

Relationship between STEAM methodology and the learning of differential equations: a correlational study in Calculus III students

Mendoza Arenas, Ruben Dario, Doctor¹; Morales Chalco, Osmart Raúl, Doctor¹; Mariluz Jimenez, Ivo Wilfredo, Magister¹; La Chira Loli, Mónica Beatriz, Doctora²; Holgado Quispe, Ana María, Doctora³; Arbañil Rivadeneira, Ruben Orlando, Magister¹; Castillo Paredes, Omar Tupac Amaru, Magister¹; ¹Universidad Nacional del Callao, Perú, rdmendozaa@unac.edu.pe, ormoralese@unac.edu.pe, iwmariluzj@unac.edu.pe, roarbanilr@unac.edu.pe, otacastillop@unac.edu.pe, ²Universidad Autónoma del Perú, Perú, monica.lachira@autonoma.pe, ³Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú, aholgadoq@unfv.edu.pe.

Abstract-*This study aimed to determine the relationship between the STEAM methodology and the learning of differential equations in Calculus III students at FIIS-UNAC, 2025. An applied quantitative investigation with a non-experimental, correlational and cross-sectional design was conducted, using a census sample of 30 students. A Likert-type questionnaire on STEAM methodology and a differential equations learning test were administered, both validated by expert judgment and showing high reliability. Because the data did not follow a normal distribution (Shapiro–Wilk), Spearman’s Rho was used. The findings revealed very strong positive correlations between STEAM and learning ($\rho = 0,972$; $p < 0,001$), as well as with academic performance, conceptual understanding and practical application in this group of future engineers within an engineering faculty, thereby confirming the proposed hypotheses.*

Keywords: *STEAM methodology, differential equations, academic performance, conceptual understanding, practical application*

Relación entre la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales: estudio correlacional en estudiantes de Cálculo III

Resumen—El estudio tuvo como objetivo determinar la relación entre la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en estudiantes de Cálculo III de la FIIS-UNAC, 2025. Se realizó una investigación cuantitativa con diseño no experimental, correlacional y transversal, trabajando con una muestra censal de 30 estudiantes. Se utilizaron un cuestionario Likert sobre metodología STEAM y una prueba de aprendizaje de ecuaciones diferenciales, ambos validados por juicio de expertos y con alta confiabilidad. Debido a la no normalidad de los datos (Shapiro–Wilk), se aplicó el coeficiente Rho de Spearman. Los resultados evidenciaron correlaciones directas muy fuertes entre STEAM y el aprendizaje ($\rho = 0,972$; $p < 0,001$), así como con el rendimiento académico, la comprensión conceptual y la aplicación práctica, respaldando las hipótesis planteadas.

Palabras clave: Metodología STEAM, ecuaciones diferenciales, rendimiento académico, comprensión conceptual, aplicación práctica

I. INTRODUCCIÓN

El dominio de las ecuaciones diferenciales es clave en la formación de ingenieros, pues permite modelar y analizar fenómenos físicos, biológicos y económicos que sustentan la práctica profesional [1, 2]. Sin embargo, diversos estudios señalan que estos contenidos suelen generar dificultades persistentes en estudiantes de ingeniería, asociadas a un aprendizaje fragmentado, centrado en la repetición de procedimientos y con escasa conexión con problemas reales [3, 4].

En paralelo, los enfoques STEM y STEAM se han consolidado como marcos que integran ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas para abordar problemas auténticos mediante proyectos interdisciplinarios y actividades de indagación [5, 6, 7]. La literatura reporta que la metodología STEAM favorece el compromiso, la motivación, el pensamiento crítico y la creatividad, al situar al estudiante en escenarios donde debe investigar, diseñar y tomar decisiones fundamentadas [8, 9, 10, 11]. En matemáticas, su uso se ha asociado a mejoras en la comprensión conceptual y en el rendimiento cuando se trabaja con proyectos, modelación y recursos digitales [12, 13].

En la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao (FIIS-UNAC) se observan dificultades en el aprendizaje de las ecuaciones diferenciales en los primeros ciclos, expresadas en bajos niveles de desempeño, desmotivación y dificultades para vincular los contenidos con aplicaciones de la ingeniería. Aunque se han dado pasos iniciales en el uso de plataformas y software matemático, aún predomina una enseñanza tradicional, centrada en la exposición magistral y la resolución rutinaria de ejercicios, con limitada integración de proyectos STEAM, trabajo interdisciplinario y experiencias de modelización [4, 14].

En este contexto, la metodología STEAM —al integrar tecnología, creatividad y enfoque interdisciplinario— se presenta como una alternativa para potenciar el aprendizaje de ecuaciones diferenciales, articulando modelos y simulaciones con problemas reales de la ingeniería [11, 3]. Estudios con GeoGebra y otros recursos tecnológicos muestran mejoras significativas en el rendimiento y la comprensión de funciones y modelación matemática [15, 16, 17], lo que sugiere que una implementación sistemática de STEAM podría tener efectos similares en el campo de las ecuaciones diferenciales.

A. Problema general

¿Existe una relación significativa entre la implementación de la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en los estudiantes de Cálculo III de la FIIS-UNAC?

B. Problemas específicos

- ¿Qué relación existe entre el uso de herramientas tecnológicas en la metodología STEAM y el rendimiento académico en la resolución de ecuaciones diferenciales?
- ¿Cómo se relaciona la creatividad aplicada en la metodología STEAM con la comprensión conceptual de las ecuaciones diferenciales?
- ¿Cuál es la relación entre el enfoque interdisciplinario de STEAM y la capacidad de los estudiantes para aplicar ecuaciones diferenciales en problemas reales?

C. Objetivo general

Determinar la relación entre la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en los estudiantes de Cálculo III de la FIIS-UNAC en el año 2025.

D. Objetivos específicos

- Analizar la relación entre el uso de herramientas tecnológicas en la metodología STEAM y el rendimiento académico de los estudiantes en la resolución de ecuaciones diferenciales.
- Explorar la relación entre la creatividad aplicada en la metodología STEAM y la comprensión conceptual de las ecuaciones diferenciales por parte de los estudiantes.
- Evaluar la relación entre el enfoque interdisciplinario de STEAM y la capacidad de los estudiantes para aplicar ecuaciones diferenciales en problemas del mundo real.

La metodología STEAM se concibe como un enfoque pedagógico que integra Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas en torno a proyectos y problemas auténticos, con énfasis en la creatividad, la colaboración y la aplicación práctica del conocimiento [6, 7]. Desde esta perspectiva, STEAM favorece la construcción de aprendizajes significativos, al conectar los contenidos disciplinares con desafíos reales y al promover el uso de herramientas tecnológicas y representaciones múltiples [8, 9, 10].

En educación superior, especialmente en ingeniería, diversas experiencias muestran que la incorporación de proyectos STEAM mejora el desarrollo de competencias STEM, la modelación matemática y la resolución de problemas complejos [11, 13]. Estos enfoques se alinean con la necesidad de formar profesionales capaces de integrar saberes, utilizar tecnologías y trabajar colaborativamente en contextos inciertos.

Por su parte, las ecuaciones diferenciales constituyen un eje fundamental en la formación del ingeniero, al permitir describir la dinámica de sistemas físicos, biológicos y económicos [1, 2]. No obstante, su enseñanza suele centrarse en técnicas de solución, con poca atención a la comprensión conceptual y a la modelación de situaciones reales [3]. En este sentido, la integración de software como GeoGebra y otros entornos de simulación ha mostrado impacto positivo en el aprendizaje de funciones, cálculo y modelación matemática [15, 16, 17].

Desde la perspectiva sociocultural, el aprendizaje se potencia cuando el estudiante participa en actividades significativas mediadas por herramientas culturales y en interacción con otros [18]. La metodología STEAM encaja en este enfoque al proponer tareas retadoras, colaborativas y contextualizadas, en las que el estudiante debe coordinar conceptos, procedimientos y actitudes para elaborar soluciones. Este marco se complementa con planteamientos sobre metodologías activas y evaluación auténtica en educación superior [14, 12, 5].

En términos metodológicos, la investigación se inscribe en la tradición cuantitativa, no experimental y correlacional, común en estudios que analizan la relación entre variables didácticas y resultados de aprendizaje [19, 20]. El uso del coeficiente Rho de Spearman es adecuado cuando las variables se miden en escalas ordinales o los datos no cumplen supuestos de normalidad, como suele ocurrir en estudios con cuestionarios Likert y muestras pequeñas [20].

Variable 1: Metodología STEAM y sus dimensiones

La metodología STEAM se entiende hoy como un enfoque educativo que articula cinco campos —ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas— para que el estudiante aborde problemas reales a través de proyectos y experiencias interdisciplinarias. A diferencia de una enseñanza fragmentada por asignaturas, STEAM busca que el alumnado integre saberes, investigue, diseñe y comunique soluciones con sentido en su contexto [5, 21, 7].

La metodología STEAM también se vincula con el aprendizaje colaborativo, debido a que promueve la interacción entre estudiantes, la construcción conjunta de soluciones, la discusión

de estrategias y la integración de saberes desde distintas áreas. Desde esta perspectiva, el trabajo en proyectos permite que los estudiantes aprendan mediante la cooperación, la argumentación y la resolución compartida de problemas, aspectos que fortalecen el aprendizaje significativo en contextos de educación superior [23].

Este enfoque dialoga con perspectivas constructivistas y socioculturales: el aprendizaje se concibe como un proceso activo, donde el estudiante construye significados al interactuar con situaciones retadoras, herramientas culturales (software, simulaciones, representaciones visuales) y otros actores (docente y compañeros) [22, 18, 23]. En educación universitaria, se ha documentado que los proyectos STEAM fortalecen competencias STEM, la resolución de problemas y la capacidad de modelar situaciones complejas en carreras de ingeniería [11, 8, 9].

En este estudio, la metodología STEAM se organiza en tres dimensiones de análisis: uso de tecnología, creatividad aplicada y enfoque interdisciplinario.

Uso de tecnología

El uso de tecnología alude a la incorporación sistemática y con intención pedagógica de herramientas digitales en el proceso de enseñanza-aprendizaje: software de cálculo y simulación (por ejemplo, GeoGebra, Matlab), plataformas virtuales, calculadoras gráficas o aplicaciones interactivas. No se trata solo de “poner computadoras en el aula”, sino de emplear estas herramientas para explorar soluciones, modificar parámetros, visualizar comportamientos y validar conjeturas sobre sistemas dinámicos. Diversos estudios muestran que el uso de software especializado favorece la comprensión de las ecuaciones diferenciales y la modelación de fenómenos, pues permite conectar las soluciones simbólicas con representaciones gráficas y numéricas [3, 17]. En experiencias con GeoGebra se reportan mejoras en el razonamiento matemático y en el rendimiento cuando se trabajan funciones y modelos en contextos auténticos [15].

Creatividad aplicada

La creatividad aplicada se refiere a la capacidad de los estudiantes para generar ideas originales, plantear estrategias no rutinarias y producir representaciones novedosas de sus resultados (informes, gráficos, presentaciones, simulaciones, infografías, etc.). La inclusión de las artes en STEAM precisamente busca abrir espacio para el pensamiento divergente, la exploración y la expresión creativa en contextos científicos y tecnológicos [21, 24]. En este sentido, la creatividad aplicada se relaciona con el pensamiento divergente, pues favorece la generación de distintas rutas de solución, la exploración de representaciones alternativas y la búsqueda de respuestas no rutinarias frente a problemas matemáticos. Esta relación resulta pertinente en el aprendizaje de ecuaciones diferenciales, donde un mismo fenómeno puede abordarse mediante procedimientos analíticos, gráficos, numéricos o computacionales. En el ámbito matemático, esta creatividad se hace visible cuando el estudiante no se limita a repetir algoritmos, sino que explora rutas alternativas de solución, emplea distintas representaciones (algebraica, gráfica, numérica, verbal) y propone maneras propias de explicar y comunicar sus hallazgos. La evidencia sugiere que este tipo de experiencias favorece

una comprensión más profunda de los conceptos y una actitud más activa frente al aprendizaje matemático [12, 8].

Enfoque interdisciplinario

El enfoque interdisciplinario recoge el grado en que se integran contenidos, métodos y perspectivas de varias disciplinas para abordar un mismo problema. En STEAM, esto se traduce en proyectos donde las ecuaciones diferenciales se vinculan con fenómenos de física, biología, economía o ingeniería; la tecnología apoya la simulación y visualización; y el arte contribuye a la comunicación clara y significativa de los resultados [7, 11].

La investigación muestra que este tipo de experiencias interdisciplinarias fortalece la capacidad de transferir el conocimiento matemático a situaciones del mundo real, aspecto clave en la formación de ingenieros [8, 9]. Al trabajar con problemas integrados, los estudiantes comprenden mejor para qué sirve lo que aprenden y desarrollan una mirada más sistémica de los fenómenos.

El enfoque interdisciplinario se operacionaliza mediante indicadores como el nivel de integración de conceptos de otras áreas en los proyectos y la frecuencia con que se modelan situaciones reales de la ingeniería usando ecuaciones diferenciales.

En el presente estudio, el aprendizaje de ecuaciones diferenciales no se entiende únicamente como la resolución mecánica de ejercicios, sino como un proceso más amplio que integra la comprensión conceptual, la selección adecuada de métodos de solución, la interpretación de resultados y la aplicación de modelos diferenciales en situaciones vinculadas con la ingeniería. Por ello, la resolución de problemas constituye una dimensión relevante del aprendizaje, pero no agota el significado de la variable analizada.

Variable 2: Aprendizaje de ecuaciones diferenciales y sus dimensiones

El aprendizaje de ecuaciones diferenciales se concibe como el proceso mediante el cual los estudiantes desarrollan la capacidad de comprender, formular, resolver e interpretar ecuaciones que describen cambios en el tiempo u otras variables. No se restringe a manejar técnicas de solución, sino que incluye entender qué representa la ecuación, cómo se construye el modelo y qué significado tiene la solución en el contexto del problema [1, 2].

En la formación de ingenieros, las ecuaciones diferenciales permiten estudiar sistemas de control, procesos industriales, fenómenos de transporte, crecimiento poblacional, entre otros. De ahí que se considere un contenido estratégico para el desarrollo de competencias de modelación y análisis en ingeniería [2, 11, 3].

En esta investigación, el aprendizaje de ecuaciones diferenciales se estructura en tres dimensiones: rendimiento académico, comprensión conceptual y aplicación práctica.

Rendimiento académico

El rendimiento académico recoge los resultados que obtienen los estudiantes en evaluaciones formales relacionadas con ecuaciones diferenciales: exámenes, pruebas, prácticas calificadas, etc. Esta dimensión refleja principalmente el dominio procedimental: selección adecuada de métodos de solución, corrección en los cálculos y cumplimiento de los requisitos de cada

ejercicio.

La literatura señala que el rendimiento se ve influido por la metodología empleada, el nivel de motivación y las estrategias de estudio, por lo que cambios en la propuesta didáctica —como la incorporación de actividades STEAM— pueden repercutir en esta dimensión [14, 19].

En el instrumento de investigación, esta dimensión se expresa a través de indicadores como el porcentaje de ejercicios resueltos correctamente y la precisión en la aplicación de métodos analíticos y numéricos de solución.

Comprensión conceptual

La comprensión conceptual hace referencia a la claridad con que el estudiante entiende las ideas que están detrás de las ecuaciones diferenciales: qué es una ecuación diferencial, cómo se clasifica, qué papel cumplen el orden, la linealidad, las condiciones iniciales o de frontera, y cómo se interpreta una solución general y particular.

Autores como [1] y [2] subrayan que esta comprensión es esencial para que el estudiante pueda adaptarse a nuevos tipos de problemas y no dependa solo de “recetas” aprendidas. Un estudiante con buena comprensión conceptual puede explicar por qué escoge cierto método, qué significa la solución obtenida y cómo cambia el comportamiento del sistema si se modifican parámetros.

Aplicación práctica

La aplicación práctica se centra en la capacidad de utilizar las ecuaciones diferenciales para modelar e interpretar fenómenos del mundo real. Implica traducir una situación concreta (por ejemplo, el enfriamiento de un cuerpo, el crecimiento de una población o la descarga de un condensador) a un modelo con ecuaciones diferenciales, resolverlo y analizar el significado de la solución en el contexto del problema [1, 11].

Este tipo de aplicación es clave para la formación profesional, porque conecta directamente las matemáticas con la práctica de la ingeniería. Estudios con proyectos de modelación en contextos STEAM muestran que, cuando los estudiantes trabajan con situaciones auténticas apoyados en tecnologías y trabajo colaborativo, mejoran su capacidad para interpretar soluciones y justificar decisiones técnicas [11, 3].

F. Hipótesis general

Existe una relación significativa entre la implementación de la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en los estudiantes de Cálculo III de la FIIS-UNAC.

G. Hipótesis específicas

- Existe una relación significativa entre la implementación de la metodología STEAM y el rendimiento académico en ecuaciones diferenciales.
- Existe una relación significativa entre la implementación de la metodología STEAM y la comprensión conceptual de las ecuaciones diferenciales.

- Existe una relación significativa entre la implementación de la metodología STEAM y la aplicación práctica de las ecuaciones diferenciales en problemas reales.

H. Hipótesis nulas

Hipótesis nula general: No existe relación significativa entre la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales en los estudiantes de Cálculo III de la FIIS-UNAC.

Hipótesis nula específicas:

- No existe relación significativa entre la metodología STEAM y el rendimiento académico en ecuaciones diferenciales.
- No existe relación significativa entre la metodología STEAM y la comprensión conceptual de las ecuaciones diferenciales.
- No existe relación significativa entre la metodología STEAM y la aplicación práctica de las ecuaciones diferenciales en problemas reales.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo aplicada, ya que se orientó a aportar soluciones a un problema concreto de enseñanza-aprendizaje en un contexto universitario específico [19, 20]. Se adoptó un enfoque cuantitativo con diseño no experimental, correlacional y de corte transversal. Es no experimental porque las variables Metodología STEAM y Aprendizaje de ecuaciones diferenciales no fueron manipuladas, sino observadas en su contexto natural. Es correlacional porque se buscó determinar el grado de relación entre ambas variables y sus dimensiones, sin establecer causalidad. Es transversal porque la recolección de datos se realizó en un solo momento del tiempo mediante la aplicación simultánea de los instrumentos [19].

B. Población y muestra

La población estuvo conformada por los estudiantes matriculados en la asignatura de Cálculo III de la FIIS-UNAC durante el semestre académico 2025-I. Debido al tamaño reducido del grupo y al interés en captar la totalidad de la experiencia, se trabajó con una muestra censal de 30 estudiantes que cumplieran los criterios de asistencia regular y aceptación voluntaria para participar en el estudio.

C. Variables e instrumentos

La variable independiente, **Metodología STEAM**, se operacionalizó mediante un cuestionario tipo Likert de 18 ítems, agrupados en tres dimensiones:

- **Uso de tecnología:** integración de herramientas digitales (software matemático, simuladores, plataformas) en las actividades del curso.

- **Creatividad aplicada:** capacidad evidenciada por los estudiantes para proponer estrategias alternativas, representar soluciones de manera diversa y elaborar productos académicos vinculados con la modelación y solución de ecuaciones diferenciales.

- **Enfoque interdisciplinario:** articulación de contenidos matemáticos con otras áreas de la ingeniería, el arte y la ciencia en proyectos y problemas auténticos.

Cada ítem se respondió en una escala de 1 (nunca) a 5 (siempre), tomando como referencia estudios previos sobre STEAM en educación superior [12, 8, 9].

La variable dependiente, **Aprendizaje de ecuaciones diferenciales**, se midió mediante una prueba de 10 ítems que consideró tres dimensiones:

- **Rendimiento académico:** desempeño evidenciado por los estudiantes en la resolución de ejercicios y problemas de ecuaciones diferenciales, considerando el manejo de conocimientos previos, la selección de métodos de solución y la precisión en los procedimientos analíticos.
- **Comprensión conceptual:** dominio de conceptos clave (ecuación diferencial, solución general, condiciones iniciales, estabilidad, etc.) y capacidad para interpretarlos.
- **Aplicación práctica:** formulación y análisis de modelos sencillos de ecuaciones diferenciales en contextos reales vinculados a la ingeniería [2, 3, 11].

Cabe precisar que la dimensión rendimiento académico se expresa principalmente mediante calificaciones obtenidas en ejercicios y problemas de ecuaciones diferenciales; por tanto, no representa por sí sola una evaluación integral del aprendizaje, sino un indicador específico del desempeño académico dentro de la variable dependiente.

Ambos instrumentos fueron sometidos a validez de contenido mediante juicio de expertos en didáctica de la matemática y metodología de la investigación. La confiabilidad se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach, obteniéndose valores superiores a 0,90 tanto para el cuestionario STEAM como para la prueba de aprendizaje, lo que indica una consistencia interna muy alta [19].

Si bien los instrumentos presentan diferente número de ítems, ello responde a la naturaleza de cada variable. La metodología STEAM fue medida mediante un cuestionario Likert de percepción con tres dimensiones, lo que requirió mayor número de ítems para recoger la frecuencia y valoración de las experiencias didácticas. En cambio, el aprendizaje de ecuaciones diferenciales fue evaluado mediante una prueba estructurada de 10 ítems, orientada a evidenciar desempeño académico, comprensión conceptual y aplicación práctica. Por esta razón, el análisis se realizó mediante puntajes globales y dimensiones estandarizadas, evitando comparar directamente el número bruto de ítems entre instrumentos.

D. Procedimiento

La aplicación de los instrumentos se realizó al finalizar un bloque de trabajo en el que se habían desarrollado actividades alineadas con la metodología STEAM, tales como proyectos de modelación, uso de GeoGebra y otros recursos digitales, y resolución colaborativa de problemas vinculados a la ingeniería [15, 17]. Previamente se explicó a los estudiantes los objetivos del estudio, se solicitó su consentimiento informado y se garantizó la confidencialidad y anonimato de la información.

E. Análisis de datos

Los datos se procesaron con un paquete estadístico. Se calcularon medidas de tendencia central y dispersión para las puntuaciones globales y por dimensiones de ambas variables. Para verificar el supuesto de normalidad se utilizó la prueba de Shapiro–Wilk, recomendada para muestras pequeñas [20]. Los resultados evidenciaron que ninguna de las variables seguía una distribución normal ($p < 0,05$), por lo que se optó por utilizar el coeficiente de correlación Rho de Spearman, adecuado para datos ordinales o no normales. Se estimaron correlaciones entre la puntuación global de STEAM y el aprendizaje global de ecuaciones diferenciales, así como entre STEAM y cada una de las dimensiones de la variable dependiente (rendimiento, comprensión conceptual y aplicación práctica). Se trabajó con un nivel de significancia de 0,05.

III. RESULTADOS

En primer lugar, los análisis descriptivos mostraron que los estudiantes perciben un nivel moderado-alto de implementación de la metodología STEAM en el curso de Cálculo III. Las puntuaciones medias se situaron por encima del punto medio de la escala Likert, con ligeras ventajas en las dimensiones de creatividad aplicada y enfoque interdisciplinario, lo que sugiere la presencia de proyectos y actividades que integran varias disciplinas y demandan soluciones originales [12, 8].

En cuanto al aprendizaje de ecuaciones diferenciales, los resultados también se ubicaron en un rango moderado-alto. La dimensión de rendimiento académico presentó puntuaciones más elevadas, asociadas a la resolución correcta de ejercicios procedimentales, mientras que las dimensiones de comprensión conceptual y aplicación práctica mostraron valores ligeramente menores, evidenciando la necesidad de seguir profundizando en el significado y uso de los conceptos en escenarios reales [1, 2, 3].

Respecto a la prueba de normalidad, el Shapiro–Wilk indicó que tanto la metodología STEAM como el aprendizaje global y sus dimensiones no seguían una distribución normal ($p < 0,05$), por lo que se descartó el uso de coeficientes paramétricos como Pearson y se empleó el Rho de Spearman.

Los resultados de correlación mostraron que:

- Entre la metodología STEAM (global) y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales (global) se obtuvo un coeficiente $\rho = 0,972$ con $p < 0,001$, lo que indica una correlación directa muy fuerte.

- Entre STEAM y el rendimiento académico, la correlación fue $\rho = 0,935$ con $p < 0,001$, también de magnitud muy fuerte y positiva.
- Entre STEAM y la comprensión conceptual, se halló $\rho = 0,901$ con $p < 0,001$, lo que representa una correlación directa muy fuerte.
- Entre STEAM y la aplicación práctica, el coeficiente alcanzó $\rho = 0,954$ con $p < 0,001$, igualmente una correlación directa muy fuerte.

En todos los casos, los valores de ρ se ubican en el rango de 0,90 a 1,00, considerado como correlación muy fuerte, y los valores p son inferiores a 0,05, por lo que se rechazan las hipótesis nulas de ausencia de relación y se aceptan las hipótesis de investigación.

Antes de realizar el análisis de normalidad y correlación, se calcularon los estadísticos descriptivos correspondientes al cuestionario de metodología STEAM. Esta tabla permite observar el comportamiento general de la variable independiente y de sus dimensiones: uso de tecnología, creatividad aplicada y enfoque interdisciplinario. Los resultados se presentan según la escala Likert de 1 a 5, considerando los valores mínimos, máximos y medias obtenidas por dimensión.

TABLA I: Resultados descriptivos del cuestionario de metodología STEAM

Dimensión	N	Mínimo	Máximo	Media	Interpretación
Uso de tecnología	30	1	5	4,12	Nivel alto
Creatividad aplicada	30	1	5	4,18	Nivel alto
Enfoque interdisciplinario	30	1	5	4,15	Nivel alto
Metodología STEAM global	30	1	5	4,15	Nivel alto

Los resultados muestran que la percepción de los estudiantes sobre la metodología STEAM se ubica en un nivel moderado-alto o alto. Las dimensiones uso de tecnología, creatividad aplicada y enfoque interdisciplinario presentan medias superiores al punto medio de la escala, lo que indica una valoración favorable de las actividades STEAM desarrolladas en el curso de Cálculo III.

Asimismo, se calcularon los estadísticos descriptivos de la prueba de aprendizaje de ecuaciones diferenciales, considerando sus tres dimensiones: rendimiento académico, comprensión conceptual y aplicación práctica. Esta tabla permite identificar el nivel alcanzado por los estudiantes en cada dimensión de la variable dependiente, empleando una escala de valoración de 1 a 5 para facilitar la interpretación comparativa de los resultados.

TABLA II: Resultados descriptivos de la prueba de aprendizaje de ecuaciones diferenciales

Dimensión	N	Mínimo	Máximo	Media	Interpretación
Rendimiento académico	30	1	5	4,20	Nivel alto
Comprensión conceptual	30	1	5	3,86	Nivel moderado-alto
Aplicación práctica	30	1	5	3,92	Nivel moderado-alto
Aprendizaje global	30	1	5	3,99	Nivel moderado-alto

Los resultados evidencian que el aprendizaje de ecuaciones diferenciales presenta un nivel moderado-alto en términos generales. La dimensión rendimiento académico muestra una media ligeramente superior, mientras que comprensión conceptual y aplicación práctica presentan valores menores, lo que sugiere la necesidad de fortalecer la interpretación teórica de los conceptos y su transferencia a situaciones reales o verosímiles de la ingeniería.

TABLA III: Resumen de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) y elección de la prueba de correlación

Variable	N	Estadístico Shapiro-Wilk (W)	Sig. (p)	Decisión sobre normalidad ($\alpha = 0,05$)	Prueba de correlación a utilizar
Metodología STEAM (global)	30	0,901	0,009	No normal (se rechaza H_0 : distribución normal)	Rho de Spearman
Aprendizaje de ecuaciones diferenciales (global)	30	0,918	0,024	No normal (se rechaza H_0 : distribución normal)	Rho de Spearman
Rendimiento académico	30	0,902	0,009	No normal (se rechaza H_0 : distribución normal)	Rho de Spearman
Comprensión conceptual	30	0,918	0,023	No normal (se rechaza H_0 : distribución normal)	Rho de Spearman
Rendimiento académico	30	0,903	0,01	No normal (se rechaza H_0 : distribución normal)	Rho de Spearman

TABLA IV: Correlaciones Rho de Spearman y contraste de hipótesis

Hipótesis	Variables correlacionadas	N	Rho de Spearman	p-valor	Decisión
General	Metodología STEAM - Aprendizaje de ecuaciones diferenciales	30	0,972	< 0,001	Se rechaza H_0
Específica 1	Metodología STEAM - Rendimiento académico	30	0,935	< 0,001	Se rechaza H_0
Específica 2	Metodología STEAM - Comprensión conceptual	30	0,901	< 0,001	Se rechaza H_0
Específica 3	Metodología STEAM - Aplicación práctica	30	0,954	< 0,001	Se rechaza H_0

Nota. La correlación es significativa al nivel $\alpha = 0,05$. Los valores de p entre 0,90 y 1,00 se interpretan como correlación positiva muy fuerte.

Estos resultados indican que los estudiantes que perciben un mayor grado de implementación de la metodología STEAM tienden a alcanzar mejores niveles de aprendizaje en ecuaciones diferenciales, tanto en el rendimiento en ejercicios, como en la comprensión conceptual y la aplicación a problemas del mundo real.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los hallazgos del estudio respaldan la hipótesis general, al mostrar una correlación directa muy fuerte entre la metodología STEAM y el aprendizaje de ecuaciones diferenciales ($\rho = 0,972$; $p < 0,001$). Este resultado es coherente con la literatura que señala que STEAM aumenta el interés, la participación y el desarrollo de competencias complejas cuando se trabaja mediante proyectos, desafíos auténticos y actividades integradoras [5, 8, 9, 13].

La fuerte relación entre uso de tecnología y rendimiento académico coincide con estudios que muestran el impacto de GeoGebra y otros recursos digitales en el aprendizaje de funciones, cálculo y modelación matemática, donde se evidencian mejoras significativas en el desempeño de los estudiantes [15, 16, 17, 3]. Al permitir visualizar soluciones, manipular parámetros y simular escenarios, las herramientas tecnológicas se convierten en mediadores poderosos para consolidar el dominio procedimental y favorecer el análisis de sistemas dinámicos.

La asociación entre creatividad aplicada y comprensión conceptual sugiere que invitar a los estudiantes a explorar distintos enfoques, argumentar sus ideas y generar soluciones originales contribuye a construir significados más profundos sobre las ecuaciones diferenciales y su interpretación [12, 11]. Este resultado dialoga con propuestas que destacan el rol de proyectos y tareas abiertas para desarrollar pensamiento crítico y capacidad de modelación, más allá de la mera repetición de algoritmos [14, 10].

Por otro lado, la fuerte relación encontrada entre enfoque interdisciplinario y aplicación práctica confirma que situar las ecuaciones diferenciales en problemas auténticos –como modelos de crecimiento, fenómenos mecánicos o procesos de transferencia– ayuda a que los estudiantes perciban la utilidad de lo que aprenden y logren transferir ese conocimiento a nuevos contextos [11, 7, 2]. Desde la mirada de [18], este tipo de actividades colaborativas, mediadas por herramientas culturales, crea condiciones favorables para el desarrollo de funciones cognitivas superiores, al articular lenguaje, símbolos y acciones en torno a tareas con sentido.

Los resultados también se alinean con estudios que reportan mejoras en el aprendizaje y el rendimiento cuando se emplean enfoques basados en proyectos y modelación en ingeniería [17, 8], así como con análisis sobre la necesidad de revisar las metodologías tradicionales centradas en la exposición magistral [4]. La experiencia reportada muestra que, incluso en grupos relativamente pequeños, la implementación de STEAM puede generar cambios significativos en la forma en que los estudiantes se relacionan con contenidos avanzados como las ecuaciones diferenciales.

No obstante, el hecho de que las dimensiones de compren-

sión conceptual y, sobre todo, de aplicación práctica presenten puntuaciones inferiores al rendimiento académico sugiere que aún hay margen para fortalecer la propuesta. En línea con lo planteado por [10] y [6], sería deseable incorporar proyectos STEAM más extensos, con mayor contacto con problemas reales de la industria o del entorno local, y articular estas experiencias con otras asignaturas de la malla curricular, de manera que las ecuaciones diferenciales funcionen como eje de integración de contenidos.

Finalmente, debe recordarse que el diseño correlacional y transversal no permite establecer relaciones de causalidad. Aunque la evidencia es consistente y coherente con la teoría, no es posible afirmar que la metodología STEAM sea la única responsable de la mejora en el aprendizaje. Futuras investigaciones podrían incluir diseños cuasi-experimentales con grupos de comparación o estudios longitudinales que sigan a los estudiantes a lo largo de varios semestres para analizar la estabilidad y evolución de los efectos [20, 19].

V. CONCLUSIONES

1. Se comprobó una correlación directa muy fuerte y estadísticamente significativa entre la metodología STEAM y el aprendizaje global de ecuaciones diferenciales en estudiantes de Cálculo III de la FIIS-UNAC ($\rho = 0,972$; $p < 0,001$), cumpliéndose el objetivo general e hipótesis principal del estudio.
2. Se encontró una correlación muy fuerte y positiva entre la metodología STEAM y el rendimiento académico en ecuaciones diferenciales ($\rho = 0,935$; $p < 0,001$), lo que sugiere que una mayor integración de actividades STEAM se asocia con mejores resultados en la resolución de ejercicios.
3. Se evidenció una correlación muy fuerte entre la metodología STEAM y la comprensión conceptual de las ecuaciones diferenciales ($\rho = 0,901$; $p < 0,001$), indicando que las experiencias creativas e investigativas contribuyen a una comprensión más profunda de los conceptos clave.
4. Se halló una correlación muy fuerte entre la metodología STEAM y la aplicación práctica de las ecuaciones diferenciales en problemas reales ($\rho = 0,954$; $p < 0,001$), lo que muestra la pertinencia de articular la enseñanza con situaciones reales o verosímiles de la ingeniería, tales como fenómenos de crecimiento, enfriamiento, transferencia, movimiento o modelación de procesos físicos y productivos.
5. En conjunto, los resultados respaldan la pertinencia de incorporar de manera sistemática la metodología STEAM en cursos de Cálculo III y asignaturas afines de la FIIS-UNAC, complementando las metodologías tradicionales con proyectos, uso de tecnología y enfoque interdisciplinario. Se recomienda diseñar futuras experiencias didácticas que profundicen en la articulación con otras asignatu-

ras y que evalúen el impacto de STEAM mediante diseños experimentales y seguimientos longitudinales.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad Nacional del Callao por las facilidades brindadas para la realización del estudio, así como a los estudiantes de Cálculo III que participaron de manera voluntaria y responsable en la aplicación de los instrumentos.

REFERENCIAS

- [1] Blanchard P., Devaney R. L. y Hall G. R., *Differential Equations* (4th ed.), Cengage Learning, 2012.
- [2] Zill D. G., *A First Course in Differential Equations with Modeling Applications*, Cengage Learning, 2013.
- [3] Castillo H., "Software especializado en la enseñanza de ecuaciones diferenciales", *Revista Ciencia y Tecnología*, 19(3), 2019. <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2023.03.01>
- [4] Salinas J., "Problemas y perspectivas en la enseñanza de las matemáticas en el Perú", *Revista Peruana de Investigación Educativa*, 12(1), 10-24, 2017.
- [5] Bybee R. W., *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*, NSTA Press, 2013.
- [6] Yakman G., *STEAM Education: An Overview of Creating a Model of Integrative Education*. In *Proceedings of the Pupils' Attitudes Towards Technology Conference*, Salt Lake City, UT, 2008.
- [7] Vasquez J. A., Sneider C. y Comer M., *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*, Heinemann, 2013.
- [8] Santillán D., et. al., "STEAM como metodología activa de aprendizaje en la educación superior", *Revista Polo del Conocimiento*, 2020. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1599>
- [9] Tapullima C., et al., "Una revisión bibliométrica del enfoque STEAM en educación universitaria 2010-2022", *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 18(1), 2024.
- [10] Tomalá V., "La metodología STEAM y su aporte en el aprendizaje matemático", *Episteme Koinonía. Revista Electrónica de Ciencias de la Educación, Humanidades, Artes y Bellas Artes*, 7(13), 2024.
- [11] Aravena M., et al., "Estudio de caso y modelado matemático en la formación de ingenieros. Caracterización de habilidades STEM", *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 30(1), 2022. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052022000100037>
- [12] García M. y García C., "Metodología STEAM y su uso en matemáticas para estudiantes de bachillerato en tiempos de pandemia Covid-19", *Revista científica Dominio de las Ciencias*, 6(2), 163-180, 2015. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1212>
- [13] Honey M. y Kanter D. E., *Design, Make, Play: Growing the Next Generation of STEM Innovators*, Routledge, 2013.
- [14] De Miguel M., *Metodologías de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias*, Universidad de Oviedo, 2006.
- [15] Villacis F., et al., *Aplicación del software GeoGebra en el aprendizaje de funciones lineales con estudiantes de décimo año de la Unidad Educativa «Manuel de Jesús de Calle»*, *Revista de Educación Matemática*, 2023.
- [16] Choque J., *Uso del Software GeoGebra y el aprendizaje de funciones gráficas en estudiantes de primer ciclo de un Instituto Superior Tecnológico en Apurímac*, Tesis de maestría, 2021.
- [17] Gaona R. y Guerrero G., "GeoGebra para el aprendizaje de modelación matemática en ingeniería: estudio de caso (modalidad en línea)", *Revista Scielo (educación en ingeniería)*, 2022.
- [18] Vygotsky L. S., *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes*, Harvard University Press, 1978.

- [19] Hernández Sampieri R., Fernández Collado C. y Baptista Lucio P., *Metodología de la investigación* (6ta ed.), McGraw-Hill, 2014.
- [20] Creswell J. W. y Creswell J. D., *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, SAGE Publications, 2018.
- [21] Sanders M., “STEM, STEM education, STEMmania”, *The Technology Teacher*, 68(4), 20–26, 2009.
- [22] Piaget J., *The origins of intelligence in children*, International Universities Press, 1952.
- [23] Barron B. y Darling-Hammond L., “Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. In L. Darling-Hammond et al. (Eds.)”, *Powerful Learning* (pp. 11–70). Jossey-Bass.
- [24] Robinson K., *Out of our minds: Learning to be creative* (2nd ed.), Capstone.