algunas concepciones erróneas habituales.

1. ¿Qué es STEAM?

El enfoque STEAM se define como una perspectiva educativa interdisciplinaria que integra las cinco áreas disciplinares de su acrónimo (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte/Humanidades y Matemáticas) y promueve un aprendizaje activo, colaborativo, significativo y auténtico a través de metodologías como el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas, la gamificación y el aprendizaje basado en retos.

Una característica distintiva de STEAM es que no organiza de manera jerárquica las disciplinas que integra y no hay materias más importantes que otras. En lugar de priorizar un área sobre otra, busca el desarrollo del contenido específico de cada una para a través del dialogo y la creatividad establecer interconexiones entre ellas. Asimismo, STEAM impulsa la reflexión metacognitiva sobre las experiencias de aprendizaje y el

conocimiento disciplinar adquirido, permitiendo a los estudiantes identificar las intersecciones y relaciones inherentes entre las diferentes áreas.

Para su implementación efectiva, el enfoque STEAM, no es necesario que cada vez que se haga algo en clase tengan que estar metidas las cinco materias a la fuerza. A veces, una actividad se puede enfocar más en la parte de ciencia y tecnología, o quizás en la ingeniería y el arte. Siendo posible la presencia de dos o más en una actividad específica. “Al mismo tiempo, la educación STEAM destaca la necesidad de articular todas las disciplinas STEAM, incluyendo tecnología e ingeniería, áreas del conocimiento tradicionalmente ausentes en los niveles preuniversitarios” (Rodrigues-Silva, 2025, p. 7). Su fundamentación teórica se basa en el paradigma socio-constructivista antes expuesto de Vigotsky y Piaget, promoviendo de esta manera la creatividad, el pensamiento crítico, la alfabetización científica y la conciencia sobre la sostenibilidad.

La educación STEAM incorpora una perspectiva inclusiva, que considera las condiciones socioculturales y de género de los protagonistas del aprendizaje y subraya la necesidad de un referente ético en la aplicación del conocimiento y la tecnología, orientado al bienestar colectivo (Botero, 2018). Cedeño et al. (2024) señalan que para disminuir la brecha de género en STEM, es muy importante facilitar el acceso a recursos digitales y promover la alfabetización tecnológica en niñas de comunidades vulnerables. De esta manera, se pueden generar nuevas oportunidades para una educación más inclusiva y equitativa.

2. ¿Qué no es STEAM?

Es importante señalar que STEAM no constituye una evolución lineal del enfoque STEM. Aunque comparten elementos en común, STEAM representa una filosofía educativa diferente que expande el enfoque eminentemente técnico hacia una visión más humanista e inclusiva, integrando las dimensiones artísticas y/o humanísticas como componentes esenciales de esta perspectiva.

Aunque la interdisciplinariedad - que busca integrar conocimientos, habilidades y perspectivas de diferentes disciplinas académicas - es un componente inherente a STEAM,

el enfoque no es sinónimo de este concepto. STEAM posee una identidad propia, definida por la integración de disciplinas con propósitos educativos claros. Finalmente, STEAM no persigue la eliminación de las fronteras entre disciplinas, sino reconocer y fortalecer el contenido específico y el rigor de cada disciplina, fomentando su combinación, análisis e integración para enriquecer la experiencia de aprendizaje.

C. Pensamiento crítico y su importancia en Matemáticas

Ennis (1987), describe el pensamiento crítico de una forma bastante directa: es pensar con la cabeza, pero de manera razonada y reflexiva, para poder decidir qué creer o qué hacer. No es solo pensar por pensar, sino analizar las cosas antes de dar algo por sentado o de actuar impulsivamente. Según Facione (1990), una persona con pensamiento crítico es casi siempre curiosa, busca la verdad, tiene la mente abierta, es analítica, sistemática, confía en su propio razonamiento y trata de ser justa cuando juzga algo.

El pensamiento crítico es una capacidad esencial en el aprendizaje de la matemática, ya que permite que los estudiantes comprendan, analicen y evalúen de forma más profunda lo que están haciendo. En lugar de memorizar procedimientos sin sentido, los estudiantes aprenden a cuestionar, buscar patrones, tomar decisiones, crear sus propias estrategias y justificar sus respuestas con base en evidencia. Esto los convierte en pensadores más independientes y reflexivos, capaces de aplicar lo que aprenden a situaciones reales.

La comprensión conceptual, las destrezas procedimentales y la resolución de problemas -tres pilares del aprendizaje matemático- están directamente conectadas con el pensamiento crítico. Comprender un concepto matemático no es solo saber repetir un algoritmo, sino poder relacionarlo con la realidad, usarlo con sentido, y explicarlo con claridad. Al mismo tiempo, resolver problemas exige que el estudiante tome decisiones, analice la situación, y reflexione sobre su proceso, habilidades todas que son parte del pensamiento crítico.

Además, aplicar el pensamiento crítico en el aula permite que los estudiantes cuestionen lo que se les enseña, busquen nuevas formas de resolver un problema, se

equivocan y vuelvan a intentarlo con más criterio y determinación. Es un proceso que fortalece la autonomía y el compromiso con el aprendizaje, y que, como Rogovaya et al. (2019) indican, debe ser parte central del currículo, tanto en matemáticas como en otras áreas STEAM. De hecho, el pensamiento crítico no solo mejora el razonamiento lógico, sino que también forma parte de la preparación para la vida y el trabajo, ya que permite tomar decisiones informadas y fundamentadas.

D. Diseño instruccional

El diseño de experiencias STEAM debe centrarse en el estudiante y en su realidad contextual. En las actividades propuestas en este trabajo de graduación, se tomó como base la *anchor phenomenon routine* (rutina del fenómeno ancla), una estrategia de diseño instruccional que ha ganado reconocimiento en estado unidos por su potencial para involucrar a los estudiantes en el proceso de aprendizaje. Esta rutina permite que el aprendizaje parta de una situación real, relevante y lo suficientemente compleja como para motivar la indagación y la integración de múltiples disciplinas.

Un fenómeno ancla debe ser intrigante, observable y relevante para los estudiantes, generando preguntas y motivando la necesidad de aprender conceptos científicos, tecnológicos, de ingeniería, artísticos o matemáticos para comprenderlo en profundidad, de tal manera que los estudiantes no puedan responder fácilmente a través de una búsqueda en línea. Como explican Reiser et al. (2018), cuando los estudiantes investigan a partir de fenómenos reales y abiertos, sus preguntas influyen en la dirección del aprendizaje, lo que da lugar a una investigación significativa que fortalece habilidades como el pensamiento crítico, matemático, la colaboración y la comunicación.

Además, según Penuel y Bell (2016), los fenómenos ancla o problemas de diseño deben estar vinculados con la vida de los estudiantes, su cultura, su entorno y sus experiencias previas. Esto permite generar una secuencia instruccional coherente, ya que la explicación del fenómeno no se resuelve en una sola clase, sino que requiere el uso progresivo de conceptos, habilidades y prácticas científicas, matemáticas, tecnológicas y comunicativas. Un buen fenómeno ancla también integra datos, imágenes, modelos, y puede involucrar a una audiencia o comunidad interesada en los resultados.

Incluir fenómenos ancla permite establecer un puente entre lo académico y lo cotidiano, facilitando que los estudiantes se apropien del conocimiento, desarrollen autonomía y aprendan a pensar como científicos, ingenieros y creadores. La adopción de la Rutina del Fenómeno Ancla en el diseño de las actividades STEAM de esta investigación se alinea de manera coherente con los principios del paradigma socio-constructivista, previamente discutido. Al centrarse en un fenómeno del mundo real, se fomenta la acción y la exploración activa por parte de los estudiantes (como se menciona en la teoría de Piaget). La colaboración y la discusión durante las diferentes fases promueven la construcción social del conocimiento (de acuerdo con Vygotsky). Finalmente, la reflexión sobre el proceso de investigación y la construcción de explicaciones apoya el desarrollo de la metacognición.

Para asegurar la relevancia de las experiencias de aprendizaje STEAM diseñadas en esta investigación, se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos por estándares educativos influyentes en el contexto internacional:

1. Los Common Core State Standards (CCSS) fueron desarrollados en Estados Unidos, buscan establecer expectativas claras y consistentes sobre lo que los estudiantes deben saber y ser capaces de hacer en Matemáticas y Lenguaje y Literatura en cada nivel escolar (National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers, 2010). Los CCSS para Matemáticas enfatizan la comprensión conceptual, la fluidez en los procedimientos, la solución de problemas, el razonamiento lógico, la modelación matemática, el uso de herramientas apropiadas, la precisión, la identificación de estructuras y la expresión regularidad en el razonamiento repetitivo. Por su parte, los CCSS para Lenguaje y Literatura se centran en el desarrollo de habilidades de lectura, escritura, expresión oral y escucha.
2. Los Next Generation Science Standards (NGSS) también fueron desarrollados en Estados Unidos, representan un marco para la educación científica basado en tres dimensiones interconectadas: las prácticas científicas y de ingeniería, las ideas centrales de las disciplinas y los conceptos transversales (Achieve, Inc., 2013). Los NGSS buscan que los estudiantes no solo memoricen hechos científicos, sino que también desarrollen la capacidad de pensar y actuar como científicos e ingenieros, formulando preguntas,

diseñando soluciones, analizando datos y construyendo explicaciones basadas en evidencia.

VII. MARCO CONTEXTUAL

El presente marco contextual tiene como propósito analizar los aspectos fundamentales del Colegio Interamericano, institución en la que se lleva a cabo este trabajo profesional. Esta institución, ubicada en la 11 Avenida 6-75, interior I, zona 16, Ciudad de Guatemala, es reconocida por su enfoque en la educación de excelencia y su compromiso con la formación integral de ciudadanos del mundo.

A continuación, se detalla el entorno físico, social y cultural del colegio, así como los factores económicos y políticos que impactan las dinámicas educativas de la institución. Además, se describe la estructura organizativa y la filosofía institucional, integrando la misión y visión del colegio para comprender cómo orienta su modelo educativo hacia estándares internacionales.

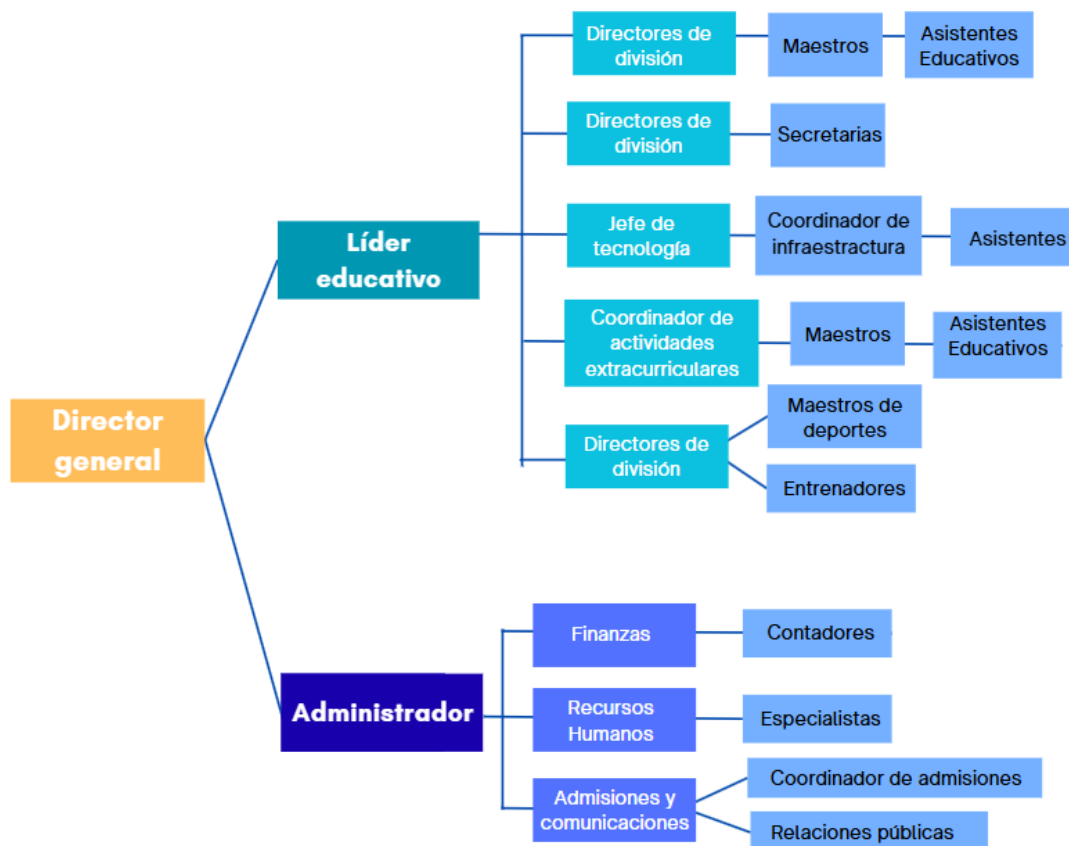
A. Historia

El Colegio Interamericano fue establecido en 1979 por la Fundación Educativa Guatemala (FEG) y ha sido un referente en la promoción de la excelencia educativa en el país. Desde su fundación, el colegio ha mantenido un compromiso constante con el desarrollo integral de sus estudiantes y el avance de Guatemala a través de la educación. Según el Manual del Estudiante, “el Colegio Interamericano se ha comprometido a ofrecer una educación de calidad que fomente el desarrollo integral de sus estudiantes y contribuya al progreso del país” (Interamericano, 2023, p. 5). La FEG fue creada con la misión de transformar la sociedad guatemalteca mediante la educación, ha desempeñado un papel crucial en el éxito del colegio. La Junta Directiva, compuesta por fiduciarios de la FEG, orienta estratégicamente la institución, asegurando “la implementación de programas educativos innovadores y sostenibles” (Interamericano, 2023, p. 6).

B. Estructura organizacional

La misión del colegio enfatiza una educación secular de calidad continua y sostenible, dedicada a la excelencia académica tanto como al desarrollo personal de los estudiantes. Su estructura organizacional está diseñada para facilitar un aprendizaje diferenciado, apoyada por equipos de liderazgo en las áreas académicas y administrativas, así como por orientadores instructivos y consejeros estudiantiles que respaldan el proceso educativo (Interamericano, 2023). Con más de 450 empleados, cuenta con una estructura organizativa diseñada para optimizar la gestión académica y administrativa, garantizando el buen funcionamiento de cada área. Esta estructura permite una distribución clara de responsabilidades entre los diferentes departamentos y facilita la toma de decisiones estratégicas alineadas con la misión y visión institucional. A continuación, se presenta el organigrama que ilustra la jerarquía interna y la interrelación entre las áreas principales.

Figura 2. Organigrama del Colegio Interamericano



Fuente: Manual del Estudiante del Colegio Interamericano (Interamericano, 2023).

C. Infraestructura y ubicación

El colegio se encuentra en una de las zonas residenciales más exclusivas de la capital, caracterizada por su desarrollo urbano planificado por fases y la proximidad a centros comerciales, áreas deportivas y servicios recreativos. La infraestructura del colegio incluye modernos edificios con aulas equipadas tecnológicamente, laboratorios de ciencias, bibliotecas, canchas deportivas y auditorios, lo que facilita una educación integral orientada tanto al desarrollo académico, físico y artístico de los estudiantes.

D. Visión y misión

1. Visión: ser reconocido como “el mejor colegio con acreditación internacional y doble título en Guatemala”, reflejando su aspiración a ofrecer una educación de excelencia respaldada por estándares internacionales (Interamericano, 2023, p. 8).
2. Misión: Formar ciudadanos del mundo con los conocimientos, competencias y valores necesarios para liderar y mejorar un mundo en constante cambio. Esto implica proporcionar “una educación académica innovadora” y desarrollar habilidades que preparen a los estudiantes para enfrentar desafíos globales (Interamericano, 2023, p. 9).

E. Políticas

El Colegio Interamericano promueve los seis pilares del carácter: ciudadanía, justicia, cuidado, integridad, respeto y responsabilidad. Estas políticas se encuentran reflejadas en el Manual del Maestro y del Alumno, que guían su implementación práctica (Interamericano, 2023).

Las normas de colaboración comunitaria en el Colegio Interamericano fomentan la construcción de un ambiente positivo y respetuoso. Se espera que los miembros de la comunidad presuman intenciones positivas y escuchen con una conciencia imparcial. Además, deben valorar las opiniones de los demás, promoviendo la inclusión y el respeto mutuo. La institución alienta a sus integrantes a aprovechar oportunidades para conectarse

mediante actividades comunitarias, comunicarse de manera clara y respetuosa, y gestionar el tiempo como un recurso valioso, asegurando el funcionamiento eficiente y armónico de la comunidad educativa.

F. Objetivos

Los objetivos del Colegio Interamericano se centran en proporcionar una educación de excelencia que prepare a los estudiantes para enfrentar desafíos globales. Asimismo, buscan fomentar valores y competencias a través de programas educativos innovadores, manteniendo una comunidad educativa unida, basada en el respeto, la honestidad y la colaboración. La institución también se compromete a mejorar constantemente su infraestructura y recursos educativos, además de contribuir al desarrollo comunitario, formando ciudadanos conscientes y comprometidos con su entorno (Interamericano, 2023).

G. Proyectos

El proyecto más reciente de la FEG es Project Journey (“Proyecto Travesía”, en español) que implica “la expansión del Colegio Interamericano mediante financiamiento parcial por colegiaturas” (Interamericano, 2023, p. 12). Este proyecto permitirá mejorar las instalaciones y recursos del colegio.

H. Condiciones socioculturales

El contexto socioeconómico del Colegio Interamericano refleja que la mayoría de sus familias pertenecen a la clase alta, lo que se traduce en acceso a recursos tecnológicos avanzados y programas extracurriculares (Interamericano, 2023). Además, cuenta con una diversidad cultural significativa con estudiantes de más de 10 nacionalidades.

I. Ética y principios

El Colegio fomenta una cultura ética basada en inclusión, respeto y colaboración. Los miembros se comprometen a mantener una conducta ética tanto en actividades presenciales como en línea (Interamericano, 2023).

VIII. MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo detalla todas las características importantes en el diseño de la investigación, los participantes, los instrumentos de recolección de datos, los procedimientos implementados y las consideraciones éticas que orientaron el desarrollo del proyecto de intervención.

A. Enfoque y tipo de investigación

Este proyecto de intervención se desarrolló con el propósito principal de diseñar, implementar y probar un modelo educativo STEAM que cumpla con las necesidades del Colegio Interamericano. Se utilizó un enfoque mixto debido a que permite analizar de manera integral el impacto de las actividades y la integración de ambos enfoques permitió la comprensión de la magnitud de los cambios en el aprendizaje y actitudes de los estudiantes, y también analizar las percepciones y experiencias de los participantes.

Al mismo tiempo, este Trabajo Profesional se basa en la investigación-acción, lo que significa que no se conforma con presentar información sobre la realidad, sino que también implementa prácticas para resolver problemas en ella. Es pertinente para el contexto educativos de sexto grado del Colegio Interamericano, ya que permite intervenir directamente en una situación específica, implementar estrategias y evaluar su impacto, con el fin de generar conocimiento que permita mejorar la realidad observada. El ciclo acción-reflexión-acción es muy importante en este proceso de intervención, ya que permite ajustar las actividades STEAM. En este sentido las experiencias de aprendizaje no son estáticas, se pueden modificar y perfeccionar en función de las vivencias de los profesores y estudiantes. Esto los convierte en verdaderos agentes del cambio que influyen directamente en el proceso.

B. Supuestos

Para que el proyecto fuera exitoso requirió de una serie de premisas sobre las que se diseñó y llevo a cabo el estudio. A continuación, se detalla cada una de ellas:

1. La participación de los estudiantes en las actividades STEAM basadas en la solución de problemas constituye un enfoque pedagógico propicio para la comprensión de conceptos abstractos y la mejora de capacidad de solucionar problemas.
2. Las metodologías activas, la integración de la tecnología y el arte en el proceso de resolución de problemas son enfoques que permiten a los estudiantes desarrollar habilidades de pensamiento crítico y divergente.
3. EL participar en actividades dinámicas y contextualizadas, propias del enfoque STEAM, contribuye a aumentar la motivación de los estudiantes hacia las matemáticas.
4. Las pruebas estandarizadas son instrumentos adecuados para medir los cambios en el desempeño matemático de los estudiantes después de participar en la intervención.
5. La metodología propuesta en el diseño de las actividades STEAM, principalmente las secuencias didácticas, cuentan con las características necesarias para ser percibida por los docentes como un recurso valioso para enriquecer la práctica pedagógica.

C. Participantes

Los actores principales de este proyecto son los 104 estudiantes de sexto grado del Colegio Interamericano durante el segundo semestre del ciclo escolar 2024-2025. Estos alumnos fueron los beneficiarios directos y protagonistas en la ejecución de las actividades STEAM. Los datos que proveyeron a la investigación incluyen su nivel de participación, su capacidad para solucionar problemas y percepción sobre las experiencias de aprendizaje; en adición ayudaron a evaluar el impacto del proyecto. También se incluye a los docentes cuyo trabajo fue la implementación y evaluación de las estrategias propuestas, además fueron los encargados de analizar la viabilidad de las metodologías propuestas, los desafíos en su aplicación y las oportunidades de mejora en las actividades.

D. Diseño de la intervención: STEAM y la rutina del fenómeno ancla

Las actividades STEAM implementadas en este proyecto fueron diseñadas usando el "*Anchor Phenomenon Routine*" explicado anteriormente en el Marco Teórico, para que la experiencia fuera guiada por las propias preguntas de los estudiantes, lo que conduce a un aprendizaje significativo que fortalece habilidades clave como el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación. Esto facilitó la creación de una secuencia instruccional

coherente, ya que la comprensión se construye paso a paso a través del uso de conceptos, el desarrollo de habilidades y la ideación de soluciones prácticas.

Se integraron los estándares educativos *Common Core State Standards* (CCSS) para Matemáticas y Lenguaje, y los *Next Generation Science Standards* (NGSS) para Ciencia e Ingeniería, dado su reconocido impacto y adopción en múltiples contextos educativos, incluyendo su influencia en el diseño curricular STEAM. Para asegurar su conexión con el contexto curricular en Guatemala también se incorporaron las Competencias del Currículo Nacional Base (CNB).

E. Validación y producto de la intervención

Uno de los resultados de este proyecto que cumplen con el objetivo específico número cuatro es la creación de tres secuencias didácticas, las cuales, aunque no se implementaron con los estudiantes, tienen como propósito ser un marco metodológico replicable para otros docentes en cualquier asignatura de manera efectiva. Para asegurar su calidad y pertinencia se realizó un juicio de expertos. Cuatro expertas en educación STEAM evaluaron la propuesta, lo que contribuyó a su perfeccionamiento y a fortalecer su objetivo de ser un recurso valioso que puede trascender en el futuro.

F. Instrumentos para la recolección de datos

El proyecto de intervención constó de tres fases importantes en los que se realizó recolección de datos: la evaluación ex ante (línea base inicial), el desarrollo de las actividades y la evaluación ex post (al finalizar el proyecto). Todos los instrumentos utilizados durante este proyecto de intervención se describen en la tabla que se muestra a continuación y posteriormente se detalla el procedimiento de recolección de datos para cada momento.

Cuadro 2. Instrumentos de recolección de datos

Instrumento	Descripción	Objetivo
Pruebas estandarizadas MAP	Prueba estandarizada para conocer el crecimiento de los estudiantes en habilidades matemáticas como pensamiento algebraico y sentido numérico.	Medir el desempeño inicial (ex ante y final (ex post) en las habilidades matemáticas correspondientes a su nivel educativo.
Encuestas a estudiantes	Preguntas cerradas y abiertas sobre la percepción y motivación de las actividades STEAM.	Analizar el impacto de STEAM en la motivación, habilidades y confianza de los estudiantes.
Lista de cotejo para observación directa	Registro dicotómico de la participación, motivación, actitud y desenvolvimiento general de los estudiantes durante las actividades, también comentarios adicionales de detalles observados que no se especifican en los criterios.	Recopilar información importante y de primera mano sobre el impacto de las actividades en los estudiantes y su eficacia.
Juicio de expertos	Evaluación realizada por personas especializadas en STEAM para validar las guías metodológicas propuestas.	Mejorar las actividades propuestas para apoyar a otros docentes en la implementación de STEAM y evaluar su aplicabilidad.

1. Evaluación ex ante

Antes de la implementación de las actividades se identificaron indicadores que permitieron comprender cómo era la motivación, el desarrollo del pensamiento crítico y las habilidades para resolver problemas de los estudiantes que actualmente cursan el grado 6 del Colegio Interamericano. Los instrumentos que se utilizaron se describen en la tabla que se muestra a continuación.

Cuadro 3. Instrumentos e indicadores de la evaluación ex ante

Cuantitativos	Cualitativos
<ul style="list-style-type: none">- Resultados de la prueba estandarizada Measure of Academic Progress (MAP) o Medidas de Progreso Académico de quinto grado.- Resultados en actividades previas de resolución de problemas en Matemáticas.	<ul style="list-style-type: none">- Observaciones en clase para identificar las estrategias de resolución de problemas utilizadas por los estudiantes.- Encuestas iniciales para conocer la percepción del enfoque STEAM de parte de los estudiantes.- Opinión docente sobre la disposición de los estudiantes a participar en proyectos interdisciplinarios.

2. Evaluación ex post

Para medir el impacto de las actividades y poder comparar los resultados con los datos obtenidos durante la evaluación ex post se utilizaron los instrumentos que se describen en la tabla a continuación.

Cuadro 4. Indicadores e instrumentos utilizados durante la evaluación ex post

Cuantitativos	Cualitativos
<ul style="list-style-type: none"> - Comparación de los resultados de la prueba MAP de quinto primaria y sexto grado. - Análisis de la diferencia en los resultados en ejercicios de resolución de problemas en de clase de matemática. 	<ul style="list-style-type: none"> - Encuestas finales a estudiantes sobre su percepción del enfoque y las actividades, la motivación y el uso de diversas estrategias para resolver problemas. - Observaciones durante las actividades STEAM. Se registraron aspectos como el nivel de participación de los estudiantes, su habilidad para resolver problemas y aplicar conceptos durante las experiencias de aprendizaje.

IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los hallazgos del proyecto de implementación de actividades STEAM en sexto grado del Colegio Interamericano, incluyendo su análisis e interpretación detallada. Los resultados se discuten en base a los objetivos planteados y el marco teórico que sustenta la investigación para lograr explicar de manera integral el impacto de las actividades STEM en el pensamiento crítico en matemáticas, las actitudes de los estudiantes y la viabilidad del marco metodológico propuesto.

A. Punto de partida: evaluación preintervención

En esta sección se presentan los resultados de la evaluación ex ante. Se describe el nivel inicial de los estudiantes en pensamiento crítico en Matemáticas y las actitudes de los estudiantes antes de la intervención.

1. Desempeño cuantitativo inicial

Se analizaron los resultados de las pruebas MAP en el área de Matemáticas, específicamente en el área de dominio de operaciones y pensamiento algebraico (*operations and algebraic thinking*). Este criterio fue seleccionado por su relevancia en el uso de capacidades lógicas y numéricas para la solución de problemas.

Estas pruebas utilizan una escala de medida conocida como la escala RIT (*Rasch unit*), que permite medir el crecimiento académico de los estudiantes a lo largo del tiempo independientemente de su grado. El puntaje RIT que se obtiene al final de una prueba MAP representa el nivel de complejidad de los problemas que puede resolver correctamente y de forma consistente.

Las pruebas MAP se realizan generalmente tres veces al año como se muestra en el cuadro 5. Para esta investigación se utilizaron los datos de las mediciones de invierno (noviembre 2024) y primavera (mayo 2025) del ciclo escolar en curso, ya que este proyecto de intervención se implementó durante los primeros meses del año 2025.

Cuadro 5. Indicadores e instrumentos utilizados durante la evaluación ex post

Temporada	Meses aproximados	Propósito principal
Otoño	Agosto 19 – 23	Establecer la línea base al inicio del ciclo escolar
Invierno	Enero 20 – 24	Medir crecimiento a medio ciclo escolar
Primavera	Mayo 19 - 23	Evaluar el crecimiento total del año escolar

Fuente: Calendario escolar del Colegio Interamericano ciclo escolar 2024-2025

Los resultados de la prueba MAP de sexto grado, en el dominio de operaciones y pensamiento algebraico en el período de invierno indicaron un promedio RIT estimado entre 216 y 218 (desviación estándar: 12.2), lo que indica una distribución relativamente dispersa en el desempeño general del grupo.

Al analizar la distribución por percentiles, se observa que un 48 % de los estudiantes se encontraba en los rangos “Bajo” (13 %) y “Bajo promedio” (35 %). Esto indica que casi la mitad del grupo tuvo dificultades significativas para abordar contenidos relacionados con operaciones y pensamiento algebraico. Solo un 7% alcanzó el nivel “Alto”, mientras que el 27% estaba en un rango promedio.

Estos resultados iniciales muestran que, antes de iniciar la intervención, una proporción considerable de los estudiantes presentaban limitaciones en el razonamiento matemático y algebraico. Dado que son competencias esenciales para el desarrollo del pensamiento crítico, los resultados justifican la implementación de estrategias pedagógicas que las fortalezcan, como el enfoque STEAM, en la enseñanza de matemáticas.

2. Desempeño cualitativo inicial

Complementando el análisis cuantitativo, la evaluación cualitativa inicial se basó en la observación de las estrategias y las actitudes de los estudiantes durante los ejercicios

de resolución de problemas en clase de matemáticas y sus percepciones iniciales en cuanto al enfoque STEAM. Cabe mencionar que las respuestas se recopilaban en inglés ya que el curso de matemáticas se imparte completamente en ese idioma. Esto explica que la nube de palabras (ver figura 3) refleja términos en inglés que fueron los más frecuentemente mencionados por los alumnos.

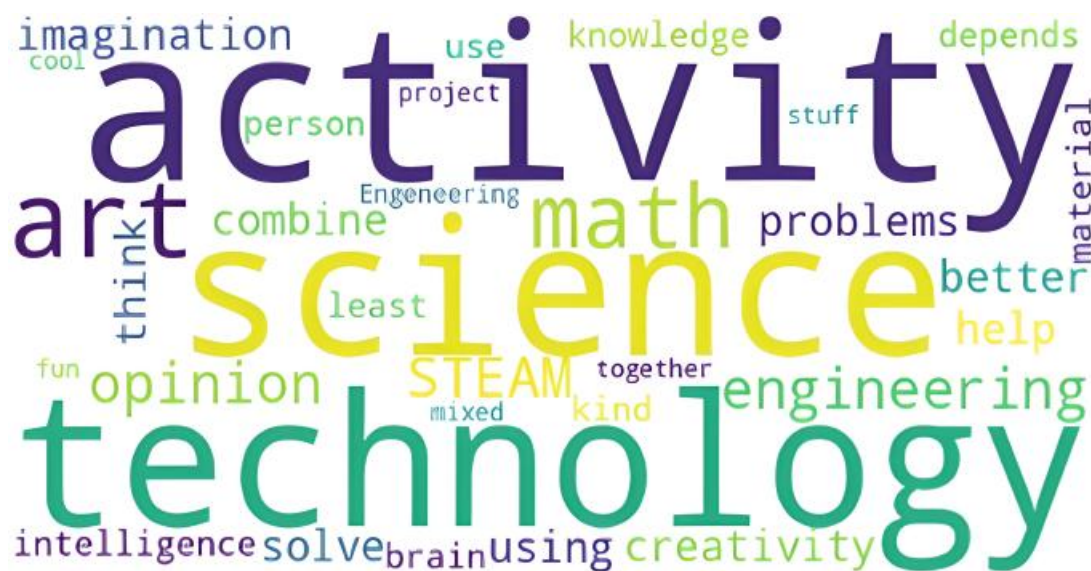
Durante los ejercicios previos de resolución de problemas en matemáticas, se observó que la mayoría de los estudiantes tenían dificultades para desarrollar sus propias estrategias. Con frecuencia insistían en que se les dijeran “cómo” encontrar las respuestas. También mostraban dificultades para comprender y ordenar la información de los enunciados de los problemas y constantemente se saltaban pasos al momento de aplicar procesos explicados por la docente.

Las respuestas de los estudiantes a la pregunta ¿Qué es STEAM? revelaron una comprensión general de los elementos que conforman el enfoque. Varios de ellos lograron identificar las disciplinas que representan las letras en STEAM y algunos expresaron ideas más profundas asociando STEAM con creatividad, manualidades, trabajo colaborativo y solución de problemas. Por ejemplo, una estudiante señaló:

In my opinion a STEAM activity is only when you're using your imagination, creativity, intelligence, knowledge, and brain for the activity you're doing. So it kind of depends more on the person than the activity, at least in my opinion. (Ana, comunicación personal, 2025)

Lo que puede traducirse como: “En mi opinión una actividad STEAM es cuando estás usando tu imaginación, creatividad, inteligencia, conocimiento y tu cerebro para hacer lo que estás haciendo. Así que creo que depende más de la persona que de la actividad, en mi opinión”, refleja una opinión metacognitiva profundamente interesante. En contraste, también se observaron muchas respuestas en blanco o incompletas, lo que indica que la comprensión del concepto no es igual para todos los estudiantes. Esto permitió establecer la necesidad de introducir de forma explícita los principios del enfoque en el aula para que los estudiantes pudieran comprender mejor las experiencias prácticas de la intervención. A continuación, se muestra una nube de las palabras más usadas por los estudiantes.

Figura 3. Nube de palabras de respuestas sobre STEAM



B. Proceso de implementación de las actividades STEAM

Esta sección describe el desarrollo del proyecto de intervención “Implementación de actividades STEAM para potenciar el pensamiento crítico en Matemáticas”. Las actividades se llevaron a cabo en los meses de febrero, marzo y mayo. A continuación, se detallan cada una de ellas incluyendo dinámicas de trabajo, los desafíos encontrados y otras vivencias significativas registradas.

1. Explorando la línea numérica con Spheros

Esta actividad se basó en la programación de los robots esféricos de uso escolar Sphero. Las metodologías utilizadas son aprendizaje basado en retos y gamificación. Este proyecto llevó alrededor de una hora y fue realizado en el salón del MediaLab (*makerspace* del Colegio Interamericano), integrando las disciplinas de tecnología, ingeniería y matemáticas.

El rol del docente fue multifacético: modelar la forma de programar los robots creando funciones con bloques, resolver problemas propios del lenguaje computacional y presentar el reto de una forma clara y atractiva utilizando la rutina del fenómeno ancla. Los estudiantes, en grupos de tres o cuatro integrantes, se encargaban de programar el robot y

probarlo hasta cumplir con cada uno de los desafíos que se les proporcionaron en tarjetas impresas con ocho desafíos. Es importante mencionar que los estudiantes recibían puntos al completar cada desafío.

El objetivo de esta actividad es desarrollar el pensamiento lógico y la comprensión de la recta numérica mediante la programación de robots Sphero para representar puntos, trayectorias y distancias entre números. Los estudiantes deben organizar instrucciones en orden lógico, descomponer las tareas en algoritmos simples e identificar errores en las secuencias programadas (pensamiento computacional). Además, en el sentido matemático deben calcular errores y abstraer las acciones del robot sin necesidad de manipularlo directamente.

a. Desafíos y dinámicas observados

Uno de los más grandes desafíos observados fue hacer que las esferas se movieran en la dirección correcta una vez colocados en el piso, por lo que se procedió a enseñarles a calibrar las esferas. Algunos equipos evidenciaron más dificultades en aprender a programar el robot que otros, por lo que se les tuvo que brindar apoyo individualizado. Asimismo, se observó que, en algunos grupos, especialmente los de cuatro integrantes, uno de ellos tendía a quedarse sin una tarea activa, lo que afectaba la participación equitativa.

b. Resultados de la observación directa

Los datos recolectados en la lista de cotejo usada durante las observaciones se resumen en el cuadro 6.

Cuadro 6. Resultados de la lista de cotejo de la actividad: explorando la línea numérica con Spheros

Aspecto observado	Sí	No
Participaron activamente en la solución de problemas	4	0
Trabajaron en equipo	3	1

Usaron de manera efectiva las herramientas tecnológicas	4	0
Discutieron proactivamente y compartieron ideas durante la actividad	3	1
Mostraron interés y entusiasmo	4	0
Se observaron intentos de creatividad e innovación	4	0
Pidieron ayuda entre sí o al docente cuando fue necesario	4	0
Aplicaron correctamente conceptos matemáticos	2	2

Número de observaciones: 4

La mayoría de estudiantes comprendieron con rapidez la relación entre los signos de los números en la recta y la distancia recorrida porque resolvieron rápidamente los primeros tres desafíos, pero la mitad de los grupos (dos de cuatro) mostraron dificultades en los retos más complejos. Esto se atribuye a la naturaleza progresiva de los retos. Se observó que los estudiantes colaboraban de forma espontánea ayudando unos a otros a corregir la trayectoria cuando el Sphero se desviaba. Una minoría del 25 % los grupos tuvo dificultades persistentes relacionados con el trabajo colaborativo relacionados a una menor disposición para el trabajo en equipo lo que en ocasiones generó frustración.

c. Vivencias significativas y evidencias de pensamiento crítico

Una de las vivencias más significativas fue cuando un grupo decidió experimentar trayectorias negativas (de derecha a izquierda), abrió un espacio a la discusión de los números enteros y de las magnitudes negativas que expresan distancia. Todos los grupos se mostraron interesados en participar en el debate y a experimentarlo por ellos mismos. Varios estudiantes reflejaron pensamiento crítico al conocer los resultados antes de ejecutar los movimientos con los Spheros y al ajustar sus códigos con base en la predicción y el análisis del error.

2. Haciendo arte con círculos

Esta actividad fue diseñada para explorar la interconexión entre las matemáticas y el arte a través de la creación de rosetones y mándalas. Los rosetones son diseños circulares geométricos comunes en la arquitectura gótica (principalmente en vitrales); los mándalas, por su parte, son representaciones circulares de tradición hindú y budista utilizadas con fines artísticos, espirituales y terapéuticos. La actividad tuvo una duración de una hora y se realizó en el salón de matemática de sexto grado, con los estudiantes trabajando en mesas individuales. Su objetivo principal fue fomentar la creatividad y el pensamiento geométrico mediante la creación de rosetones y mándalas, integrando conceptos de simetría, ángulos y proporción, así como el uso preciso de herramientas que vinculan la matemática, el arte y la tecnología.

El rol del docente fue de facilitador: proporcionó los materiales, presentó el problema central y orientó la discusión grupal mediante la rutina del fenómeno ancla antes de que los estudiantes iniciaran el trabajo. Los estudiantes trabajaron individualmente, siguiendo pasos iniciales guiados para construir la estructura básica de su obra de arte, y posteriormente exploraron libremente el diseño y los detalles finales.

a. Desafíos y dinámicas observados

Durante la presentación inicial del problema, muchos alumnos negaban la relación entre la matemática y el arte. A medida que se formulaban preguntas sobre la fenómeno ancla, como “¿Qué relación tiene la matemática con el arte?”, se demostró la aplicación de conceptos matemáticos en el arte y se logró superar esta resistencia inicial. Uno de los principales desafíos fue el uso de las herramientas con precisión, ya que muchos estudiantes no habían utilizado un compás y/o un transportador previamente, como resultado no lograron obtener la simetría deseada. Esta dificultad se abordó proyectando videos instructivos, el apoyo individualizado y el fomento del apoyo entre pares.

b. Resultados de la observación directa

Los datos recolectados en la lista de cotejo usada durante las observaciones se resumen en el cuadro 7.

Cuadro 7. Resultados de la lista de cotejo de la actividad: haciendo arte con círculos

Aspecto observado	Sí	No
Participaron activamente en la solución de problemas	6	0
Trabajaron en equipo	5	1
Usaron de manera efectiva las herramientas tecnológicas	4	2
Discutieron proactivamente y compartieron ideas durante la actividad	4	2
Mostraron interés y entusiasmo	1	5
Se observaron intentos de creatividad e innovación	6	0
Pidieron ayuda entre sí o al docente cuando fue necesario	3	3
Aplicaron correctamente conceptos matemáticos	4	2

Número de observaciones: 6

Todos los estudiantes participaron activamente en la actividad. El nivel de interés por parte de los alumnos fue muy bajo, aunque inicialmente los grupos mostraban interés y entusiasmo, no fue de manera consistente, posiblemente debido a sus intereses a esta edad en actividades más dinámicas y tecnológicas. Todos los estudiantes demostraron intentos de creatividad, lo que se alinea con el objetivo de integrar el arte y la matemática. Los estudiantes lograron integrar la geometría en sus diseños, a través de la medición de ángulos, simetría y divisiones del círculo. Necesitaron dividir sus círculos en secciones exactamente iguales y emplear el transportador para medir segmentos de la misma magnitud lo que implica comprender características esenciales de los círculos.

c. Vivencias significativas y evidencias de pensamiento crítico

Al finalizar la actividad los estudiantes escribieron una reflexión sobre la conexión entre el arte y las matemáticas. Estos comentarios finales evidencian los cambios de perspectiva en cuanto a la importancia de la unión de ambas disciplinas. Aunque la mayoría

señaló que la conexión arte-matemática se da a través de la geometría y la medición, hubo otras reflexiones que demostraron mayor profundización. Mathilde (2025), por ejemplo, expresó: 'Math has a lot to do with art because math is perfect and if we do art, it's perfect too.'" (Las matemáticas tienen mucho que ver con el arte, porque las matemáticas son perfectas y cuando hacemos arte es perfecto también), vinculando la perfección matemática con la estética artística.

Estas reflexiones revelan pensamiento crítico al mostrar cómo los estudiantes lograron reconceptualizar la naturaleza de las matemáticas a través de la evaluación y el reajuste de sus propias ideas. Emma y Mattia, que inicialmente no percibían la conexión, la reconocieron explícitamente tras la actividad. Emma (2025) señaló: 'It's like using protractors or the compass to do circles, and most of these tools have numbers, just like in math!' (Es como usar un transportador o un compás para hacer círculos, y muchas de estas herramientas tienen números, ¡como en las matemáticas!). Similarmente, Mattia (2025) afirmó: 'At first I did not think math and art connected. After we did the rosette I realized why math and art are connected.' (Al principio no creí que la matemática y el arte estuvieran conectados, después de hacer el rosetón me di cuenta porque la matemática y el arte están conectados.) Lograron establecer conexiones disciplinarias que antes no percibían, y aplicar conceptos matemáticos como precisión, patrones, medición, ángulos, secciones y simetría, de manera creativa y experiencial.

3. Construir un modelo del telescopio Webb

La actividad se centró en la construcción de un modelo a escala del telescopio espacial James Webb (JWST) utilizando la metodología del aprendizaje basado en proyectos. Esta actividad combinó conceptos científicos, artísticos y matemáticos. El propósito de esta actividad es desarrollar el pensamiento divergente y la solución de problemas mediante la construcción de un modelo físico del telescopio Webb, enfocándose en sus componentes poligonales y comprendiendo la relación forma-función en contextos científicos. La actividad se realizó en un periodo de tres horas, en el MediaLab, el trabajo se realizó en grupos de cuatro estudiantes.

Para construir el modelo los estudiantes utilizaron gran variedad de materiales accesibles en el *makerspace*, como cartón, pintura, silicón, goma, plastilina, limpia pipas y paletas de madera. También se utilizaron hexágonos impresos en 3D de color amarillo, para representar los espejos principales del telescopio. Al finalizar los estudiantes debían elaborar una tabla para identificar las partes principales del telescopio, su forma geométrica y explicar su función.

El rol docente fue brindar instrucciones claras, apoyar a los estudiantes con la distribución de materiales y contestar preguntas sobre los modelos en construcción. La pregunta ancla fue “¿Cómo influye la forma de los componentes del Telescopio Webb en su función?”, sirviendo como punto de partida para una discusión más amplia sobre la relación entre el espacio-tiempo y la historia del universo. Los estudiantes trabajaron de manera independiente el 90% del tiempo y frecuentemente solicitaron apoyo para obtener materiales.

a) Desafíos y dinámicas encontrados

Al tratarse de un proyecto de mayor complejidad y temporalidad, la actividad presentó varios desafíos de gestión y logística. Uno de los principales retos fue asegurar la limpieza del aula al finalizar cada período, dado que el espacio debía ser utilizado por otras secciones. Esta situación requirió una constante supervisión y recordatorios constantes sobre las reglas del MediaLab.

El uso de la impresora 3D también introdujo nuevos desafíos técnicos. Un grupo de estudiantes tuvo dificultades para preparar los archivos para la impresión y como resultado, su equipo perdió tiempo valioso y no logró terminar su modelo. Asimismo, se observó un uso inadecuado de los materiales, lo que resultó en mucho desperdicio y afectó su disponibilidad para futuros proyectos. El almacenamiento de los modelos en construcción durante 3 días también representó una dificultad considerable debido a la falta de un espacio seguro y organizado donde resguardarlos para evitar pérdidas y daños.

b. Resultados de la observación directa

Los datos recolectados en la lista de cotejo usada durante las observaciones se resumen en la Tabla 8.

Cuadro 8. Resultados de la lista de cotejo de la actividad: modelo del telescopio James Webb

Aspecto observado	Sí	No
Participaron activamente en la solución de problemas	6	0
Trabajaron en equipo	4	2
Usaron de manera efectiva las herramientas tecnológicas	3	3
Discutieron proactivamente y compartieron ideas durante la actividad	6	0
Mostraron interés y entusiasmo	3	3
Se observaron intentos de creatividad e innovación	6	0
Pidieron ayuda entre sí o al docente cuando fue necesario	4	2
Aplicaron correctamente conceptos matemáticos	5	1

Número de observaciones: 6

La observación directa reveló que todos los estudiantes participaron activamente en la solución de problemas y demostraron creatividad e innovación en sus modelos del telescopio. Un aspecto destacable fue la alta frecuencia de discusión y el intercambio proactivo de ideas entre los alumnos. En cuanto al trabajo en equipo y el uso efectivo de herramientas tecnológicas, se observó un porcentaje del 50 %, lo que indica áreas con oportunidad de mejora, especialmente considerando los desafíos de gestión de materiales y uso de la impresora 3D. La mitad de los estudiantes pudieron mantener el entusiasmo y la motivación durante toda la actividad, probablemente debido a la duración de la misma las muestras de entusiasmo no fueron consistentes. Finalmente, la mayoría de los estudiantes

logró aplicar correctamente los conceptos matemáticos involucrados en la construcción del modelo.

c) Vivencias significativas y evidencias de pensamiento crítico

Durante toda la experiencia de aprendizaje se observaron comportamientos altamente positivos en los estudiantes. Todos los estudiantes participaron activamente en la solución de problemas en algún momento durante el proceso de construcción del modelo, utilizaron herramientas manuales y digitales y compartieron ideas de manera proactiva. La colaboración en equipo fue significativa, pero se presentaron algunas dificultades debido a algunos estudiantes que se distraían haciendo otras cosas no relacionadas con el tema. Todos los equipos lograron conectar los conceptos matemáticos con la geometría de las partes del telescopio.

Un claro indicador de pensamiento crítico fue la forma en que los estudiantes razonaron sobre la relación entre la forma geométrica de los componentes del telescopio (como los espejos hexagonales) y su función específica. Discutieron cómo, por ejemplo, la forma hexagonal permitía una recolección de luz óptima, evidenciando una comprensión profunda de que la geometría no es solo estética, sino funcional en el diseño de ingeniería.

Finalmente, se observaron de manera directa y constante los esfuerzos de los alumnos por ser creativos e innovar. Por ejemplo, un grupo propuso ponerle brillantina a los paneles solares para representar la energía solar y otros le colocaron calcomanías de la NASA, integrando ideas innovadoras al modelo. Muchos estudiantes mencionaron que la actividad fue muy divertida. Esto ratifica el carácter estimulante de la experiencia para los estudiantes, no solo porque desarrolló en ellos habilidades matemáticas como el manejo de proporciones, conocimiento geométrico y unidades de medidas, sino porque logró estimular la capacidad de expresión a través del diseño.

C. Impacto de las actividades: Evaluación postintervención

En esta sección se presentarán los resultados de la evaluación final del impacto de las experiencias de aprendizaje STEAM implementadas, asimismo se explora la validación de la guía metodológica propuesta como herramienta de apoyo para otros docentes y se

compararán los resultados de la prueba MAP de mayo con los de enero, con el fin de ofrecer una visión integral de los resultados de la intervención.

1. Integración de hallazgos de las actividades STEAM

Las tres actividades se sustentaron en metodologías activas y se utilizó la rutina de fenómeno ancla para conectar los temas con problemas reales a través de cuestionamientos. Se observó un cambio en la forma en la que los estudiantes se relacionan con las matemáticas: pasaron de verlas como algo repetitivo que no tiene ninguna aplicación en la vida real, a reconocerlas como algo esencial en el arte, en la ciencia, en la tecnología y en la ingeniería.

A continuación, el cuadro 9 muestra un resumen comparando las observaciones en clase por actividad.

Cuadro 9. Resumen de observaciones en clase por actividad STEAM

Criterio de observación	Actividad 1 Explorando la línea numérica con Spheros	Actividad 2 Haciendo arte con círculos	Actividad 3 Modelo del telescopio James Webb
Participación activa en la solución de problemas	Todos los grupos participaron activamente y resolvieron desafíos.	La participación fue constante y el compromiso durante la clase.	Participación generalizada en la construcción de los modelos.
Comprensión de conceptos matemáticos	Solo la mitad de los grupos logró aplicar los conceptos de distancia en desafíos más complejos.	Buen uso de conceptos geométricos, aunque algunos errores persistieron en el uso de mediciones.	La mayoría aplico correctamente los principios de forma-función.

Uso efectivo de las herramientas tecnológicas / geométricas	Casi todos usaron los Spheros correctamente, hubo problemas de programación en.	El uso del compás, transportados y regla fue bueno en la mayoría de los casos.	Hubo dificultades técnicas en el uso de materiales, especialmente con la impresora 3D.
Pensamiento crítico y autonomía	Se observó toma de decisiones, ensayo y error, y correcciones autónomas.	Hubo autonomía en los diseños.	Se tomaron decisiones grupales con razonamiento y sin guía directa.
Creatividad e iniciativa	Se observaron soluciones originales, incluso fuera de lo planeado.	Alta creatividad en los diseños, con usos variados de estilos y patrones.	Todos los grupos personalizaron sus modelos con ideas propias.
Actitud ante el error y la dificultad	Se pidió ayuda de manera colaborativa, sin temor a equivocarse.	Algunos estudiantes no solicitaron ayuda, incluso cuando lo necesitaban.	Se pidió ayuda en la mayoría de los casos.
Trabajo en equipo	La mayoría colaboró, algunos grupos tuvieron integrantes que no trabajaron.	Aunque el diseño era individual, hubo un importante intercambio de ideas y apoyo.	Se evidenció trabajo en equipo, pero hubo dificultades en mantener el trabajo equitativo.

Las actividades STEAM diseñadas para esta intervención tuvieron como eje central la solución de problemas en contextos reales o simulados. Se trató de actividades auténticas

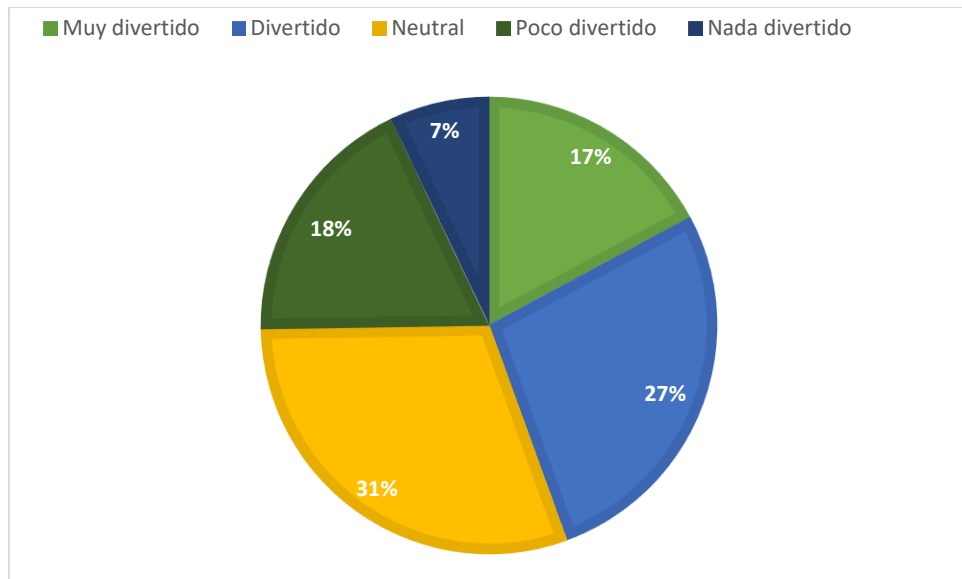
que conectan el conocimiento con la vida real. Esto permitió que los estudiantes en lugar de repetir procedimientos, pudieran experimentar por ellos mismos, cometer errores y enfrentarse a situaciones que requerían análisis, planificación, toma de decisiones y ajustar estrategias.

Se observó que varios grupos de estudiantes abordaban los desafíos con distintos enfoques, de forma autónoma y colaborativa, en la mayoría de los casos sin ayuda directa del docente. Por ejemplo, en la actividad con los Spheros lograron corregir la programación para llegar con precisión a ciertos puntos en la recta numérica. En el diseño del telescopio lograron resolver problemas estructurales y probar variadas técnicas y materiales para la construcción del modelo, utilizando el razonamiento espacial y la lógica.

El desempeño de los estudiantes durante las actividades permitió evidenciar el desarrollo del pensamiento crítico y su capacidad para pensar divergentemente y buscar soluciones alternas modificando sus estrategias al momento de abordar un problema. Además, las listas de cotejo mostraron que en las tres actividades más del 75 % de los estudiantes participaron activamente en la solución de problemas como parte de su experiencia de aprendizaje. Esto evidencia cómo las actividades STEAM provocaron desequilibrios cognitivos al presentar retos y luego llevaron a los estudiantes a la reconstrucción de sus estrategias matemáticas para resolverlos. Esa dinámica coincide con la epistemología propuesta por Piaget.

También se recolectó información de una encuesta que fue contestada por 97 estudiantes, al finalizar la intervención, sobre las actividades y sus habilidades matemáticas. La muestra estuvo compuesta por estudiantes de ambos géneros, con un 46.4 % identificándose como masculino, 46.4 % como femenino y 7.3 % prefirió no especificarlo. Esta distribución balanceada permite analizar las respuestas y percepciones desde una perspectiva equitativa de género. Antes de las actividades el 50.3 % de los estudiantes consideraban divertido aprender matemáticas, como se muestra en la figura 4.

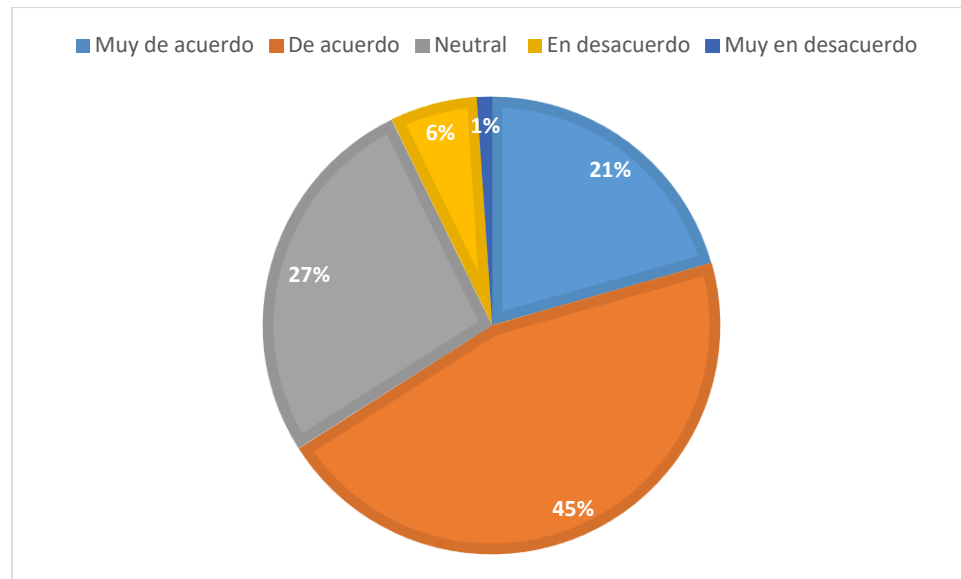
Figura 4. Percepción del disfrute al aprender matemáticas antes de las actividades STEAM



Nota: Porcentajes (%) basados en N=97

Estos resultados iniciales contrastan con los obtenidos en la pregunta: "¿Qué tan de acuerdo estás con la siguiente frase? 'Las actividades STEAM me hicieron sentir más motivado para aprender matemáticas.'" cuyos resultados se muestran en la figura 5. Aunque inicialmente la mitad de los estudiantes expresaban que la matemática no les parecía muy divertida, 66 % de los estudiantes encuestados reconoció que las actividades STEAM les habían motivado a aprender matemática.

Figura 5. Percepción del disfrute al aprender matemáticas antes de las actividades STEAM

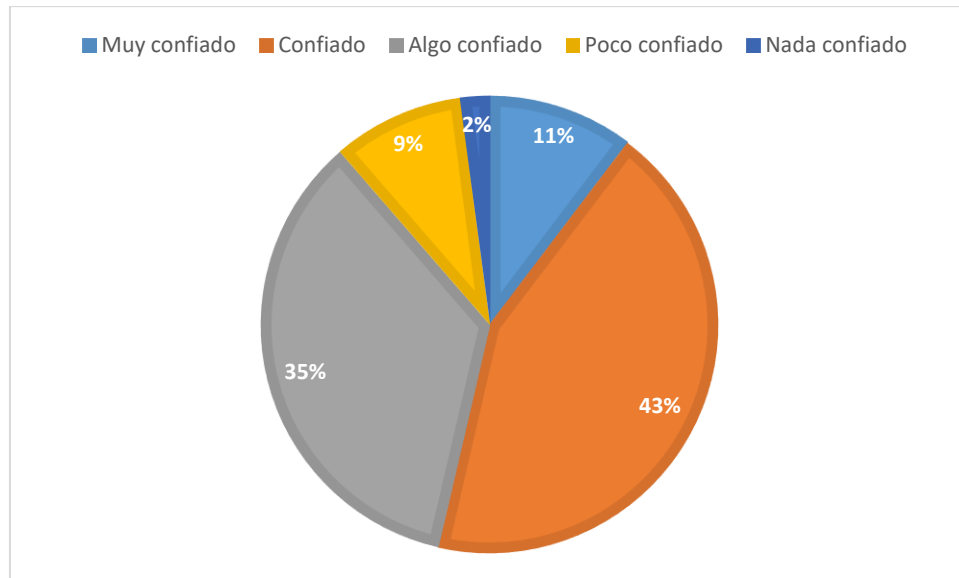


Nota: Porcentajes (%) basados en N=82 respuestas.

Estos datos son importantes porque evidencian un cambio positivo en la percepción de los estudiantes hacia la asignatura y esto se alinea con el objetivo de fomentar la conexión entre la matemática y situaciones reales. Además, refleja un grado de motivación intrínseca que se atribuye a las experiencias de resolver retos y problemas de forma creativa o construir modelos. Por ejemplo, un estudiante comentó: “Me ayudó a ver que las matemáticas pueden ser arte”. A pesar de que el resultado fue positivo, aún queda un 34 % (compuesto por el 26 % 'No muy de acuerdo' y el 8 % 'Nada de acuerdo') que no expresó ningún cambio significativo en su motivación, lo que subraya la necesidad de explorar estrategias motivacionales y diferenciadas que atiendan los intereses y estilos de aprendizaje individuales.

Al indagar sobre la confianza en sus habilidades para resolver problemas matemáticos con la pregunta “¿Qué tan confiado te sientes en tu habilidad para resolver problemas de matemáticas”, se reveló que un 88 % de los estudiantes se siente al menos un poco seguros al momento de resolver problemas matemáticos. Un porcentaje bajo manifestó poca confianza como se puede observar en la figura 6.

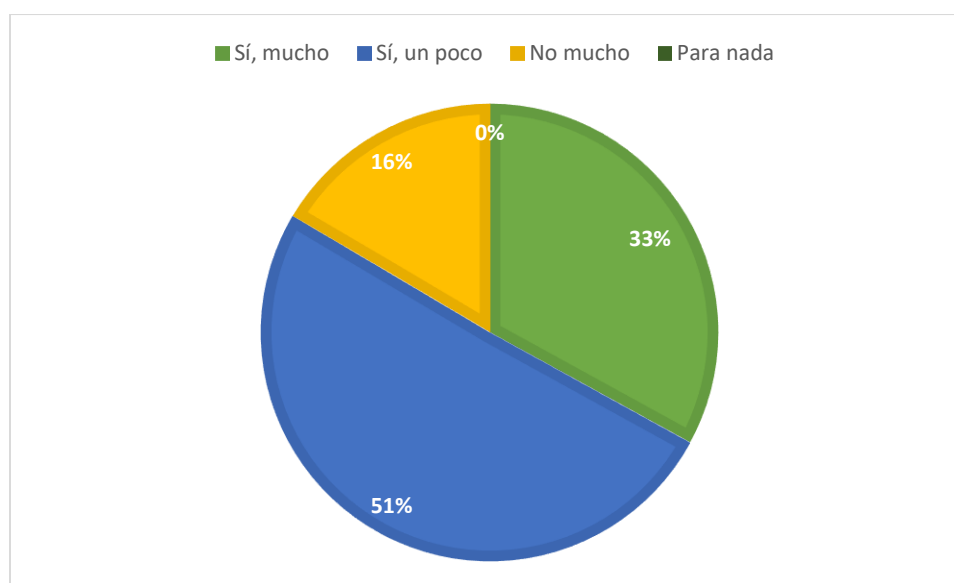
Figura 6. Nivel de confianza en la solución de problemas matemáticos



Nota: Porcentajes (%) basados en N=97 respuestas.

También se les preguntó a los estudiantes si consideran que las actividades STEAM les ayudan a pensar de forma creativa y a buscar alternativas resolver el mismo problema. El 88 % también afirmó que las actividades les ayudaron a pensar de forma diferente y a explorar nuevas estrategias. Un 16 % respondió “no mucho” y ningún estudiante respondió “para nada”.

Figura 7. Grado de desarrollo del pensamiento creativo y de búsqueda de estrategias tras las actividades STEAM

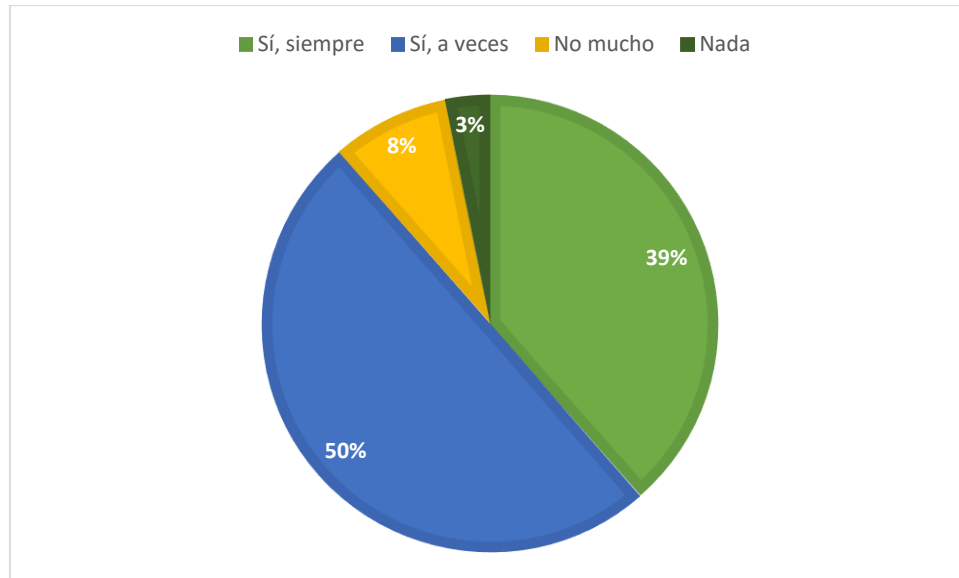


Nota: Porcentajes (%) basados en N=97 respuestas.

Este contraste señala que las actividades implementadas no solo consolidaron habilidades ya existentes, sino que fueron percibidas como un impulso para pensar de forma diversa, incluso entre los estudiantes que no se sentían tan confiados inicialmente. La intervención logró contribuir a ampliar sus competencias para enfrentar problemas matemáticos. El hecho de que ningún estudiante respondiera que las actividades no tuvieron impacto alguno en su pensamiento creativo refuerza la idea de que el enfoque despierta el interés y genera condiciones propicias para el desarrollo de competencias valiosas.

También se indagó si las actividades ayudaron a los estudiantes a analizar problemas y a decidir la mejor solución. Como se ilustra en la Figura 8, el 50 % de los estudiantes contestaron “Sí, a veces” y el 39 % “Sí siempre”. Esto representa un total del 89% de los estudiantes encuestados que percibieron que las actividades STEAM, al menos en algunas ocasiones, reforzaron su capacidad de analizar de problemas y la toma de decisiones, lo que refuerza la efectividad del enfoque para desarrollar pensamiento crítico y la efectividad de las metodologías activas de resolución de retos y problemas.

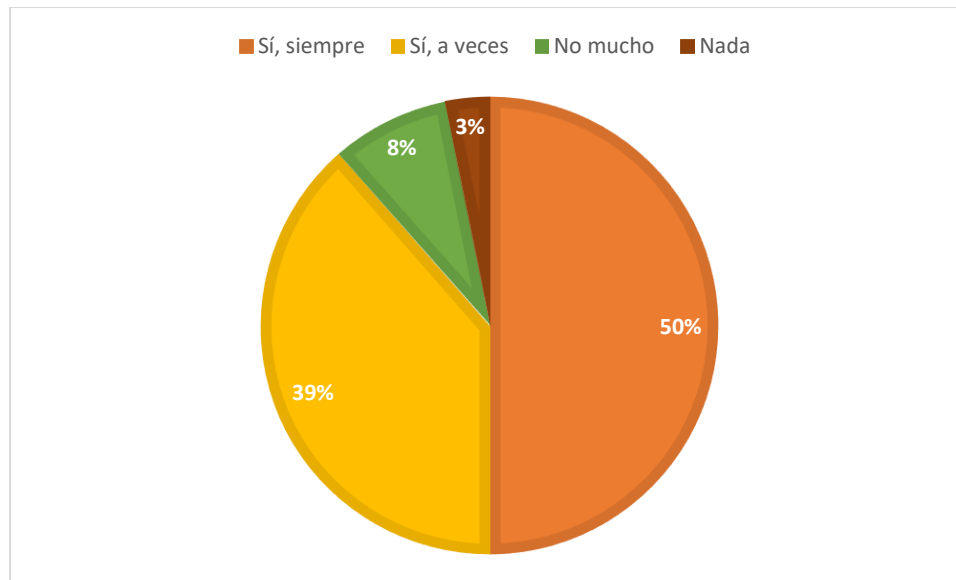
Figura 8. Percepción de los estudiantes sobre la frecuencia en que las actividades STEAM les ayudaron a analizar problemas y tomar decisiones



Nota: Porcentajes (%) basados en N=97 respuestas.

El trabajo en equipo se percibió como una experiencia positiva durante las actividades. Un 85 % de los estudiantes encuestados lograron integrarse al trabajo en grupo y compartir ideas en menor o mayor medida. Solo un 11 % indicó no haber trabajado mucho o nada en absoluto en equipo, como se muestra en la Figura 9 mostrada a continuación.

Figura 9. Percepción de la frecuencia del trabajo en equipo durante las actividades STEAM



Nota: Porcentajes (%) basados en N=96 respuestas.

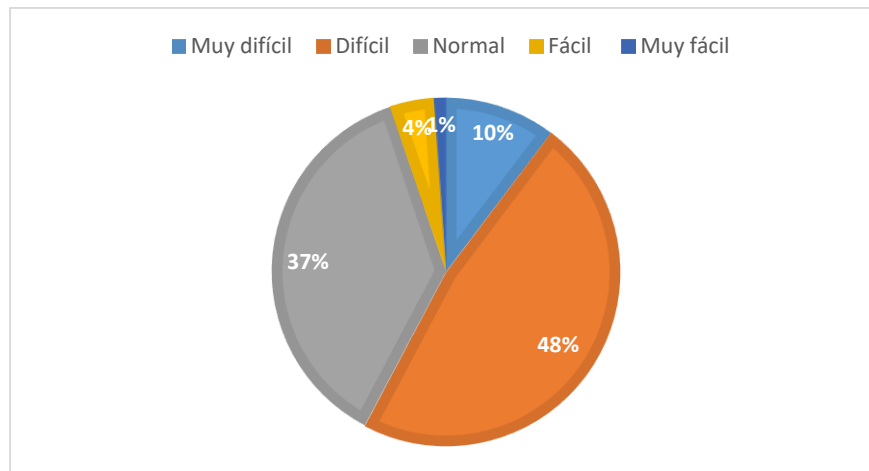
Desde el enfoque constructivista, el trabajo en equipo fomenta la construcción conjunta de los conocimientos. Además, se alinea con la visión de Piaget en la que el aprendizaje se va dando a través del contacto social y del lenguaje (Duran, 2014, p.184). Este resultado es clave ya que es fundamental para el desarrollo de habilidades blandas como la colaboración, que permiten a las personas interactuar y comunicarse de manera eficaz con los demás y es fundamental en el contexto actual.

Los estudiantes expresaron preferencia por actividades creativas y prácticas para el futuro. En respuesta a la pregunta sobre qué tipo de actividades les gustaría realizar, se repitieron sugerencias como “construir una casa”, “crear una ciudad con geometría”, “usar más materiales”, “realizar proyectos en el Media Lab”, “hacer robots o vehículos con matemática”, “diseñar un edificio” y “escape rooms” para aplicar conceptos matemáticos. Estas ideas reflejan un fuerte deseo de aprender de forma experiencial, con mayor autonomía y conexión con el mundo real.

El entusiasmo por actividades creativas contrasta con la dificultad de la actividad del telescopio James Webb. Como se muestra en la Figura 10 la mayoría de estudiantes

indicó que la construcción del modelo fue “Difícil” o “Muy difícil”. Sin embargo, el nivel de dificultad no parece haber generado rechazo hacia el enfoque STEAM ya que varios estudiantes mencionaron que les gustaría hacer “más actividades como la del telescopio” pero con más claridad del objetivo matemático, mejor selección de los grupos y más tiempo.

Figura 10. Percepción de la dificultad al elaborar el modelo del telescopio James Webb



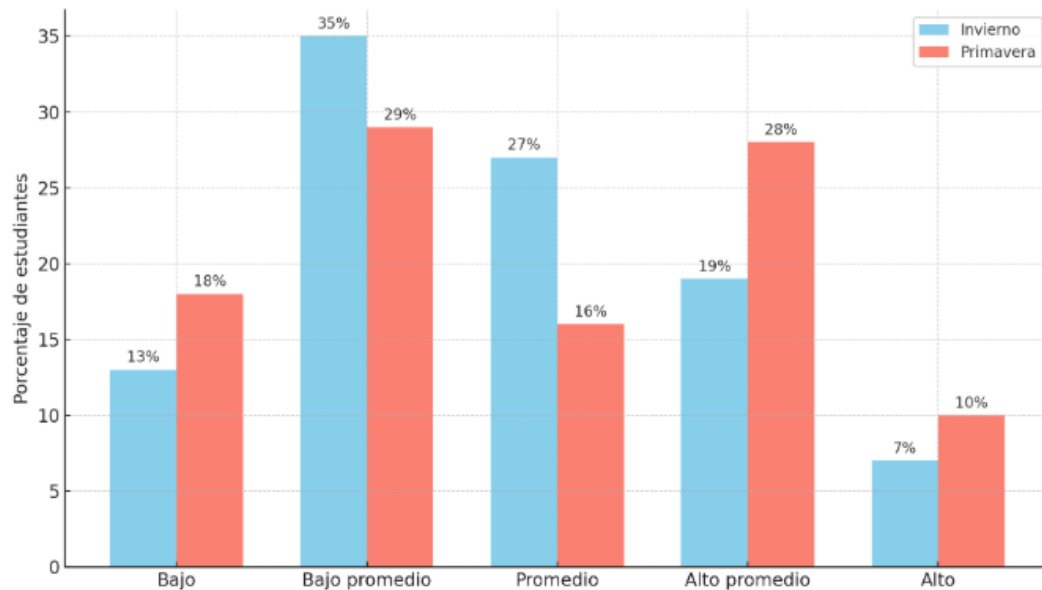
Nota: Porcentajes (%) basados en N=97 respuestas.

En resumen, aunque actividades como la construcción del modelo del telescopio representaron un reto considerable, los estudiantes propusieron ajustes estratégicos para su mejora, con el fin de continuar participando en este tipo de experiencias de aprendizaje. Estas preferencias resaltan el valor percibido de las actividades y la importancia de seguir impulsando enfoques interdisciplinarios.

2. Resultados de las pruebas estandarizadas MAP

A continuación, se muestra una gráfica que compara los resultados de los estudiantes de sexto grado en el dominio “Operaciones y pensamiento algebraico” de invierno (enero) y primavera (mayo).

Figura 11. Comparación de desempeño en operaciones y pensamiento algebraico



Nota: Dato obtenidos de los resultados de la prueba NWEA MAP Growth (n=104)

Los resultados revelaron un aumento en el RIT general de la clase, lo que sugiere que en general hubo un progreso en estas competencias después de la intervención. Sin embargo, este crecimiento también se debe a un incremento del 5 % en el porcentaje de alumnos con un nivel bajo (de 13 % en invierno a 18 % en primavera) y una reducción del 11 % en el grupo de alumnos con un desempeño promedio (del 27 % en invierno al 16 % en primavera). Como se aprecia en la Figura 11, esto sugiere que, si bien una parte del grupo experimentó un gran avance, otra parte se quedó rezagada y esto indica que es necesario aplicar estrategias diferenciadas para poder atender las necesidades de los estudiantes con distintos niveles de desempeño en el aula.

3. Valoración por expertos la guía metodológica

Se diseñó una guía metodológica detallada y flexible para la implementación de actividades STEAM que promuevan el pensamiento crítico (ver Anexo A). Con el fin de facilitar su adaptación y aplicación por parte de otros docentes en distintas asignaturas, se llevó a cabo un juicio de expertos. Este juicio se realizó para asegurar la calidad, viabilidad y pertinencia de la guía, a través de su validación cualitativa y cuantitativa. Para ello, se seleccionaron cuatro profesionales del Colegio Interamericano que poseen roles de

liderazgo en las áreas de STEAM, tecnología educativa, currículo y docencia interdisciplinaria.

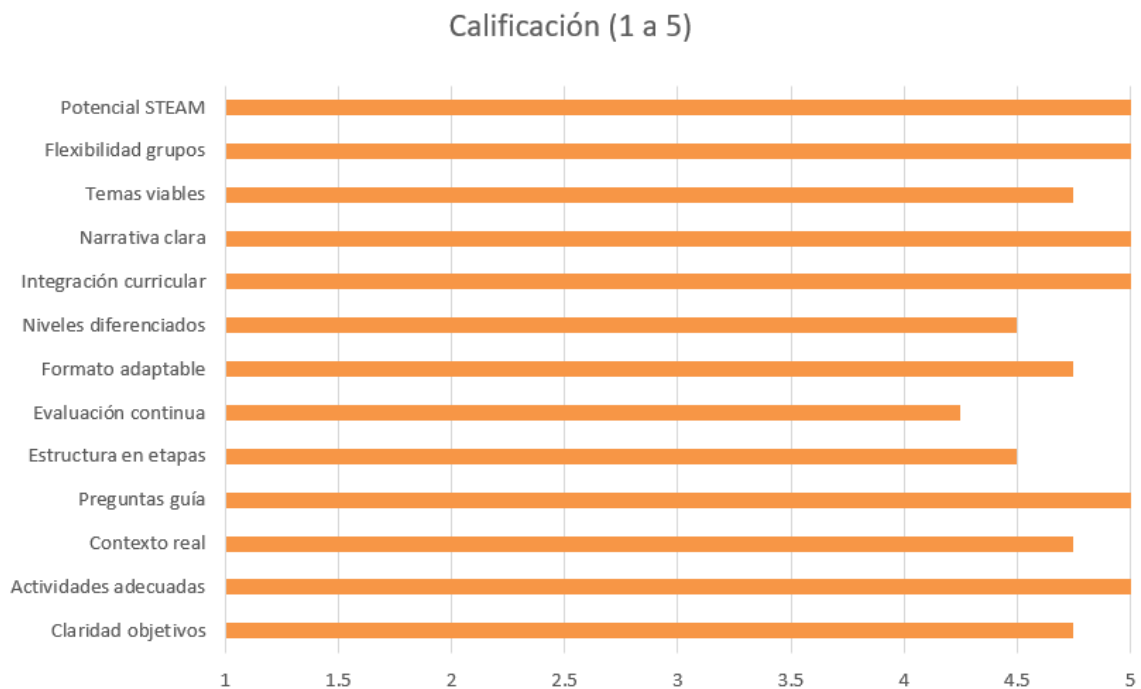
a. Instrumento

Se utilizó una escala de calificación tipo Likert con cinco niveles ordenados de los más negativo a lo más positivos (1= Muy bajo, 5=Muy alto) y que contiene trece criterios relacionados con el diseño de la guía metodológica, su pertinencia pedagógica y potencial integración en el aula. La escala fue completada por las cuatro expertas mencionadas anteriormente.

b. Resultados

Las respuestas revelan una valoración altamente positiva de la propuesta. El promedio general de las calificaciones fue de 4.84, lo que indica un alto nivel de aceptación respecto a los criterios evaluados. A continuación, se presenta un gráfico con los promedios por criterio evaluado.

Figura 12. Calificación promedio otorgada por expertos a los criterios de evaluación de la guía metodológica STEAM



Los criterios que tuvieron promedios ligeramente inferiores fueron: la estructura en las etapas del aprendizaje, la evaluación continua del proceso y la adaptación de las actividades a distintos niveles escolares. Pese a tener una puntuación alta, reflejan oportunidades de mejora y fueron señalados en los comentarios cualitativos de las expertas. Entre las observaciones más importantes están ofrecer ejemplos más concretos en cada etapa, incluir instrumentos de evaluación y estructurar mejor las preguntas guía.

La autora valora enormemente las sugerencias orientadas a incluir rúbricas, ejemplos detallados para cada momento de aprendizaje o preguntas guía más estructuradas. No obstante, considera que la incorporación de una estructura rígida podría ir en contra del espíritu flexible y adaptativo de la guía. La intención principal del diseño fue precisamente brindar un marco abierto y adaptable; un recurso orientador, pero no prescriptivo. Incorporar una estructura rígida o detalles minuciosos podría limitar la creatividad y la capacidad de adaptación de los maestros, quienes son los que mejor conocen a sus estudiantes y los contextos escolares.

También se valoró positivamente la alineación de las actividades con estándares más reconocidos internacionalmente en el ámbito STEAM, ya que favorece su implementación en el Colegio Interamericano. También sugirieron recursos complementarios como material audiovisual y glosarios por disciplina que faciliten el uso del enfoque STEAM. Tres de cuatro evaluadoras manifestaron que usarían la guía o la consideraban útil. Por ejemplo, una de las expertas escribió: "Las actividades presentadas en este documento muestran una propuesta pedagógica sólida... Recomendando ampliamente su uso y difusión."

3. Limitaciones del proyecto de intervención

Es importante señalar que este trabajo profesional tiene ciertas limitantes que es importante reconocer.

a. Metodológicas

Este proyecto se realizó con solo seis grupos de estudiantes dentro de una institución educativa específica, por lo que no se pueden generalizar los resultados a otros contextos escolares. La duración de la intervención fue relativamente breve, por lo que no se observan efectos a largo plazo. Además, las respuestas de los estudiantes pudieron verse afectadas por su relación con la docente y por otras variables que pueden producir un sesgo.

b. Contextuales

Un desafío fue la poca disponibilidad de tiempo dentro del calendario académico. Las actividades deberían integrarse sin afectar el cumplimiento de las planificaciones curriculares. Adicionalmente, el desconocimiento del enfoque STEAM por parte de docentes y estudiantes también generó una resistencia inicial.

c. Instrumentales

Aunque se utilizaron los resultados de la prueba estandarizada MAP, no mide directamente habilidades como el pensamiento crítico, la creatividad o el aprendizaje colaborativo. Por ello, fue complementada con instrumentos cualitativos (encuestas, observaciones y reflexiones escritas) para lograr una comprensión más alta de los resultados de la intervención.

X. CONCLUSIONES

En este capítulo se sintetizan los hallazgos más importantes de la intervención, respondiendo directamente a los objetivos de la investigación. Este proyecto de intervención tuvo como objetivo principal implementar actividades STEAM en el área de matemáticas de sexto grado del Colegio Interamericano, buscando fomentar el pensamiento crítico y fortalecer las actitudes positivas hacia la asignatura. Utilizando un enfoque interdisciplinario, se procuró generar aprendizajes que integraran ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas, siguiendo la epistemología constructivista y la teoría del aprendizaje significativo para desarrollar habilidades cognitivas de nivel superior, como la resolución de problemas.

Antes de la intervención, se observó que una proporción significativa de los estudiantes presentaba dificultades en el dominio de operaciones y pensamiento algebraico y actitudes negativas hacia las matemáticas. La prueba MAP evidenció un porcentaje considerable de estudiantes en los niveles bajos de estas habilidades (ver Figura 11 referente al gráfico de desempeño MAP). Además, no existía una guía metodológica clara en el Colegio Interamericano para la implementación del enfoque STEAM, a pesar de un claro impulso para su promoción. Cualitativamente, las respuestas iniciales de los estudiantes sobre su comprensión del enfoque eran limitadas. Este diagnóstico general justificó la necesidad de implementar la intervención.

Las actividades implementadas respondieron a un enfoque interdisciplinario y centrado en la solución de problemas reales. Se llevaron a cabo proyectos prácticos como la programación de un robot para moverse por una recta numérica y la construcción de un modelo del telescopio James Webb. Estas actividades fueron adaptadas cuidadosamente al contexto institucional y a las características específicas del grupo, con el fin de potenciar el trabajo colaborativo, la creatividad y el razonamiento lógico. Durante su implementación, se observó un alto grado de involucramiento y entusiasmo por parte de los estudiantes, aunque también se identificaron desafíos relacionados con el trabajo equitativo, la atención a necesidades diferenciadas y la gestión del tiempo.

La intervención, implementada durante periodos definidos, hizo uso de metodologías activas como el aprendizaje basado en retos y la gamificación. Se promovieron experiencias auténticas donde el pensamiento matemático se conectaba de forma significativa con el arte, la creatividad, la ciencia y, sobre todo, con la solución colaborativa de problemas. Un hallazgo clave es que el 84 % de los estudiantes afirmó haber desarrollado su pensamiento creativo, y un 88 % reconoció haber trabajado eficazmente en equipo. Adicionalmente, el 89 % de los participantes manifestó que las actividades les ayudaron a analizar problemas y a decidir la mejor solución.

La evaluación postintervención, que combinó datos cuantitativos y cualitativos, permitió determinar una mejora perceptible en los niveles de pensamiento crítico, creatividad y trabajo en equipo. Asimismo, se evidenció una actitud más positiva y entusiasta hacia las matemáticas a través de las reflexiones finales de los estudiantes. Aunque el dominio de operaciones y pensamiento algebraico en la prueba MAP mostró un aumento general en los niveles altos de la clase, también reveló la persistencia de un incremento en el porcentaje de alumnos con un nivel bajo y una reducción en el grupo promedio. Esto subraya la necesidad de estrategias de diferenciación más robustas para asegurar que todos los estudiantes tengan la misma oportunidad de éxito. Es notable que, a pesar de que el 58 % de los estudiantes percibió la actividad del telescopio James Webb como "difícil" o "muy difícil", mostraron un deseo de continuar participando en este tipo de experiencias, proponiendo incluso ajustes para futuras implementaciones.

Finalmente, se elaboró una guía metodológica flexible, con orientaciones prácticas y una sólida fundamentación teórica, la cual fue valorada muy positivamente por especialistas en educación. Las expertas destacaron su adaptabilidad y utilidad como una herramienta docente, ofreciendo además sugerencias constructivas para su mejora. Este estudio demuestra que el enfoque STEAM puede convertirse en una vía efectiva para cultivar el pensamiento crítico, la creatividad y una actitud positiva hacia las matemáticas. La experiencia deja en evidencia que, con las condiciones adecuadas, es posible generar aprendizajes profundos, significativos y valiosos para el futuro de los estudiantes.

XI. RECOMENDACIONES

Con base en los hallazgos y las limitaciones identificadas en este proyecto de intervención, se proponen las siguientes recomendaciones, dirigidas a la práctica educativa y a futuras investigaciones, con el fin de potenciar el desarrollo del pensamiento crítico y el enfoque STEAM en el ámbito escolar.

A. Recomendaciones para la práctica educativa:

Se recomienda al Colegio Interamericano considerar la expansión de la implementación de actividades STEAM en el área de matemáticas y otras asignaturas. Los resultados sugieren que este enfoque es una vía efectiva para fomentar el pensamiento crítico y la creatividad, así como para mejorar las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas.

Es fundamental invertir en la capacitación continua de los docentes en metodologías activas y en la integración del enfoque STEAM. Esto les permitirá diseñar, adaptar e implementar experiencias de aprendizaje significativas y efectivas, superando la resistencia inicial que puede surgir del desconocimiento y confusión.

Se sugiere a los docentes y directivos utilizar la guía metodológica desarrollada como un marco orientador. A pesar de su flexibilidad, se podría considerar la elaboración de un "banco de recursos complementarios" que incluya ejemplos concretos, ideas para instrumentos de evaluación o sugerencias para preguntas guía más estructuradas. Estos recursos podrían facilitar la adaptación sin comprometer la libertad creativa del educador, atendiendo a las sugerencias de las expertas.

Se recomienda implementar y fortalecer estrategias de diferenciación en el aula. Esto incluye actividades que se adapten a los distintos niveles de habilidad, asegurando que todos los estudiantes reciban el apoyo necesario para alcanzar los objetivos de aprendizaje y puedan participar activamente en las experiencias de aprendizaje grupales.

Es aconsejable revisar la planificación curricular y asignar tiempos adecuados para la implementación de proyectos STEAM, reconociendo que estas metodologías activas requieren periodos de trabajo más largo y posiblemente mayores recursos materiales (como el caso del modelo del telescopio James Webb).

B. Recomendaciones para futuras investigaciones

Para poder generalizar los resultados, se sugiere realizar estudios con un mayor número de participantes y en diversos contextos educativos. Esto permitiría evaluar la adaptabilidad de la guía y las actividades STEAM a diferentes contextos escolares.

Se recomienda diseñar estudios longitudinales que permitan observar los efectos del enfoque STEAM a largo plazo en el desarrollo del pensamiento crítico, la creatividad, el rendimiento académico y las actitudes de los estudiantes hacia las matemáticas.

Se recomienda utilizar instrumentos de evaluación que midan directamente habilidades como el pensamiento crítico y la creatividad. Esto podría hacerse con pruebas específicas de razonamiento o rúbricas validadas para los proyectos, complementando los datos cualitativos de las observaciones.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Achieve, Inc. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. The National Academies Press.
- Argentina.gob.ar (2024). *Ferias de ciencias y tecnología*. <https://www.argentina.gob.ar/educacion/secretaria-de-educacion/ferias-ciencias>
- Botero, J. (2018). *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Stilo Impresores.
- Cedeño Bermello, D. E., Apolo Calero, D. C., Freire Aguilera, A. G., Bonete León, C. L., Rodríguez Vargas, L. M., & Chalare Centeno, M. V. (2024). La equidad de género en la educación STEM: estrategias para aumentar la participación femenina. *Scientific Journal*, 5(10). <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n10-034>
- Domínguez, J., López, A., & Robles, M. (2019). Enfoque STEAM: Retos y oportunidades para los docentes. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 3(1), 235-250. <https://editic.net/journals/index.php/ripie/article/download/144/131/247>
- Durán Palacios, P. (2014). Reflexiones en torno al valor pedagógico del constructivismo. *Ideas y Valores*, 63(155), 171–190. <https://doi.org/10.15446/ideasyvalores.v63n155.37181>
- Ennis, R. H. (1987). A conception of critical thinking—With some curriculum suggestions. *American Philosophical Association Newsletter on Teaching Philosophy*, 7(1), 1-5.
- Facione, P. A. (1990). *Critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction* (Research Report). The California Academic Press.
- Fu, S. J., Zhang, Y., & Chen, L. (2024). Research on Capacity Fostering of STEAM Education's Cluster in Chongqing Municipal. *Creative Education*, 15(1), 2118-2130. https://www.scirp.org/pdf/ce20241510_96308347.pdf

- Geber, B. A. (2006). *Piaget and knowing*. Routledge.
- Museum of Science, Boston; Kahoot! *partner to bring interactive STEM learning to classrooms around the world*. (2023). PR Newswire US.
- National Governors Association Center for Best Practices & Council of Chief State School Officers. (2010). *Common core state standards*. <https://www.corestandards.org/>
- Penuel, W. R., & Bell, P. (2016, marzo). Qualities of a good anchor phenomenon for a coherent sequence of science lessons (Practice Brief 28). STEM Teaching Tools. <https://stemteachingtools.org/brief/28>
- Puerto López, K. C., Lozano Cárdenas, F. J., & Medina Delgado, B. (2023). Enseñanza y aprendizaje en ingeniería desde la teoría del aprendizaje experiencial: revisión actual. *Mundo FESC*, 13(26), 74-95. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1319>
- Reiser, B. J., Novak, M., & McGill, T. A. W. (2018). Storyline units: An instructional model to support coherence from the students' perspective. *Science Education*, 102(4), 726–757. <https://doi.org/10.1002/sce.21450>
- Rodrigues-Silva, J., & Alsina, Á. (2023). Conceptualising and framing STEAM education: what is (and what is not) this educational approach? *Texto Livre / Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, 16, 1–13. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.44946>
- Rogovaya, O., Larchenkova, L., Gavronskaya, Y. (2019). Critical thinking in STEM (science, technology, engineering, and mathematics). *Utopia y Praxis Latinoamericana*, [s. l.], v. 24, p. 32–41, 2019. <https://research.ebsco.com/linkprocessor/plink?id=f194d647-87e1-3ede-9e65-551ddc31c17d>
- Segura, W. A. (2019). *Experiencias STEAM en América Latina como metodologías innovadoras de educación*. I Simposio Gordon Institute. https://www.academia.edu/39519601/Experiencias_STEAM_en_Am%C3%A9rica_Latina_como_metodolog%C3%ADas_innovadoras_de_educaci%C3%B3n
- Sternberg, R. J. (2003). *Wisdom, intelligence, and creativity synthesized*. Cambridge University Press.

https://assets.cambridge.org/97805218/02383/frontmatter/9780521802383_frontmatter.pdf

UNESCO. (2023, diciembre 7). *Necesaria la educación STEAM+H para cultivar un pensamiento y habilidades transformadoras, innovadoras y creativas para avanzar hacia un desarrollo sostenible*. <https://www.unesco.org/es/articles/necesaria-la-educacion-steamh-para-cultivar-un-pensamiento-y-habilidades-transformadoras-innovadoras>

XIII. ANEXOS

Anexo A: Guía metodológica detallada y flexible para la implementación de actividades STEAM

Anexo B: Diseño y evaluación de la actividad STEAM: Usar Sphero para desplazarse en la línea numérica y medir distancia

Anexo C: Diseño y evaluación de la actividad STEAM: Crear arte usando circunferencias

Anexo D: Diseño y evaluación de la actividad STEAM: Construir un modelo del telescopio Espacial James Webb usando geometría

Anexo E: Encuesta de experiencias STEAM en matemáticas para estudiantes

Anexo F: Reportes de la prueba MAP

Anexo G: Comentarios de los Alumnos sobre STEAM

Anexo H: Reflexiones de los alumnos sobre el arte y la matemática

Anexo A: Guía metodológica detallada y flexible para la implementación de actividades STEAM

Experiencias de aprendizaje

STEAM



Autora: Sonia Davila Herrera

Queridos maestros colegas,

Les presento un conjunto de tres actividades diseñadas para enriquecer la práctica docente en diversos grados y áreas del currículo. Estas actividades integran la resolución de problemas, la experimentación, el pensamiento divergente y la expresión creativa, pilares fundamentales del enfoque STEAM.

En los últimos años el enfoque STEAM ha ganado terreno en la educación. A pesar de su creciente adopción en muchas instituciones, muchas veces hace falta una guía más práctica, flexible y fácil de implementar. Estas actividades buscan precisamente esto: ofrecer a los maestros una herramienta práctica que nos ayude a generar experiencias de aprendizaje que integran varias disciplinas y adaptables a diferentes realidades escolares.

Desde mi visión, la educación del futuro se construye sobre el empoderamiento de los estudiantes, el uso consciente de la tecnología y el compromiso con la equidad. Para avanzar hacia esa meta el enfoque STEAM se vuelve clave. Nuestro papel ya no es solo enseñar contenidos, sino preparar a nuestros chicos y chicas para que sepan utilizar de manera crítica y significativa el inconmensurable conocimiento al que ya tienen acceso gracias al almacenamiento masivo de datos. Es hora de darles un significado más profundo y valioso a las palabras Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas, impulsando a los estudiantes a crear, solucionar problemas y expresar sus ideas de manera innovadora.

Este conjunto incluye tres actividades STEAM, que considero abarcan tres experiencias significativas dentro de la cultura STEAM. Mi intención es ponerlas en las “manos de los maestros” no como una

receta, sino como un punto de partida; para que puedan adaptarlas, modificarlas y enriquecerlas según sus propias expectativas, experiencia y con la sensibilidad que cada grupo y contexto necesita.

Sonia

Construir Modelos

Objetivo General

Desarrollar el pensamiento divergente y la solución de problemas mediante la construcción de modelos físicos que representen conceptos del currículo escolar, integrando conocimientos de diferentes áreas STEAM.

Competencias del CNB

- ✓ MA-CB-6-1.1 Aplica los conocimientos matemáticos en la resolución de problemas de la vida cotidiana.
- ✓ CN-CB-6-2.3 Utiliza el pensamiento lógico, crítico y creativo para interpretar fenómenos físicos y proponer soluciones.
- ✓ FC-CB-6-3.2 Valora el trabajo colaborativo y la toma de decisiones en equipo.

Estándares STEAM

- ✓ CCSS.MATH.PRACTICE.MP1: Hacer sentido de los problemas y perseverar en su resolución.
- ✓ CCSS.MATH.PRACTICE.MP4: Modelar con matemáticas.
- ✓ NGSS MS-ETS1-2: Evaluar soluciones a problemas de diseño en base a criterios y restricciones.

Etapas de la actividad STEAM

1. Fenómeno
ancla

¿Cómo podemos construir un modelo utilizando materiales reciclados y una cantidad limitada de recursos?

Se presenta la pregunta generadora sobre alguna situación de su vida cotidiana con el propósito de que:

- ✓ Sirva de contexto para el aprendizaje
- ✓ Genere más preguntas auténticas
- ✓ Construir un propósito común

2. Explorar

¿Qué observamos?

Observar imágenes o videos de modelos similares.

Preguntas guía:

- ¿Qué detalles llaman nos parecen importantes o curiosos?
- ¿Qué características comunes vemos en estas estructuras?
- ¿Qué elementos podrían ser importantes para que el modelo resista o cumpla con criterios específicos?

3. Elaborar explicaciones preliminares

¿Cómo lo podemos explicar?

Elaborar explicaciones preliminares del funcionamiento del modelo.

Preguntas guía:

- ¿Por qué creen que estas estructuras funcionan?
- ¿Qué fuerzas o materiales influyen en su estabilidad?
- ¿Coinciden nuestras explicaciones con las de otros? ¿Podemos combinarlas o ajustarlas?

4. Conectar

¿En dónde hemos visto algo parecido?

Relacionar lo aprendido con otras experiencias cotidianas.

Preguntas guía:

- ¿En qué otros lugares vemos estructuras similares? (Si es posible, permitir a los estudiantes traer objetos de casa.)
- ¿Qué objetos o construcciones en casa o en la comunidad nos recuerdan a esto?
- ¿Qué aprendimos antes que podría ayudarnos a entender cómo funciona nuestro modelo?

5. Formular preguntas

¿Qué necesitamos hacer para entenderlo mejor?

Actividad: Crear un mural o espacio de preguntas que orienten a la investigación.

Preguntas guía:

- ¿Qué más necesitamos saber para poder explicar cómo funcionan estas estructuras?
- ¿Qué podríamos investigar, probar o construir para resolver nuestras dudas?
- ¿Qué recursos (materiales, datos, ejemplos) podríamos usar?

6. Construcción y desarrollo del modelo

¿Cómo construirlo?

Prototipar con materiales reciclados (palillos, cartón, cinta, etc.).

Registrar del proceso: decisiones tomadas, medidas usadas, observaciones realizadas y materiales empleados.

7. Pruebas y mejoras

¿Cómo mejorar el modelo?

Realizar pruebas del modelo construido (por ejemplo, de resistencia, funcionalidad, eficiencia o diseño).
Documentar todas las observaciones relevantes (por ejemplo, diarios de aprendizaje, bocetos, fotografías, etc.).
Autoevaluación/ Coevaluación: evaluar su propuesta y realiza mejoras o rediseños fundamentados en evidencia.

8. Presentación final

Presentación del modelo explicando el proceso de diseño, construcción, pruebas y mejoras.
Promover el uso del lenguaje académico para justificar con fundamentos científicos, artísticos, matemáticos y/o físicos las decisiones tomadas.
Esta etapa fomenta la comunicación científica, el pensamiento reflexivo y el aprendizaje entre pares.

9. Reflexión final

¿Qué aprendimos?

Preguntas guía:
¿Qué aprendimos del diseño? ¿Hubo algo que nos sorprendió del proceso?
¿Qué habilidades desarrollamos además del contenido académico?
¿Qué cambiaríamos la próxima vez?

Notas del docente:

¿Cómo fomenta esto el proceso de entendimiento/solución?

Evaluación final de los aprendizajes

- Aplicación de conocimientos
- Creatividad en la solución
- Justificación lógica
- Colaboración
- Reflexión del proceso

Sugerencias de temas por área para su implementación

Matemática	Ciencias Naturales	Tecnología	Expresión artística	Productividad y desarrollo
Figuras geométricas	Ecosistemas	Máquinas simples y	Forma y espacio	Modelos de producción
Medición	Fuerza y energía	compuestas	Textura	Procesos agrícolas
Escalas y proporciones	Materia y sus	Electrónica básica	Color	
Funciones y patrones	interacciones	Robótica y automatización	Arquitectura	

Hacer arte

Objetivo General

Desarrollar la capacidad de resolver problemas creativos y comunicar ideas de manera efectiva mediante la expresión artística, integrando principios STEAM para diseñar y producir obras originales que respondan a un propósito específico.

Competencias del CNB

- ✓ AE.6.3 Valora el arte como forma de comunicación y expresión cultural.
- ✓ CN.6.E.1 Explica, con base en la observación y la experimentación, algunos fenómenos naturales relacionados con los elementos de la Tierra.
- ✓ MA.6.RP.1 Emplea representaciones y modelos para comunicar ideas matemáticas de manera creativa.

Estándares STEAM

- ✓ CCSS.MATH.PRACTICE.MP5: Usar herramientas apropiadas estratégicamente.
- ✓ NGSS MS-ETS1-1: Definir un problema de diseño que pueda resolverse mediante el desarrollo de un objeto, herramienta, proceso o sistema.

1. Fenómeno ancla	<p align="center">¿Cómo podemos expresar ideas a través de manifestaciones externas?</p> <p>El docente plantea una pregunta generadora relacionada con el tema que desea explorar, utilizando el arte como medio de expresión. Introducir el concepto de expresión artística y explorar cómo el arte nos permite comunicar ideas, emociones y experiencias.</p> <p>Preguntas guía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué pensamos y sentimos cuando vemos una pintura/escuchamos una canción/ vemos un performance? - ¿Cómo podemos expresar ideas y sentimientos a través del arte?
2. Explorar	<p align="center">¿Qué tipo de arte conozco y cómo me ha impactado?</p> <p>Observar imágenes o videos de obras de arte. (Traer objetos al aula de ser posible.)</p> <p>Preguntas guía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué comunica esta obra? - ¿Qué sentimos al verla/leerla/escucharla? - ¿Qué es arte para ti? - ¿Dónde encuentras arte en tu vida diaria?
3. Elaborar explicaciones preliminares	<p align="center">¿Cómo lo podemos explicar?</p> <p>Elaborar explicaciones preliminares de la obra a producir.</p> <p>Preguntas guía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué idea nos gustaría expresar a través del arte? - ¿Qué materiales tenemos y qué podemos reusar/reciclar? - ¿Coinciden nuestras ideas con las de otros? ¿Podemos combinarlas o ajustarlas?
4. Conectar	<p align="center">¿En dónde hemos visto algo parecido?</p> <p>Relacionar lo aprendido con otras experiencias cotidianas.</p>

Preguntas guía:

- ¿En qué otros lugares vemos expresiones artísticas similares?
- ¿Qué obras en casa o en la comunidad nos transmiten mensajes?
- ¿Qué aprendimos antes sobre arte que podría ayudarnos a entender cómo funciona nuestro modelo?

5. Formular preguntas

¿Qué necesitamos hacer para entenderlo mejor?

Actividad: Crear un mural o espacio de preguntas que orienten a la investigación.

Preguntas guía:

- ¿Qué más necesitamos saber para poder hacer arte? ¿Qué técnicas o estilos artísticos podríamos usar?
- ¿Qué podríamos investigar para resolver nuestras dudas?

6. Construcción y desarrollo de la obra

¿Cómo construirlo?

Dar a los estudiantes la libertad de elegir los materiales (marcadores, crayones, pinturas, papel, lápiz, reglas, etc.) y las técnicas artísticas (pintura, escultura, música, escritura, performance, etc.)

Permitir la improvisación y la experimentación.

Registro del proceso: decisiones, medidas, observaciones, y materiales empleados.

7. Pruebas y mejoras

¿Cómo mejorar la obra?

Experimentar con mejoras (de forma, técnica o mensaje).

Autoevaluación / Coevaluación: revisar críticamente su obra y las de otros para realizar mejoras o rediseños fundamentados en evidencia.

8. Presentación final

Realizar una exposición de arte, con títulos y descripciones para cada obra escritos por los autores.

Los estudiantes pueden presentar sus obras oralmente, físicamente o a través de un performance. También pueden responder preguntas y compartir sus experiencias.

9. Reflexión final

¿Qué aprendimos?

Preguntas guía:

¿Qué aprendimos del arte? ¿Qué habilidades desarrollamos además de aprender a hacer arte?

Evaluación final de los aprendizajes

- Originalidad
- Creatividad
- Comunicación del mensaje
- Uso de elementos artísticos
- Técnica
- Colaboración
- Reflexión del proceso

Notas del docente:

¿Cómo ayuda esto a entender el proceso creativo?

¿De qué manera la actividad se adapta a los diferentes estilos de aprendizaje presentes en el aula?

Sugerencia de temas por área para su implementación

Matemática

Ciencias Naturales

Comunicación y Lenguaje

Expresión artística

Ciencias Sociales

- Geometría
- Patrones y simetría
- Área y perímetro
- Estadística
- Plano Cartesiano

- Estructura y función
- Anatomía
- El universo
- Ecosistemas
- Reacciones químicas

- Producción de textos
- Análisis de mensajes
- Descripciones
- Lenguaje simbólico

- Composición visual
- Apreciación artística
- Dibujo técnico
- Diseño gráfico

- Culturas y arte precolombino
- Historia
- Geografía Física
- Identidad cultural
- Sistemas políticos

Competencias del CNB

Estándares STEAM

Soluciones Creativas

Objetivo General

Desarrollar la capacidad de identificar y solucionar problemas comunitarios mediante el diseño y la implementación de proyectos interdisciplinarios, integrando habilidades STEAM para generar soluciones creativas e innovadoras que promuevan el bienestar social.

- ✓ CC-CB-6-2.1. Participa en acciones para contribuir al cuidado y la mejora de su entorno escolar y comunitario de manera responsable.
- ✓ CN-CB-6-1.4. Aplica conocimientos científicos para proponer soluciones a situaciones que afectan la salud y el ambiente en su vida diaria.
- ✓ MA-CB-6-3.5. Utiliza procedimientos matemáticos para resolver problemas de la vida cotidiana y del entorno donde se desenvuelve.
- ✓ CCSS.MATH.PRACTICE.MP1: Hacer sentido de los problemas y perseverar en su resolución.
- ✓ CCSS.MATH.PRACTICE.MP5: Usar herramientas adecuadas de manera estratégica.
- ✓ MS-ETS1-2 Evaluar soluciones de diseño usando un proceso sistemático.

Etapas de la actividad

STEAM

1. Fenómeno ancla

¿Cómo podemos resolver problemas de nuestro centro educativo o comunidad?

Se plantea a los estudiantes la necesidad de resolver un problema o desafío real de su comunidad escolar o local. Con la guía del docente, formular una pregunta generadora que defina el problema de forma concreta y les ayude a generar más preguntas auténticas

2. Explorar

¿Qué observamos?

Investigar las causas del problema y recolectar datos mediante encuestas, entrevistas o exploraciones.

Preguntas guía:

- ¿Cómo podemos explicar la causa de este problema?
- ¿ A quiénes afecta este problema y cómo?

3. Elaborar soluciones
preliminares

¿Cómo lo podemos solucionar?

Generar y documentar ideas iniciales para los proyectos que desarrollarán. Se impulsa la creatividad, la exploración de diversas posibilidades y a pensar a “afuera de la caja”.

Preguntas guía:

- ¿Cuáles son las posibles soluciones al problema que hemos identificado?
- ¿Qué criterios debemos considerar al seleccionar la mejor solución?

4. Conectar

¿En dónde hemos visto algo parecido?

Comparar la situación local con otros contextos.

Preguntas guía:

- ¿En qué otros lugares vemos problemas similares?
- ¿Cómo se manejan estos problemas a nivel global?
- ¿Qué aprendimos antes que podría ayudarnos a solucionar el problema seleccionado?

5. Formular preguntas

¿Qué necesitamos hacer para aplicar nuestra solución?

Identificar las necesidades de recursos y los temas a investigar para desarrollar sus proyectos de manera efectiva.

Preguntas guía:

- ¿Qué información necesitamos para comprender mejor el problema?
- ¿Qué necesitamos saber para implementar la solución que estamos considerando?
- ¿Qué recursos (materiales, humanos, financieros) necesitamos?

6. Construir
soluciones

¿Cómo ponemos manos a la obra?

Poner en práctica las ideas que se desarrollaron para solucionar el problema. Al hacerlo, es muy importante que las soluciones sean:

- ✓ Sustentables: Que no dañen el medio ambiente y que puedan seguir funcionando a largo plazo.
- ✓ Funcionales: Que realmente sirvan para solucionar el problema para lo que fueron diseñadas.

✓ Adaptables: Que se ajusten a las condiciones y necesidades específicas de la comunidad.

7. Pruebas y mejoras

¿Cómo mejorar la propuesta?

Se prueban las soluciones para ver si funcionan y tienen el impacto esperado, documentando los resultados. Se identifican y corrigen los errores para mejorar los resultados.

8. Rendición de cuentas

Los estudiantes comunican el proceso, explicando qué hicieron, qué lograron y cómo ayuda a su comunidad. Pueden usar distintos formatos para comunicar sus ideas como presentaciones, informes escritos, videos, sitios web, etc.

9. Reflexión final

¿Qué aprendimos?

Preguntas guía:

¿Qué impacto tuvo nuestro proyecto?

¿Qué desafíos enfrentamos y cómo los resolvimos?

Evaluación final de los aprendizajes

Notas del docente:

- Aplicación de conocimientos STEAM
- Originalidad e innovación
- Propósito
- Impacto Potencial
- Colaboración
- Reflexión del proceso

¿Cómo fomenta esto el proceso de entendimiento/solución?

—

—

¿La actividad permite a los estudiantes tener voz y voto en su propio aprendizaje?

—

—

Sugerencias de temas por área para su implementación

Matemática	Ciencias Naturales	Ciencias Sociales	Comunicación y Lenguaje	Productividad y desarrollo
Resolución de problemas	Cuidado del ambiente	Participación ciudadana	Expresión escrita y oral	Emprendimiento
Estadística	Recursos Naturales	Derechos y deberes	Producción de textos	Proyectos productivos
Medición y estimaciones	Salud y nutrición	Desarrollo sostenible	Comunicación efectiva	Soluciones innovadoras
Razonamiento lógico	Energía	Cultura de paz		
		Identidad social		

Escala de valoración para evaluar las secuencias didácticas

Nombre: _____ Rol: _____

Área(s) de especialización: _____

Nivel de estudios: _____

Criterio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
1. Claridad y coherencia de los objetivos del aprendizaje.					
2. Adecuación de las actividades para lograr los objetivos.					
3. Invitan a partir de situaciones reales del contexto de los estudiantes.					
4. Calidad y pertinencia de las preguntas guía.					

5. Las experiencias de aprendizaje están estructuradas en tres grandes etapas: Exploración inicial, actividad central y producción final para la consolidación del aprendizaje significativo.					
6. La evaluación del aprendizaje se da de forma continua.					
7. Están presentadas en un formato simple que responde a las necesidades y circunstancias de diferentes centros educativos.					
8. Se pueden adaptar a distintos niveles de dificultad para que se puedan implementar en diferentes grados.					
9. Tienen una intención de integrar temáticas diversas relacionadas con varias áreas del currículo.					
10. Su narrativa es clara, coherente y fácil de seguir.					
11. Relevancia y viabilidad de los temas por área propuestos.					
12. Son flexibles y pueden adaptarse a diferentes grupos.					
13. Potencial de la actividad para promover el aprendizaje STEAM.					

Otros comentarios: _____

Escala de valoración para evaluar las secuencias didácticas

Nombre: Kelly Montenegro Solórzano Rol: Maestra de S.T.E.A.M de preescolar

Área(s) de especialización: Tecnología, STEM e Ingles.

Nivel de estudios: Universitario - Licenciatura

Criterio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
1. Claridad y coherencia de los objetivos del aprendizaje.				X	
2. Adecuación de las actividades para lograr los objetivos.				X	
3. Invitan a partir de situaciones reales del contexto de los estudiantes.					X
4. Calidad y pertinencia de las preguntas guía.				X	
5. Las experiencias de aprendizaje están estructuradas en tres grandes etapas: Exploración inicial, actividad central y producción final para la consolidación del aprendizaje significativo.					X
6. La evaluación del aprendizaje se da de forma continua.			X		
7. Están presentadas en un formato simple que responde a las necesidades y circunstancias de diferentes centros educativos.					X
8. Se pueden adaptar a distintos niveles de dificultad para que se puedan implementar en diferentes grados.					X
9. Tienen una intención de integrar temáticas diversas relacionadas con varias áreas del currículo.					X
10. Su narrativa es clara, coherente y fácil de seguir.				X	
11. Relevancia y viabilidad de los temas por área propuestos.				X	
12. Son flexibles y pueden adaptarse a diferentes grupos.					X
13. Potencial de la actividad para promover el aprendizaje STEAM.				X	

Otros comentarios: En general me parece bastante valioso poder contar con material como este, para dar un panorama claro de como se deberían de planificar las actividades STEAM, sobretodo porque este abordaje permite movernos desde la exploración, la creación, el aprendizaje y por ultimo la reflexión sobre errores y lo aprendido. Las preguntas colocadas me parecen pertinentes, sin embargo, podrian ser un poco más profundas que le permitan a los estuadintes ir mas alla de lo que se les pide.

Universidad del Valle de Guatemala

"Implementación de actividades STEAM para potenciar el pensamiento crítico en Matemáticas en la Escuela Media del Colegio Interamericano"

Guatemala, 05 de mayo de 2025

Estimado(a) participante:

Me presento como Sonia Ibelsy Davila Herrera, estudiante de la Licenciatura en Educación con especialidad en Matemática y Ciencias Física de la Universidad del Valle. Estoy llevando a cabo una investigación en las clases de matemáticas de sexto grado en el Colegio Interamericano para la creación de una guía metodológica replicable que pueda ser usada por maestros que enseñen diferentes materias. Para validar la pertinencia, calidad metodológica y potencial de estas actividades, es fundamental contar con la evaluación de expertos en educación STEAM. Por lo tanto, le invito a participar en este proceso.

Aspectos éticos: su participación es voluntaria (se puede retirar en cualquier momento). Su participación no representará ningún riesgo para su persona (quizás cierta incomodidad ante algunas preguntas, pero si esto sucede, puede no responderlas) o retirarse. La información que proporcione será confidencial y será guardada digitalmente. La información se analizará con fines académicos.

Para cualquier duda relacionada con el tema, por favor puede contactarse con mi persona o también a la Universidad del Valle con Ester Cristina Ruíz.

Si está de acuerdo en participar en el estudio por favor lo invito a leer y completar los datos requeridos. Le entregaré una copia del documento debidamente firmado.

Consentimiento informado para juicio de expertos

Yo, Kelly M. Montenegro Solórzano, he leído toda la información ofrecida y la comprendo en su totalidad. Conozco los objetivos de la investigación y estoy de acuerdo con participar en la investigación. Sé de los riesgos y beneficios de mi participación; asimismo comprendo que puedo retirarme en cualquier momento, si así lo deseara. Con la firma abajo, confirmo mi consentimiento para los propósitos establecidos en esta investigación.

Firma:  _____

Fecha: 14 de Mayo, 2025

¡Muchas gracias!

Escala de valoración para evaluar las secuencias didácticas

Nombre: Ericka Artiga Rol: Head of STEAM & Technology Integration

Área(s) de especialización: STEAM, Integración de Tecnología

Nivel de estudios: M. Ed.

Criterio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
1. Claridad y coherencia de los objetivos del aprendizaje.					X
2. Adecuación de las actividades para lograr los objetivos.					X
3. Invitan a partir de situaciones reales del contexto de los estudiantes.					X
4. Calidad y pertinencia de las preguntas guía.					X
5. Las experiencias de aprendizaje están estructuradas en tres grandes etapas: Exploración inicial, actividad central y producción final para la consolidación del aprendizaje significativo.				X	
6. La evaluación del aprendizaje se da de forma continua.				X	
7. Están presentadas en un formato simple que responde a las necesidades y circunstancias de diferentes centros educativos.					X
8. Se pueden adaptar a distintos niveles de dificultad para que se puedan implementar en diferentes grados.				X	
9. Tienen una intención de integrar temáticas diversas relacionadas con varias áreas del currículo.					X
10. Su narrativa es clara, coherente y fácil de seguir.					X
11. Relevancia y viabilidad de los temas por área propuestos.					X
12. Son flexibles y pueden adaptarse a diferentes grupos.				X	
13. Potencial de la actividad para promover el aprendizaje STEAM.					X

Otros comentarios: Las actividades presentadas en este documento muestran una propuesta pedagógica sólida, coherente con los principios del enfoque STEAM y alineada con estándares nacionales e internacionales. Se valora especialmente la claridad de sus objetivos, la calidad de las preguntas guía y la forma en que se invita al docente a adaptar las actividades a su contexto. La

estructura por etapas es clara y favorece la implementación gradual y significativa. Si bien podría beneficiarse de ejemplos más concretos o rúbricas detalladas, el potencial transformador de estas experiencias para fomentar el pensamiento crítico, la creatividad y la conexión con problemas reales es evidente. Recomiendo ampliamente su uso y difusión.

Universidad del Valle de Guatemala

"Implementación de actividades STEAM para potenciar el pensamiento crítico en Matemáticas en la Escuela Media del Colegio Interamericano"

Guatemala, 05 de mayo de 2025

Estimado(a) participante:

Me presento como Sonia Ibelsy Davila Herrera, estudiante de la Licenciatura en Educación con especialidad en Matemática y Ciencias Física de la Universidad del Valle. Estoy llevando a cabo una investigación en las clases de matemáticas de sexto grado en el Colegio Interamericano para la creación de una guía metodológica replicable que pueda ser usada por maestros que enseñen diferentes materias. Para validar la pertinencia, calidad metodológica y potencial de estas actividades, es fundamental contar con la evaluación de expertos en educación STEAM. Por lo tanto, le invito a participar en este proceso.

Aspectos éticos: su participación es voluntaria (se puede retirar en cualquier momento). Su participación no representará ningún riesgo para su persona (quizás cierta incomodidad ante algunas preguntas, pero si esto sucede, puede no responderlas) o retirarse. La información que proporcione será confidencial y será guardada digitalmente. La información se analizará con fines académicos.

Para cualquier duda relacionada con el tema, por favor puede contactarse con mi persona o también a la Universidad del Valle con Ester Cristina Ruíz.

Si está de acuerdo en participar en el estudio por favor lo invito a leer y completar los datos requeridos. Le entregaré una copia del documento debidamente firmado.

Consentimiento informado para juicio de expertos

Yo, **Ericka Artiga**, he leído toda la información ofrecida y la comprendo en su totalidad. Conozco los objetivos de la investigación y estoy de acuerdo con participar en la investigación. Sé de los riesgos y beneficios de mi participación; asimismo comprendo que puedo retirarme en cualquier momento, si así lo deseara. Con la firma abajo, confirmo mi consentimiento para los propósitos establecidos en esta investigación.

Firma: _____



Fecha: **8 de may. de 25**

¡Muchas gracias!

Escala de valoración para evaluar las secuencias didácticas

Nombre: María Alejandra Girón Sowa

Rol: Docente de Middle School – Ciencias Sociales

Área(s) de especialización: Ciencias Sociales

Nivel de estudios: Maestría en Gestión del Desarrollo de la Niñez y Adolescencia

Criterio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
1. Claridad y coherencia de los objetivos del aprendizaje.			X		
2. Adecuación de las actividades para lograr los objetivos.				X	
3. Invitan a partir de situaciones reales del contexto de los estudiantes.			X		
4. Calidad y pertinencia de las preguntas guía.					X
5. Las experiencias de aprendizaje están estructuradas en tres grandes etapas: Exploración inicial, actividad central y producción final para la consolidación del aprendizaje significativo.				X	
6. La evaluación del aprendizaje se da de forma continua.				X	
7. Están presentadas en un formato simple que responde a las necesidades y circunstancias de diferentes centros educativos.			X		
8. Se pueden adaptar a distintos niveles de dificultad para que se puedan implementar en diferentes grados.			X		
9. Tienen una intención de integrar temáticas diversas relacionadas con varias áreas del currículo.					X
10. Su narrativa es clara, coherente y fácil de seguir.				X	
11. Relevancia y viabilidad de los temas por área propuestos.			X		
12. Son flexibles y pueden adaptarse a diferentes grupos.				X	
13. Potencial de la actividad para promover el aprendizaje STEAM.				X	

Otros comentarios: _____

Enlisto acá mis observaciones:

- Es importante colocar el autor de la guía, consultar con la Universidad, el sistema para citar, sugiero apellido del autor y fecha de publicación.
- Colocar tilde en prácticas en el segundo párrafo.
- Revisar puntuación en el párrafo dos.
- En el párrafo 3, usar "se limita a" en lugar de "ya no es".
- Valdría la pena colocar un párrafo introductorio que indique el porqué de las fuentes usadas (CNB y los estándares del Common Core) Acá es importante incluir el grado al que van dirigidas las actividades porque eso tiene relación directa con la competencia incluida.
- Colocar al final listado de referencias usadas.
- Sugiero usar otra columna dentro de los listados de las actividades.
- Sugerir actividades base, aunque ya las colocas al final de cada actividad, sería bueno indicar un tema.
- Proponer lista de cotejo o rúbrica a usar por parte del docente para cada actividad.
- Sería importante dar un espacio de palabras clave que puedan conocer docentes en cuánto al uso de STEAM, puede ser vocabulario para el área de arte, modelos y soluciones.
- Para la sección "Elaborar explicaciones preliminares" valdría la pena dar material de apoyo audiovisual. Si es muy generalizado se puede colocar como observación para el docente que es un espacio de acercamiento con la tecnología. Sugerir canales de YouTube o páginas en donde puedan encontrar videos de apoyo.
- Valdría la pena aclarar o sugerir actividades para diferenciar los aprendizajes, tanto para estudiantes con nivel bajo como estudiantes avanzados.
- Podrías indicar un poco más en el párrafo introductorio la duración, dinámica de trabajo (grupala , individual y /o espacios necesarios) en el aula para la elaboración de cada actividad.

Universidad del Valle de Guatemala

"Implementación de actividades STEAM para potenciar el pensamiento crítico en Matemáticas en la Escuela Media del Colegio Interamericano"

Guatemala, 05 de mayo de 2025

Estimado(a) participante:

Me presento como Sonia Ibelsy Davila Herrera, estudiante de la Licenciatura en Educación con especialidad en Matemática y Ciencias Física de la Universidad del Valle. Estoy llevando a cabo una investigación en las clases de matemáticas de sexto grado en el Colegio Interamericano para la creación de una guía metodológica replicable que pueda ser usada por maestros que enseñen diferentes materias. Para validar la pertinencia, calidad metodológica y potencial de estas actividades, es fundamental contar con la evaluación de expertos en educación STEAM. Por lo tanto, le invito a participar en este proceso.

Aspectos éticos: su participación es voluntaria (se puede retirar en cualquier momento). Su participación no representará ningún riesgo para su persona (quizás cierta incomodidad ante algunas preguntas, pero si esto sucede, puede no responderlas) o retirarse. La información que proporcione será confidencial y será guardada digitalmente. La información se analizará con fines académicos.

Para cualquier duda relacionada con el tema, por favor puedo contactarse con mi persona o también a la Universidad del Valle con Ester Cristina Ruiz.

Si está de acuerdo en participar en el estudio por favor lo invito a leer y completar los datos requeridos. Le entregaré una copia del documento debidamente firmado.

Consentimiento informado para juicio de expertos

Yo, Alejandra Herón Lewis, he leído toda la información ofrecida y la comprendo en su totalidad. Conozco los objetivos de la investigación y estoy de acuerdo con participar en la investigación. Sé de los riesgos y beneficios de mi participación; asimismo comprendo que puedo retirarme en cualquier momento, si así lo deseara. Con la firma abajo, confirmo mi consentimiento para los propósitos establecidos en esta investigación.

Firma:



Fecha:

08/05/25

¡Muchas gracias!

Escala de valoración para evaluar las secuencias didácticas

Nombre: Celeste Lemus Rol: Technology Teacher

Área(s) de especialización: Innovation and Education

Nivel de estudios: Master's Degree

Criterio	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
1. Claridad y coherencia de los objetivos del aprendizaje.				x	
2. Adecuación de las actividades para lograr los objetivos.				x	
3. Invitan a partir de situaciones reales del contexto de los estudiantes.					x
4. Calidad y pertinencia de las preguntas guía.					x
5. Las experiencias de aprendizaje están estructuradas en tres grandes etapas: Exploración inicial, actividad central y producción final para la consolidación del aprendizaje significativo.				x	
6. La evaluación del aprendizaje se da de forma continua.					x
7. Están presentadas en un formato simple que responde a las necesidades y circunstancias de diferentes centros educativos.					x
8. Se pueden adaptar a distintos niveles de dificultad para que se puedan implementar en diferentes grados.				x	
9. Tienen una intención de integrar temáticas diversas relacionadas con varias áreas del currículo.					x
10. Su narrativa es clara, coherente y fácil de seguir.					x
11. Relevancia y viabilidad de los temas por área propuestos.				x	
12. Son flexibles y pueden adaptarse a diferentes grupos.					x
13. Potencial de la actividad para promover el aprendizaje STEAM.					x

Otros comentarios: _____

Me gustan estas tres actividades que abarcan, de forma indirecta, todas las disciplinas de alguna manera. En mi caso, si quisiera integrarme a los proyectos enfocados en el área de Tecnología, veo mucho potencial. La tecnología en STEAM es muy importante ya que fomenta la Innovación dando soluciones creativas a problemas complejos, desarrolla habilidades críticas permitiendo la resolución de problemas y el trabajo en equipo. Prepara para el futuro para estar preparado para las demandas del mercado laboral y estimula el aprendizaje Interdisciplinario. Integrarme en proyectos tecnológicos no solo potenciaría mis habilidades, sino que también me permitiría contribuir a un futuro más innovador para los estudiantes. Veo como inclusive agrega las diferentes materias en las que se podrían integrar las actividades, lo cual es una buena guía para animar a los profesores a tomar ideas reales para sus proyectos.

Universidad del Valle de Guatemala

"Implementación de actividades STEAM para potenciar el pensamiento crítico en Matemáticas en la Escuela Media del Colegio Interamericano"

Guatemala, 05 de mayo de 2025

Estimado(a) participante:

Me presento como Sonia Ibelsy Davila Herrera, estudiante de la Licenciatura en Educación con especialidad en Matemática y Ciencias Física de la Universidad del Valle. Estoy llevando a cabo una investigación en las clases de matemáticas de sexto grado en el Colegio Interamericano para la creación de una guía metodológica replicable que pueda ser usada por maestros que enseñen diferentes materias. Para validar la pertinencia, calidad metodológica y potencial de estas actividades, es fundamental contar con la evaluación de expertos en educación STEAM. Por lo tanto, le invito a participar en este proceso.

Aspectos éticos: su participación es voluntaria (se puede retirar en cualquier momento). Su participación no representará ningún riesgo para su persona (quizás cierta incomodidad ante algunas preguntas, pero si esto sucede, puede no responderlas) o retirarse. La información que proporcione será confidencial y será guardada digitalmente. La información se analizará con fines académicos.

Para cualquier duda relacionada con el tema, por favor puede contactarse con mi persona o también a la Universidad del Valle con Ester Cristina Ruíz.

Si está de acuerdo en participar en el estudio por favor lo invito a leer y completar los datos requeridos. Le entregaré una copia del documento debidamente firmado.

Consentimiento informado para juicio de expertos

Yo, Mildred Celeste Lemus Casasola, he leído toda la información ofrecida y la comprendo en su totalidad. Conozco los objetivos de la investigación y estoy de acuerdo con participar en la investigación. Sé de los riesgos y beneficios de mi participación; asimismo comprendo que puedo retirarme en cualquier momento, si así lo deseara. Con la firma abajo, confirmo mi consentimiento para los propósitos establecidos en esta investigación.

Firma:  _____

Fecha: 12/05/2025 _____

¡Muchas gracias!

Anexo B: Diseño y evaluación de la actividad STEAM: Usar Sphero para desplazarse en la línea numérica y medir distancia

Nombre de la actividad:		
Usando Spheros para desplazarse en la línea numérica y medir distancia		
Objetivo general: Desarrollar el pensamiento computacional y la comprensión de la recta numérica, operaciones con números enteros y la medición de distancias, programando un robot Sphero para moverse con precisión en un entorno real.	Grado: 6	Materia: Mathematics

Competencias del CNB	Estándares Common Core (Math/Science)
<ul style="list-style-type: none"> • Aplica las operaciones básicas y propiedades de los números enteros en la resolución de problemas. • Utiliza la tecnología de manera creativa para representar conceptos matemáticos. • Desarrolla el pensamiento lógico y algorítmico al programar. 	<p>CCSS.MATH.CONTENT.6.NS.C.6.C: Comprender los números racionales como puntos en la recta numérica.</p> <p>CCSS.MATH.CONTENT.6.NS.C.7.C: Comprender el valor absoluto de números racionales.</p> <p>CCSS.MATH.PRACTICE.MP5: Utilizar herramientas apropiadas de forma estratégica.</p> <p>NGSS MS-ETS1-1: Definir los criterios de éxito y las limitaciones de las soluciones de diseño para un problema que puede resolverse mediante la tecnología.</p>

Fenómeno ancla:
¿Cómo podemos programar un robot para que se desplace exactamente a puntos específicos en una recta numérica y mida las distancias recorridas de manera precisa?

1. Explorar - ¿Qué observamos?	2. Intentar explicar - ¿Cómo lo podemos explicar?	3. Conectar - ¿En dónde hemos visto algo parecido?	4. Formular Preguntas ¿Qué necesitamos para entenderlo mejor?
Actividad: Introducción a los			

<p>robots Sphero y su funcionamiento básico (movimiento, control). Observación de una recta numérica y discusión sobre sus componentes (puntos, unidades, números positivos/negativos).</p> <p>Preguntas guía:</p> <p>¿Cómo se mueve el robot Sphero?</p> <p>¿Qué partes tiene una recta numérica?</p> <p>¿Cómo representamos distancias en una recta numérica?</p>	<p>Actividad: Los estudiantes, en grupos, discuten cómo podrían usar la programación de Sphero para moverlo a un punto específico (ej. +5) o calcular la distancia entre dos puntos (ej. de -3 a +2).</p> <p>Preguntas guía:</p> <p>¿Qué comandos de programación creen que necesitaríamos?</p> <p>¿Cómo podríamos decirle a Sphero que avance o retroceda una distancia exacta?</p> <p>¿Qué operación matemática nos ayudaría a encontrar la distancia entre dos puntos en la recta numérica?</p>	<p>Actividad: Buscar ejemplos en la vida real donde se necesite medir distancias exactas o desplazarse a un punto preciso (ej. navegación GPS, líneas de producción, drones de entrega).</p> <p>Preguntas guía:</p> <p>¿En qué situaciones reales es crucial la precisión en la distancia o la posición?</p> <p>¿Qué tipo de tecnología se usa en esos casos?</p> <p>¿Cómo se relaciona esto con lo que haremos con Sphero?</p>	<p>Actividad: Crear un Padlet sobre programación, números enteros, valor absoluto y medición.</p> <p>Preguntas guía:</p> <p>¿Cómo se manejan los números negativos en la programación?</p> <p>¿Cómo podemos verificar si la distancia que recorre Sphero es la correcta?</p> <p>¿Qué pasa si Sphero no va en línea recta?</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Proceso:

Desarrollo de la programación:

Los estudiantes diseñan, programan y ejecutan secuencias de comandos en la aplicación Sphero para que el robot se desplace a puntos específicos en una recta numérica colocada en el suelo. Se organizan en "niveles", donde cada nivel presenta un reto de distancia o punto diferente. Los grupos calculan las distancias absolutas entre puntos de inicio y fin para cada misión.

Pruebas y mejoras:

Ejecución de las programaciones y observación de los movimientos de Sphero para intentar completar cada nivel del desafío. Medición real de las distancias para comparar con los cálculos programados. Identificación de errores y ajuste del código (depuración) para mejorar la puntuación en el desafío.

Presentación final:

Cada grupo presenta su programa, demuestra cómo Sphero se mueve a los puntos designados para completar los retos y explica cómo calcularon las distancias y qué operaciones matemáticas utilizaron. Comparten los retos realizados y sus puntajes finales.

Reflexión final:

- ¿Qué aprendimos sobre programación y matemáticas mientras jugábamos con Sphero?
- ¿Cómo nos ayudó el robot a entender mejor la recta numérica al superar los retos?
- ¿Qué desafíos encontramos y cómo los superamos para completar las misiones?
- ¿Cómo aplicamos el pensamiento lógico y algorítmico en esta actividad?

Notas del docente:

¿Qué hicimos que apoyo la construcción del conocimiento? El uso de los robots motivó mucho a los estudiantes y hacerlos moverse por las rectas numéricas realmente permitió la comprensión concreta de conceptos abstractos como los números negativos, el valor absoluto y distancia.

¿Cómo contribuye esta actividad a una cultura más equitativa? La comunicación y el trabajo en equipo eran esenciales para lograr superar los retos. Hubiese sido mejor asignar grupos para que la participación fuera un poco más equitativa.

Rúbrica para evaluar la actividad: Usando Spheros para desplazarse en la línea numérica y medir distancia

Criterio de Evaluación	Excelente (17 puntos)	Bueno (12 puntos)	Básico (6 puntos)
Habilidades de Programación (con Sphero)	El código demuestra lógica algorítmica impecable, precisión en el control del robot, uso eficiente de comandos y una resolución creativa de los desafíos.	El código demuestra buena lógica, control adecuado del robot y buen uso de comandos, con alguna imperfección menor.	El código es básico o incompleto, con errores lógicos significativos o poco control del robot.
Control del Robot Sphero	El robot se desplaza con una precisión sobresaliente, sin desviaciones ni errores.	El robot se desplaza con buena precisión, aunque puede presentar desviaciones mínimas.	El robot muestra inconsistencia en sus desplazamientos, con errores frecuentes.
Aplicación de Conceptos Matemáticos	Comprensión profunda y aplicación precisa de conceptos de recta numérica.	Buena comprensión con una o dos imprecisiones menores.	Comprensión limitada con errores notables en programación o justificación.
Resolución de Problemas y Depuración	Identifica y resuelve problemas eficazmente	Resuelve la mayoría de los problemas con estrategias efectivas.	Dificultad significativa para identificar o resolver problemas sin ayuda.

	con estrategias creativas y autónomas.		
Participación Individual en el Equipo	Participa activamente en todas las tareas del equipo, con sólidas habilidades de colaboración.	Participa activamente en la mayoría de las tareas con buena colaboración.	Participación ocasional, requiere recordatorios para mantenerse enfocado.
Presentación y Explicación	Presentación clara y coherente con explicación exhaustiva y dominio del tema.	Buena presentación con alguna omisión menor o falta de profundidad.	Explicación limitada, desorganizada o difícil de seguir.

Fotos de la actividad: Usando Spheros para desplazarse en la línea numérica y medir distancia



Anexo C: Diseño y evaluación de la actividad STEAM: Crear arte usando circunferencias

Nombre de la actividad: Crear arte usando circunferencias		
Objetivo general: Desarrollar la creatividad y la comprensión de las propiedades de las circunferencias y círculos, aplicando conceptos geométricos para diseñar y construir patrones artísticos complejos, y explorando la relación entre matemáticas y arte.	Grado: 6	Materia: Mathematics

<p>Competencias del CNB</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identifica y aplica las propiedades de figuras geométricas en la creación artística. • Utiliza herramientas de dibujo y medición con precisión para la construcción de formas. • Expresa ideas y emociones a través de la creación visual, integrando principios matemáticos. 	<p>Estándares Common Core (Math/Science)</p> <p>CCSS.MATH.CONTENT.6.G.A.1: Encuentra el área de polígonos y figuras compuestas por triángulos, rectángulos y otras figuras para resolver problemas del mundo real y matemáticos. (Aunque enfocado en círculos, este estándar abarca la comprensión del área de formas para resolución de problemas).</p> <p>CCSS.MATH.CONTENT.6.G.A.3: Dibuja polígonos en el plano de coordenadas dadas sus vértices; usar coordenadas para encontrar la longitud de un lado uniendo puntos con la misma primera o segunda coordenada. (Si se usa plano cartesiano o se miden distancias).</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

CCSS.MATH.PRACTICE.MP6: Atender a la precisión.

CCSS.MATH.PRACTICE.MP7: Buscar y hacer uso de la estructura. (Reconocimiento de patrones y propiedades geométricas).

Fenómeno ancla:

¿Cómo podemos utilizar las propiedades matemáticas de la circunferencia y el círculo para crear patrones artísticos visualmente atractivos y armónicos?

<p>5. Explorar - ¿Qué observamos?</p> <p>Actividad: Observación de ejemplos de mandalas, rosetones de catedrales, diseños islámicos y otras formas de arte circular. Discusión sobre qué formas geométricas predominan y cómo se repiten.</p> <p>Preguntas guía: ¿Qué formas geométricas básicas reconocen en estos diseños? ¿Cómo se construyen estos patrones? ¿Qué sensación les produce la simetría y la repetición en el arte?</p>	<p>6. Intentar explicar - ¿Cómo lo podemos explicar?</p> <p>Actividad: Los estudiantes, en grupos, discuten qué elementos matemáticos de la circunferencia (radio, diámetro, centro) son esenciales para crear estos diseños y cómo podrían usarlos para planificar su propio patrón.</p> <p>Preguntas guía: ¿Cómo usamos el compás para dibujar círculos perfectos? ¿Qué relación hay entre el radio y el diámetro de un círculo?</p>	<p>7. Conectar - ¿En dónde hemos visto algo parecido?</p> <p>Actividad: Buscar ejemplos de formas circulares y patrones repetitivos en la naturaleza (pétalos de flores, conchas de caracol, telarañas) o en objetos cotidianos (engranajes, relojes).</p> <p>Preguntas guía: ¿Dónde encontramos circunferencias y círculos en la naturaleza o en objetos creados por el ser humano? ¿Qué función tienen esas formas? ¿Cómo se relaciona la precisión geométrica</p>	<p>8. Formular Preguntas ¿Qué necesitamos para entenderlo mejor?</p> <p>Actividad: Creación de un mural de preguntas sobre cómo la geometría influye en el arte, cómo asegurar la simetría y cómo usar las herramientas de dibujo con precisión.</p> <p>Preguntas guía: ¿Qué necesitamos saber sobre ángulos para que nuestro diseño sea simétrico? ¿Cómo podemos usar reglas y compases para medir y dibujar con exactitud? ¿Qué otros elementos artísticos podemos</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

	¿Cómo podemos crear un patrón que se repita usando círculos?	con la belleza de estos patrones?	incorporar (color, textura)?
--	--------------------------------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------

Proceso:

Diseño artístico:

Los estudiantes utilizan compases, reglas, transportadores (opcional) y diferentes materiales (papel, cartulina, lápices de colores, marcadores) para diseñar y construir sus propios patrones artísticos basados en circunferencias, aplicando conceptos de simetría y repetición.

Pruebas y mejoras:

Revisión del diseño inicial. Ajuste de la simetría, los tamaños de los círculos y la disposición de los elementos. Experimentación con colores y texturas para mejorar el impacto visual.

Presentación final:

Exposición de las obras de arte terminadas. Cada grupo o estudiante explica el proceso de diseño, los principios matemáticos aplicados (radios, diámetros, simetría) y las decisiones artísticas tomadas.

Reflexión final:

¿Qué aprendimos sobre la relación entre matemáticas y arte?

¿Cómo nos ayudó la geometría a ser más creativos?

¿Qué desafíos encontramos al crear un diseño simétrico?

¿Qué otras formas geométricas podríamos usar para crear arte?

Notas del docente:

¿Qué hicimos que apoyo la construcción del conocimiento? Los estudiantes lograron comprender y aplicar conceptos de la circunferencia y también explorar la simetría. Es necesario reforzar estos aprendizajes y enseñarles el vocabulario técnico adecuado.

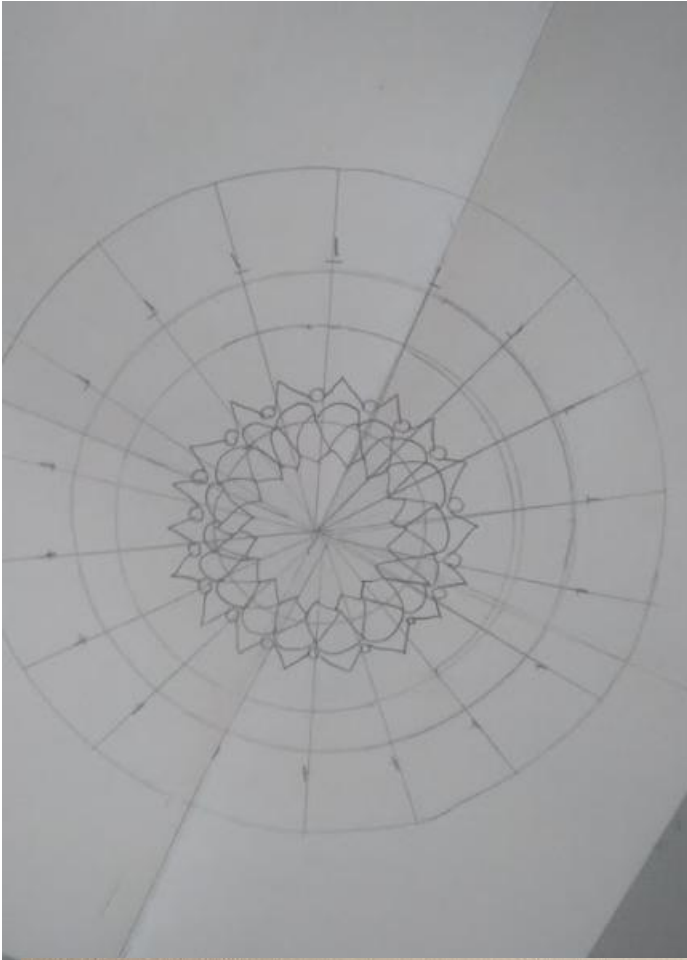
¿Cómo contribuye esta actividad a una cultura más equitativa? Esta actividad permitió a los estudiantes reconocer que no todos son buenos para todo y que cada persona tiene diferentes talentos.

Rubrica para evaluar la actividad: Crear arte usando circunferencias

Criterio de Evaluación	Excelente (17 puntos)	Bueno (12 puntos)	Básico (6 puntos)
Aplicación de Conceptos de Circunferencia	Comprensión profunda y aplicación precisa de conceptos como radio, diámetro, centro, y puntos equidistantes.	Buena comprensión y aplicación con una o dos imprecisiones menores.	Comprensión limitada con imprecisiones que afectan el diseño.
Creatividad y Originalidad del Diseño	Diseño altamente creativo, original y con exploración innovadora.	Diseño creativo con elementos originales y buen esfuerzo.	Diseño básico, con poca originalidad o repetición simple de formas.
Precisión en el Dibujo y la Construcción	Dibujo preciso con atención meticulosa al detalle y simetría.	Buena precisión, con pequeñas imperfecciones sin afectar el diseño general.	Falta de precisión con problemas evidentes en simetría o uso del compás.
Comprensión de la Relación Matemáticas-Arte	Explicación clara de cómo la geometría contribuye a la estética.	Buena explicación, aunque podría ser más detallada.	Comprensión limitada con explicaciones vagas o incompletas.
Participación Individual en el Equipo	Participación activa en todas las tareas con sólidas habilidades de colaboración.	Participa en la mayoría de las tareas y colabora bien.	Participación ocasional con colaboración básica.

Presentación y Explicación del Proceso y Producto	Presentación clara con explicación exhaustiva del proceso y decisiones artísticas.	Buena presentación con alguna omisión menor.	Explicación limitada o difícil de seguir.
---------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------	-------------------------------------------

Fotos de la actividad: Crear arte haciendo circunferencias



Anexo D: Diseño y evaluación de la actividad STEAM: Construir un modelo del Telescopio Espacial James Webb usando geometría

Nombre de la actividad:			
Construyendo un modelo del Telescopio Espacial James Webb: Polígonos, forma y función			
Objetivo general: Desarrollar el pensamiento divergente y la solución de problemas mediante la construcción de un modelo físico del telescopio Webb, enfocándose en sus componentes poligonales y comprendiendo la relación entre forma y función en contextos científicos.		Grado: 6	Materia: Mathematics
Competencias del CNB		Estándares Common Core (Math/Science)	
<ul style="list-style-type: none"> - Aplica los conocimientos geométricos en la resolución de problemas del mundo real. - Utiliza el pensamiento lógico, crítico y creativo para representar y analizar fenómenos científicos. - Trabaja de forma colaborativa para construir soluciones innovadoras. 		<p>CCSS.MATH.CONTENT.6.G.A.1: Encuentra el área de polígonos utilizando fórmulas.</p> <p>CCSS.MATH.PRACTICE.MP4: Modelar con matemáticas.</p> <p>NGSS MS-ETS1-2: Evaluar soluciones de diseño en base a restricciones y función.</p>	
Fenómeno ancla: ¿Cómo podemos construir un modelo del Telescopio Webb que represente sus componentes poligonales y nos ayude a comprender la relación entre forma y función?			
1. Explorar - ¿Qué observamos?	2. Intentar explicar - ¿Cómo lo podemos explicar?	3. Conectar - ¿En dónde hemos visto algo parecido?	4. Formular Preguntas ¿Qué necesitamos

<p>Actividad: Observamos imágenes y videos del Telescopio Webb, enfocándonos en sus espejos hexagonales y estructura general.</p> <p>Preguntas guía: - ¿Qué formas geométricas podemos identificar en el telescopio? - ¿Qué patrones o repeticiones vemos? - ¿Cómo se distribuyen los componentes?</p>	<p>Actividad: En grupos, los estudiantes explican cómo la forma del espejo afecta su función.</p> <p>Preguntas guía: - ¿Por qué creen que el espejo tiene forma de panal de abejas? - ¿Cómo influye la forma en la captación de luz? - ¿Cómo se relacionan forma y función en este caso?</p>	<p>Actividad: Buscamos ejemplos en la naturaleza o la tecnología donde la forma hexagonal tenga una función específica.</p> <p>Preguntas guía: - ¿Dónde más vemos hexágonos o patrones similares? - ¿Qué función tienen esas formas? - ¿Cómo se comparan con el telescopio Webb?</p>	<p>para entenderlo mejor?</p> <p>Actividad: Creamos un mural de preguntas relacionadas con diseño, geometría y astronomía.</p> <p>Preguntas guía: - ¿Qué más necesitamos saber sobre los polígonos para entender este diseño? - ¿Cómo podríamos representar estos componentes con materiales simples? - ¿Qué implicaciones tiene esto en la ciencia y la ingeniería?</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Proceso:

Construcción y desarrollo del modelo

Construcción de un modelo en 2D o 3D del telescopio Webb, utilizando cartulina, papel metálico, reglas y compases. Se aplican fórmulas geométricas para el cálculo del área.

Pruebas y mejoras

Análisis del modelo: simetría, estabilidad, presentación visual. Discusión sobre mejoras para hacerlo más funcional o más preciso.

Presentación final

Exposición oral del modelo, su construcción, la justificación matemática (área de polígonos) y la relación forma-función en un cuadro que muestre las partes principales del telescopio, su forma y su función.

Reflexión final:

¿Qué aprendimos sobre geometría y diseño científico?

¿Qué nos sorprendió sobre el Telescopio Webb?

¿Cómo aplicamos el pensamiento creativo en este reto?

Notas del docente:

¿Qué hicimos que apoyo la construcción del conocimiento? Al identificar la forma de las partes principales del telescopio y enlazarlas a funciones específicas, los estudiantes lograron reflexionar sobre la importancia de la geometría, la medición y la exactitud en el diseño.

¿Cómo contribuye esta actividad a una cultura más equitativa? Todos los estudiantes lograron aportar a sus grupos y aprender unos de otros. Es importante asignar roles dentro de los equipos para que ningún estudiante se quede sin aportar al proyecto.

Rubrica para evaluar la actividad: Construyendo un modelo del Telescopio Espacial James Webb: Polígonos, forma y función

Criterio de Evaluación	Excelente (20 puntos)	Bueno (15 puntos)	Básico (8 puntos)
Precisión del Modelo JWST	Modelo exacto con componentes clave, basado en investigación exhaustiva.	15 puntos: Representa bien el JWST con algunas imprecisiones menores.	8 puntos: Semejanza general, pero con imprecisiones significativas o componentes faltantes.
Calidad del Modelado y la Impresión 3D	Modelado preciso, líneas limpias y ensamblaje exacto. Impresión de alta calidad.	15 puntos: Buen modelado con pequeñas imperfecciones.	8 puntos: Modelado básico con imperfecciones notables.
Aplicación del Razonamiento Geométrico/Espacial	Sólida comprensión de principios geométricos y razonamiento espacial.	15 puntos: Buena comprensión y explicación adecuada.	8 puntos: Comprensión básica con explicaciones limitadas.
Participación Individual en el Equipo	Participa activamente con ideas valiosas y colaboración sólida.	15 puntos: Buena participación en la mayoría de tareas del equipo.	8 puntos: Participación ocasional y colaboración básica.
Presentación y Explicación	20 puntos: Presentación clara con explicación completa del diseño y funciones del JWST.	15 puntos: Buena presentación con explicación adecuada.	8 puntos: Presentación con explicaciones limitadas o poco claras.

Fotos de la actividad: Construyendo un modelo del Telescopio Espacial James Webb: Polígonos, forma y función



Anexo E: Encuesta de experiencias STEAM en matemáticas para estudiantes

(La encuesta original se realizó usando Google Forms)

Encuesta de Opinión sobre Actividades STEAM

¡Hola, chicos y chicas!

Soy Sonia Davila y estoy muy contenta de haber compartido con ustedes las actividades de STEAM, como dibujar mándalas con círculos y programar con el robot Sphero o construir el Telescopio Webb.

Quiero saber qué les parecieron estas actividades y si les gustaron. Sus respuestas me ayudarán mucho para mejorar y hacer más actividades divertidas e interesantes en el futuro.

- Sus respuestas son secretas: Nadie sabrá lo que cada uno de ustedes contesta. Lo que pongan aquí es solo para entender mejor en general qué les gustó o no.
- No hay respuestas buenas o malas: Quiero saber lo que ustedes realmente piensan y sienten. Todas sus opiniones son valiosas.
- No afectará sus notas: Contestar esta encuesta no cambiará sus calificaciones. Es solo una forma de aprender de ustedes.
- Puedes decidir no contestar: Si por alguna razón no quieres contestar alguna pregunta o la encuesta completa, está bien. Al contestar, nos dan su permiso para usar sus respuestas para mejorar las clases.

¡Muchas gracias por su sinceridad!

Por favor, marca con una "X" la opción que mejor represente tu opinión en cada pregunta:

1. ¿Cuál es tu género? *

- Femenino
- Masculino
- Prefiero no decirlo

2. ¿Qué tan a menudo disfrutas las clases de matemáticas? *

- Siempre
- Casi siempre
- A menudo
- Casi nunca
- Nunca

3. Antes de las actividades STEAM realizadas en clase (Spheros in the number line, Design a rollercoaster, Drawing mandalas, James Webb telescope), ¿qué tan divertido te parecía aprender matemáticas?

- Muy divertido
- Divertido
- Neutral
- Poco divertido
- Nada divertido

4. ¿Qué tan confiado te sientes en tu habilidad para resolver problemas de matemáticas?

- Muy confiado
- Confiado
- Algo confiado
- Poco confiado
- Nada confiado

5. ¿Qué tipo de actividades te gustaría hacer más en clase de matemáticas? (Puedes seleccionar más de una opción)

- Resolver problemas
- Trabajar en grupo
- Usar la computadora
- Hacer proyectos con materiales en el Media Lab
- Jugar juegos de matemáticas
- Otro: _____

Sección: Using Spheros to explore distance in the number line

6. ¿Qué tan interesante fue usar el Sphero en matemáticas?

- Muy interesante
- Interesante
- Neutral
- Poco interesante
- Nada interesante

7. ¿Te ayudó el Sphero a entender mejor cómo medir distancias y usar la línea numérica?

- Sí, mucho
- Sí, un poco
- No mucho
- Para nada

8. ¿Qué fue lo que más te gustó de usar el Sphero en clase?

Respuesta abierta:

Sección: Art Design Using the Circumference

9. ¿Qué tan creativo te sentiste al hacer arte con circunferencias?

- Muy creativo
- Creativo
- Neutral
- Poco creativo
- Nada creativo

10. ¿Crees que esta actividad te ayudó a entender mejor qué son los círculos y sus propiedades?

- Sí, mucho
- Sí, un poco
- No mucho
- Para nada

11. ¿Qué fue lo más desafiante o lo que menos te gustó de esta actividad?

Respuesta abierta: _____

Sección: Construir un modelo del Telescopio James Webb usando geometría

12. ¿Qué tan difícil fue construir el modelo del Telescopio James Webb?

- Muy difícil
- Difícil
- Normal
- Fácil

- Muy fácil

13. ¿Esta actividad te hizo pensar en cómo se usa la geometría en el mundo real (como en la ingeniería o el espacio)?

- Sí, mucho
- Sí, un poco
- No mucho
- Para nada

14. ¿Qué aprendiste sobre geometría o sobre el Telescopio James Webb que antes no sabías?

Respuesta

abierta:

Sección: Impacto general y habilidades

15. ¿Qué tan de acuerdo estás con la siguiente frase? "Las actividades STEAM me hicieron sentir más motivado para aprender matemáticas."

- Muy de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

16. ¿Crees que estas actividades te ayudaron a pensar de forma más creativa o a buscar diferentes maneras de resolver un problema?

- Sí, mucho
- Sí, un poco
- No mucho
- Para nada

17. ¿Crees que estas actividades te ayudaron a analizar problemas y a decidir cuál es la mejor solución?

- Sí, mucho
- Sí, un poco
- No mucho
- Para nada

18. ¿Pudiste trabajar bien en equipo y compartir ideas durante las actividades?

- Sí, siempre
- Sí, a veces
- No mucho
- Nada

19. ¿Cuál de estas actividades te pareció más útil para entender conceptos matemáticos?

- Usar Spheros
- Crear arte con circunferencias
- Construir el modelo del Telescopio James Webb
- Todas por igual
- Ninguna

20. ¿Qué te gustaría que hiciéramos diferente en futuras actividades STEAM de matemáticas?

Respuesta abierta:

21. ¿Hay algo más que quieras compartir sobre tu experiencia en estas actividades STEAM en matemáticas?

Respuesta abierta:



Grade Report

Grade 6

Term: Winter 2024-2025
District: Colegio Interamericano Guatemala
School: Colegio Interamericano

Norms Reference Data: 2020 Norms.
Weeks of Instruction: 20 (Winter 2025)
Grouping: None
Small Group Display: No

Math: Math K-12

Growth: Math 6+ CCSS 2010 1.1 / Common Core State Standards Mathematics: 2010

Summary	
Total Number of Students With Valid Growth Scores	107
Mean RIT Score	217.1
Standard Deviation	11.9
District Grade-Level Mean RIT	217.1
Students At or Above District Grade-Level Mean RIT	55
Grade-Level Mean RIT	219.6
Students At or Above Grade-Level Mean RIT	47

Overall Performance	Lo %ile < 21		LoAvg %ile 21-40		Avg %ile 41-60		HiAvg %ile 61-80		Hi %ile > 80		Mean RIT Score (+/- Smp Err)	Std Dev
	count	%	count	%	count	%	count	%	count	%		
Growth: Math 6+ CCSS 2010 1.1 / Common Core State Standards Mathematics: 2010	17	16%	30	28%	39	36%	15	14%	6	6%	216-217-218	11.9
Instructional Area RIT Range												
Operations and Algebraic Thinking	14	13%	37	35%	29	27%	20	19%	7	7%	216-217-218	12.2
The Real and Complex Number Systems	27	25%	23	21%	26	24%	23	21%	8	7%	215-217-218	15.5
Geometry	13	12%	33	31%	25	23%	24	22%	12	11%	218-220-221	13.6
Statistics and Probability	30	28%	29	27%	20	19%	22	21%	6	6%	212-214-216	16.7

Explanatory Notes

Tests shown in gray are excluded from summary statistics. Either the test occurred outside the testing window for a term, had an invalid score, or was a repeat test for a student within a term.
 Test Invalidation Reasons: ***1 The test duration was too short to provide a valid result. ***2 The overall RIT score for this test is above the valid range. ***3 The overall RIT score for this test is below the valid range.
 ***4 The standard error for this test is below acceptable limits. ***5 The standard error for this test is above acceptable limits. ***6 The test has been identified as invalid. ***7 High level of rapid guessing has invalidated test.
 Due to statistical unreliability, summary data for groups of less than 10 are not shown.
 * This data is not available for reporting. Please refer to help and documentation for more information.



Grade Report

Grade 6

Term: Spring 2024-2025
 District: Colegio Interamericano Guatemala
 School: Colegio Interamericano

Norms Reference Data: 2020 Norms.
 Weeks of Instruction: 32 (Spring 2025)
 Grouping: None
 Small Group Display: No

Math: Math K-12

Growth: Math 6+ CCSS 2010 1.1 / Common Core State Standards Mathematics: 2010

Summary	
Total Number of Students With Valid Growth Scores	105
Mean RIT Score	220.9
Standard Deviation	13.7
District Grade-Level Mean RIT	*
Students At or Above District Grade-Level Mean RIT	*
Grade-Level Mean RIT	222.9
Students At or Above Grade-Level Mean RIT	47

	Lo %ile < 21		LoAvg %ile 21-40		Avg %ile 41-60		HiAvg %ile 61-80		Hi %ile > 80		Mean RIT Score (+/- Smp Err)	Std Dev
	count	%	count	%	count	%	count	%	count	%		
Overall Performance												
Growth: Math 6+ CCSS 2010 1.1 / Common Core State Standards Mathematics: 2010	16	15%	34	32%	24	23%	22	21%	9	9%	220-221-222	13.7
Instructional Area RIT Range												
Operations and Algebraic Thinking	19	18%	30	29%	17	16%	29	28%	10	10%	220-222-224	16.2
The Real and Complex Number Systems	18	17%	25	24%	26	25%	24	23%	12	11%	221-222-224	15.4
Geometry	17	16%	31	30%	30	29%	15	14%	12	11%	220-221-223	15.1
Statistics and Probability	31	30%	25	24%	17	16%	24	23%	8	8%	215-217-219	17.3

Explanatory Notes

Tests shown in gray are excluded from summary statistics. Either the test occurred outside the testing window for a term, had an invalid score, or was a repeat test for a student within a term.

Test Invalidation Reasons: ***1 The test duration was too short to provide a valid result. ***2 The overall RIT score for this test is above the valid range. ***3 The overall RIT score for this test is below the valid range.

***4 The standard error for this test is below acceptable limits. ***5 The standard error for this test is above acceptable limits. ***6 The test has been identified as invalid. ***7 High level of rapid guessing has invalidated test.

Due to statistical unreliability, summary data for groups of less than 10 are not shown.

* This data is not available for reporting. Please refer to help and documentation for more information.

Generated by: Sonia Davila
 5/24/25, 10:37:35 AM

CONFIDENTIALITY NOTICE: This information may be confidential and legally protected from disclosure.
 © HMH 2025. MAP is a registered trademark. HMH, MAP Growth and MAP Skills are trademarks of HMH in the U.S. and in other countries.
 © Copyright 2010. National Governors Association Center for Best Practices and Council of Chief State School Officers. All rights reserved.



Anexo G: Comentarios de los Alumnos sobre STEAM

A continuación se presentan las respuestas de los alumnos a la pregunta: "**¿Qué es STEAM para ti?**"

- **Ana:** In my opinion a STEAM activity is only when you're using your imagination, creativity, intelligence, knowledge, and brain for the activity you're doing. So it kind of depends more on the person than the activity, at least in my opinion.
- **Daniel:** To use material that has to do with Science Technology Engineering Art and Math.
- **Emilio:** A STEAM activity is a fun project where you do cool stuff with science, technology, engineering, art, and math all mixed together!
- **Enrique:** Is a hands-on learning experience that integrates these subjects to encourage problem solving, creativity and critical thinking.
- **Felipe:** Is an activity with many subjects.
- **Ha Won:** STEAM activity looks like making experiments and working together to make a creative project. It looks like combining science, technology, engineering, arts, and math together to make your own idea.
- **Haesung:** A STEAM activity is a fun project that mixes Science, Technology, Engineering, Arts, and Math. For example, you might build a bridge from spaghetti, create a robot, or make a colorful art piece using math patterns.
- **Joaquin:** So, we can practice tech, art, math and engineering like the comics we did.
- **Lena:** I think it looks like something you do to help the people.
- **Martín:** To use material that has to do with science, technology, engineering, art and math.
- **Melany:** They combine science, technology, engineering, art, and math to help you think better and solve problems.
- **Naiara:** A STEAM activity is an activity that has to do with science, technology, math and more.

- **Rodrigo:** It is an activity that has/includes math, science, tech, engineering and art.
- **Santiago:** A STEAM activity is a fun activity that requires creativity, science, technology, engineering, art and math.
- **Yasmin:** S – Science, T – Technology, E – Engineering, A – Art, M – Math.

Anexo H: Reflexiones de los alumnos sobre el arte y la matemática

A continuación, las reflexiones de los alumnos sobre la actividad de arte con circunferencias:

Agustina: "Creating a rosette helped me see how math and art are connected in beautiful ways. I used geometric shapes, patterns, and symmetry to design my rosette so this made me realize that math is not just numbers and that it is also art. The careful measurements and repeating patterns brought literally the artwork to life showing me that math can be an important part of art."

Emma: "Math and art are connected. This is because in art we use math even if we don't notice. It's like using protractors or the compass to do circles, and most of these tools have numbers, just like in math! When we made the rosette we used math because we calculated each circle with the compass. To sum up, making the rosette made me see that math can be artistic and fun even if your point of view is not like that."

Anne: "Well math is used in a lot of art. Like geometry—artists use geometry to make their shapes and to order the drawing or painting. In art you also use measurement: artists use measurement to have their exact drawing and for all the shapes to be in the same measurement and numbers. And all of this is used in a rosette to make the structure, to make the little drawing, and make the little shapes. :)"

Ian: "They both connect because by doing art—for example a painting—you need a measurement and that's one thing you use math in art. Also, like in architecture, when you are designing a house you need to make a line,

for example of 4 cm, and all of the measurements of the house need to have a measurement. So in architecture you use math and art at the same time. And they could also be connected by patterns, symmetry, icons and more. So those were examples of how both math and art are used and connected."

Mathias P: "Art is math because we have to use measurements for calculating the length and height that we need. Geometry is also math because of patterns and algebra. When I made a rosette it helped me realize that art and math have many things in common. I had to measure how long and how tall each shape was."

Mattia: "At first I did not think math and art connected. After we did the rosette I realized why math and art are connected. When you do art you need measurements like 4 cm, 6 cm, 7 inches, etc. With some things in art you have to use math to be able to do them."

Rachel: "Math and art both connect in many different ways. Some of them are angles, which you use in both art and math. In our rosette project, we used many different angles and shapes to create art using math."

Jose: "In art you can relate math by many reasons, like you need a perfect 12 cm—you can use a ruler to measure it and have a perfect shape. Another reason you can use math in art is because there is a certain painting style where you only use shapes, and if you're doing a square, you need a perfect angle and you need to calculate the 90 degrees. And even in music we use math because if you need to sing on the piano like 5 notes, you already used numbers. So in conclusion we use math in lots of things like in art."

Christa: "Art and math have things in common like, for example, the rosette helped me realize that the shapes, measurements, angles, numbers, and rulers are in both. The rosette helped me to see math with other eyes and like art is an awesome way to express our feelings. And also i love art and math. So yes I think to do art and math can help us to realize a lot of things and to do perfectionist projects."

Mathilde: "Math has a lot to do with art because math is perfect and if we do art, it's perfect too. To do a rosette we needed to make it perfect, so we used math and calculations to make it perfect. Another example is in music. In music (that is art too) we need to calculate the exact time of the pulse—like the heart of the music. So that is

why we need to calculate to have art pretty. Art is in everything—it comes to medicine and even to astrology and astronomy."