Integración de la música, la matemática y la ingeniería en construcción: un enfoque interdisciplinario para el aprendizaje significativo

Marvin Alonso Vargas Campos.
vargascampos.marvinalonso@gmail.com
Pablo Elimeleck Jiménez Noguera
pablojn24@gmail.com
Daniela Salazar Castillo
sdasalaz@gmail.com

Resumen

Este artículo analiza la integración de la música, la matemática y la ingeniería en construcción como una estrategia interdisciplinaria orientada al aprendizaje significativo. Se parte de la idea de que la música, además de su valor artístico, posee una estructura basada en relaciones matemáticas como el ritmo, la frecuencia, la proporción y la armonía, las cuales pueden facilitar la comprensión de conceptos abstractos. A su vez, la ingeniería en construcción utiliza la matemática para modelar fenómenos físicos, diseñar estructuras y optimizar condiciones acústicas dentro de los espacios construidos. Desde un enfoque teórico-analítico, se examina cómo la música puede funcionar como mediadora pedagógica para fortalecer el razonamiento lógico, la identificación de patrones, la comprensión de secuencias y la aplicación funcional del conocimiento matemático en contextos reales. El análisis destaca la acústica arquitectónica como uno de los principales puntos de encuentro entre estas disciplinas, al evidenciar que el comportamiento del sonido puede explicarse mediante modelos matemáticos aplicados al diseño constructivo. Se concluye que esta articulación interdisciplinaria incrementa la motivación, mejora la comprensión conceptual y favorece la transferencia del aprendizaje hacia problemas concretos de la formación y la práctica ingenieril. Asimismo, promueve una visión integral del conocimiento y su utilidad en escenarios reales.

Palabras clave: interdisciplinariedad, aprendizaje significativo, matemática aplicada, música, ingeniería en construcción, acústica.

Abstract

This article analyzes the integration of music, mathematics, and construction engineering as an interdisciplinary strategy aimed at meaningful learning. It is based on the idea that music, beyond its artistic value, has a structure grounded in mathematical relationships such as rhythm, frequency, proportion, and harmony, which can facilitate the understanding of abstract concepts. At the same time, construction engineering uses mathematics to model physical phenomena, design structures, and optimize acoustic conditions within built spaces. From a theoretical-analytical approach, the study examines how music can function as a pedagogical mediator to strengthen logical reasoning, pattern recognition, sequence comprehension, and the functional application of mathematical knowledge in real contexts. The analysis highlights architectural acoustics as one of the main points of convergence among these disciplines, showing that sound behavior can be explained through mathematical models applied to construction design. It is concluded that this interdisciplinary articulation increases motivation, improves conceptual understanding, and favors the transfer of learning toward concrete problems in engineering education and practice. Likewise, it promotes a holistic vision of knowledge and its usefulness in real-world scenarios and professional decision-making processes.

Keywords: interdisciplinarity, meaningful learning, applied mathematics, music, construction engineering, acoustics.

Introducción

Tradicionalmente, la enseñanza de la matemática y del razonamiento propio de la ingeniería ha sido presentada desde un enfoque abstracto, fragmentado y, en muchos casos, alejado de situaciones concretas de la vida cotidiana o profesional. Esta separación entre teoría y práctica suele generar dificultades de comprensión, baja motivación y una percepción limitada sobre la utilidad real del conocimiento matemático. En el ámbito educativo, esta situación se vuelve aún más evidente cuando los estudiantes enfrentan contenidos relacionados con fórmulas, modelos, mediciones y representaciones espaciales sin contar con experiencias significativas que les permitan comprender su sentido.

Frente a esta realidad, la interdisciplinariedad surge como una alternativa pedagógica pertinente. Integrar la matemática con otras áreas del conocimiento permite resignificar su enseñanza y convertirla en una herramienta viva para interpretar el entorno. Entre las disciplinas que ofrecen un potencial notable para esta articulación se encuentra la música, dado que esta se fundamenta en relaciones de duración, secuencia, frecuencia, intensidad, repetición y armonía, todas ellas susceptibles de ser descritas y comprendidas desde una perspectiva matemática. De esta manera, la música puede constituirse en un recurso didáctico que favorezca el desarrollo del pensamiento lógico y la comprensión de estructuras numéricas de manera más intuitiva, sensorial y contextualizada.

Esta relación cobra especial importancia cuando se vincula, además, con la ingeniería en construcción. La ingeniería no solo requiere de la matemática para el cálculo estructural, el análisis de materiales, la representación geométrica o la estimación de cargas, sino también para comprender fenómenos físicos como la propagación del sonido, la vibración y la respuesta de los espacios construidos ante estímulos acústicos. En consecuencia, el estudio de la música y del sonido ofrece una vía concreta para conectar el razonamiento matemático con aplicaciones reales dentro del diseño y la construcción de espacios funcionales, confortables y técnicamente adecuados.

Desde la perspectiva del aprendizaje significativo, esta integración resulta especialmente valiosa. Ausubel sostiene que “el aprendizaje será significativo en la medida en que el nuevo contenido se relacione con la estructura cognitiva previa del estudiante” (Ausubel, 1983, p. 45). En otras palabras, el conocimiento se comprende mejor cuando encuentra anclaje en experiencias,

intereses y saberes previos. En este caso, la música, por su cercanía con la experiencia humana, puede actuar como un puente entre la abstracción matemática y la aplicación ingenieril.

En virtud de lo anterior, el presente artículo tiene como propósito analizar de manera teórica la integración de la música, la matemática y la ingeniería en construcción como una estrategia interdisciplinaria orientada al aprendizaje significativo. Se plantea que esta articulación no solo facilita la comprensión conceptual de fenómenos abstractos, sino que también fortalece habilidades cognitivas fundamentales para la resolución de problemas, el razonamiento espacial, la interpretación de patrones y la aplicación funcional del conocimiento en contextos constructivos.

Marco teórico

La música como estructura matemática

La relación entre música y matemática ha sido reconocida desde hace siglos, debido a que la organización musical responde a patrones cuantificables y medibles. El ritmo implica relaciones temporales; la melodía se construye sobre secuencias; la armonía depende de proporciones entre frecuencias; y la intensidad sonora puede analizarse a partir de magnitudes físicas. En este sentido, la música no es únicamente una manifestación estética, sino también una estructura organizada que revela regularidades susceptibles de análisis lógico.

En esta línea, se ha señalado que “la música es una organización de sonidos basada en relaciones numéricas que determinan la armonía y el ritmo” (Benson, 2007, p. 15). Esta afirmación permite comprender que la música comparte con la matemática una lógica interna basada en orden, correspondencia, repetición y proporción. Por tanto, trabajar con música puede contribuir al desarrollo de habilidades matemáticas como la identificación de patrones, la comprensión de fracciones temporales, la secuenciación, la comparación de magnitudes y la percepción de simetrías.

Desde una mirada más profunda, la música también puede ser entendida como energía en movimiento. Dahlaus sostiene que: “Poiesis, entendido de acuerdo con la sobriedad griega, no significa más que producir y praxis significa actuar. Cuando Herder llama música arte ‘energética’ quiere decir con ello que es esencialmente acción (energeia), no obra (ergon)” (Dahlaus, 1996, p. 2). Esta idea resulta relevante porque sitúa a la música en el terreno de lo

dinámico, lo vibratorio y lo físico. La música no es un objeto inmóvil, sino un fenómeno que se propaga, interactúa con cuerpos, materiales y superficies, y genera efectos observables y medibles.

En consecuencia, el estudio musical puede contribuir a que los estudiantes comprendan que detrás de la percepción sonora existe una base matemática y física concreta. Esta comprensión permite trascender la idea de que la matemática es un conjunto de procedimientos descontextualizados, para reconocerla como un lenguaje que ayuda a explicar fenómenos presentes en la experiencia cotidiana.

La matemática como lenguaje de interpretación y modelación

La matemática desempeña un papel central en la interpretación de fenómenos tanto naturales como construidos. Su valor no reside únicamente en la capacidad de resolver operaciones, sino en la posibilidad de modelar relaciones, representar comportamientos y prever resultados. En educación, este enfoque resulta esencial, ya que permite que el estudiante comprenda la matemática como una herramienta para pensar, analizar y tomar decisiones.

En el caso de la música, la matemática hace posible describir intervalos, duraciones, frecuencias y variaciones sonoras. En el ámbito de la ingeniería en construcción, permite calcular dimensiones, estimar cargas, diseñar estructuras, optimizar recursos y prever el comportamiento de materiales y sistemas físicos. Así, ambas disciplinas comparten un elemento común: la necesidad de organizar información, reconocer patrones y establecer relaciones precisas.

Cuando la matemática se enseña a partir de experiencias musicales, pueden desarrollarse procesos de abstracción de manera más accesible. Por ejemplo, la repetición rítmica permite introducir la idea de periodicidad; la subdivisión del pulso facilita la comprensión de fracciones; los cambios en altura sonora pueden relacionarse con magnitudes y escalas; y la construcción melódica ofrece ejemplos de secuencia, progresión y variación. Todo ello favorece que el razonamiento matemático se construya desde una base perceptiva y significativa.

La ingeniería en construcción y el pensamiento matemático aplicado

La ingeniería en construcción se apoya de manera constante en el razonamiento matemático. Desde el diseño inicial hasta la ejecución de una obra, el profesional requiere interpretar planos, calcular proporciones, determinar áreas, volúmenes y resistencias, así como

proyectar el comportamiento de estructuras frente a diferentes fuerzas o condiciones ambientales. De acuerdo con Hibbeler, “el comportamiento de las estructuras físicas se determina mediante modelos matemáticos que permiten analizar fuerzas, cargas y estabilidad” (Hibbeler, 2016, p. 8). Esta afirmación evidencia que la matemática no es un complemento de la ingeniería, sino uno de sus fundamentos esenciales.

Sin embargo, el razonamiento ingenieril no depende únicamente del cálculo mecánico. También exige habilidades de observación, anticipación, interpretación espacial y comprensión de sistemas complejos. En este punto, la relación con la música adquiere gran relevancia. La música entrena la percepción de patrones, el orden temporal, la sensibilidad ante cambios y la capacidad de anticipación estructural; habilidades que, trasladadas al campo de la ingeniería, pueden fortalecer la comprensión de procesos, secuencias constructivas y comportamientos técnicos.

La acústica arquitectónica como punto de convergencia

Uno de los espacios más evidentes de integración entre música, matemática e ingeniería en construcción es la acústica arquitectónica. Esta área estudia el comportamiento del sonido dentro de los espacios construidos y busca condiciones adecuadas de audición, inteligibilidad y confort. Kuttruff afirma que “la propagación del sonido en espacios cerrados depende de la interacción entre las ondas sonoras y las superficies, lo cual puede describirse mediante modelos matemáticos” (Kuttruff, 2017, p. 23). Esta idea demuestra que el sonido, aunque percibido sensorialmente, puede ser analizado rigurosamente mediante herramientas matemáticas aplicadas al diseño.

Así, la construcción de auditorios, aulas, iglesias, salones multiuso o estudios de grabación exige considerar no solo aspectos estructurales y estéticos, sino también el modo en que el sonido se comportará en el recinto. La elección de materiales, el volumen del espacio, la altura de techos, la presencia de superficies reflectivas o absorbentes y la geometría general del ambiente afectan directamente la calidad acústica. En este caso, la música deja de ser solo un ejemplo didáctico y se convierte en un criterio real de diseño.

Modelo matemático del sonido aplicado a la construcción

En el campo de la acústica arquitectónica, uno de los modelos matemáticos más utilizados

para analizar el comportamiento del sonido en espacios construidos es la fórmula de Sabine, la cual permite calcular el tiempo de reverberación dentro de un recinto. Este parámetro es fundamental porque expresa cuánto tarda en disminuir la energía sonora luego de que la fuente ha cesado, y tiene implicaciones directas en la claridad del habla, la ejecución musical y el confort auditivo.

La expresión de Sabine se formula como:

$$T = 0.161\ V / A$$

donde T representa el tiempo de reverberación, V el volumen del recinto y A la absorción total equivalente de sus superficies. Este modelo es especialmente útil en la ingeniería en construcción, ya que permite prever si un espacio presentará exceso de eco, pérdida de claridad o un comportamiento sonoro adecuado para su función. Un aula, por ejemplo, requiere condiciones distintas a las de una sala de conciertos o un templo.

Desde una perspectiva más amplia, la propagación del sonido puede explicarse mediante la ecuación de onda acústica, expresada como:

$$\nabla^2 p - (1/c^2)(\partial^2 p/\partial t^2) = 0$$

Esta ecuación describe cómo varía la presión sonora en el espacio y en el tiempo, y constituye una base teórica fundamental para entender la propagación de las ondas en medios físicos. Su importancia radica en que permite analizar cómo el sonido se refleja, se absorbe, se dispersa o se transmite a través de materiales y superficies. Para la ingeniería en construcción, esto significa contar con herramientas conceptuales para optimizar recintos de acuerdo con su uso y función.

Por tanto, tanto la fórmula de Sabine como la ecuación de onda evidencian que la relación entre matemática, música e ingeniería en construcción no es solamente conceptual, sino profundamente aplicada. Estos modelos muestran que el sonido puede medirse, preverse y gestionarse técnicamente, y que la experiencia musical puede traducirse en decisiones concretas de diseño, selección de materiales y configuración espacial.

Materiales y método

El presente estudio se desarrolla desde un enfoque cualitativo de carácter teórico-

analítico. Se basa en la revisión e interpretación de literatura relacionada con la música, la matemática, la acústica y la ingeniería en construcción, con el propósito de identificar puntos de convergencia entre estas disciplinas y valorar su potencial en el aprendizaje significativo.

Metodológicamente, se parte de tres ejes de análisis. El primero aborda la estructura matemática de la música, identificando elementos como ritmo, frecuencia, proporción y armonía. El segundo examina el papel de la matemática en la ingeniería en construcción, especialmente en la modelación de fenómenos físicos y en el diseño de espacios. El tercero analiza el valor pedagógico de la interdisciplinariedad desde la perspectiva del aprendizaje significativo y de la educación de personas adultas.

Asimismo, se incorpora una lectura pedagógica orientada a comprender cómo la experiencia sensorial y contextual puede enriquecer la apropiación del conocimiento. En este sentido, se retoma el enfoque andragógico, según el cual el aprendizaje resulta más sólido cuando se vincula con problemas reales, experiencia previa y aplicabilidad concreta.

Desarrollo

La música como mediadora del aprendizaje matemático

La música puede contribuir de manera significativa al aprendizaje de la matemática porque ofrece una experiencia concreta y perceptible de relaciones abstractas. Mientras que muchos conceptos matemáticos suelen presentarse mediante símbolos y procedimientos formales, la música permite vivenciarlos a través del oído, el movimiento y la organización temporal. Esta mediación sensorial facilita la construcción del conocimiento, especialmente en estudiantes que requieren comprender antes de memorizar.

El ritmo, por ejemplo, constituye una de las formas más claras de relación entre música y matemática. Toda figura rítmica implica una duración determinada y una relación proporcional con otras figuras. Así, conceptos como mitad, cuarto, subdivisión, equivalencia y secuencia pueden ser interiorizados mediante prácticas musicales. Esta relación ayuda a que nociones como fracción, periodicidad y patrón se comprendan desde la experiencia y no únicamente desde el símbolo escrito.

De igual forma, la organización melódica y armónica favorece la identificación de regularidades, cambios, repeticiones y estructuras. La percepción de una secuencia sonora puede

asociarse con series matemáticas o con el reconocimiento de variaciones sobre un mismo patrón. Este tipo de pensamiento resulta fundamental no solo para la matemática escolar, sino también para el razonamiento aplicado en ingeniería, donde es necesario interpretar cambios dentro de sistemas organizados.

La música y el desarrollo del razonamiento lógico

Además de facilitar la comprensión de contenidos específicos, la música contribuye al fortalecimiento del razonamiento lógico. Interpretar una pieza musical, seguir un compás, anticipar una entrada o mantener una secuencia exige atención, memoria, organización temporal y capacidad de respuesta estructurada. Estas habilidades también son necesarias para resolver problemas matemáticos y para aplicar procedimientos técnicos dentro de la ingeniería.

La práctica musical demanda, asimismo, un equilibrio entre creatividad y estructura. No basta con ejecutar sonidos; es necesario comprender una organización interna, identificar relaciones entre partes y mantener coherencia dentro del conjunto. Esta lógica interna puede trasladarse al campo ingenieril, donde el diseño y la construcción requieren pensar soluciones viables dentro de condiciones técnicas específicas.

En la formación de personas adultas, este enfoque posee una relevancia adicional. Knowles afirma que “el aprendizaje adulto se orienta hacia la resolución de problemas reales y no hacia la simple acumulación de contenidos” (Knowles, 1984, p. 44). Bajo esta perspectiva, la música puede funcionar como una estrategia pedagógica que despierta interés, conecta con experiencias previas y muestra aplicaciones concretas del razonamiento matemático.

Aportes de esta integración a la ingeniería en construcción

En el ámbito de la ingeniería en construcción, la relación con la música no debe entenderse únicamente desde la acústica, aunque esta constituye un ejemplo privilegiado. También puede reconocerse en la formación del pensamiento estructurado, en la comprensión de proporciones, en la organización espacial y en la lógica de sistemas.

La construcción requiere precisión, cálculo y orden, pero también sensibilidad hacia el uso de los espacios y hacia la experiencia humana dentro de ellos. Un recinto no solo debe resistir cargas o cumplir dimensiones; también debe responder adecuadamente a la manera en que

las personas lo habitan, lo perciben y lo utilizan. Cuando se trata de espacios educativos, culturales, recreativos o religiosos, la dimensión acústica cobra especial relevancia. En estos casos, comprender el sonido desde la música ayuda a diseñar espacios más funcionales y adecuados a su propósito.

Hall señala que "el análisis matemático del sonido permite mejorar la calidad acústica de los espacios mediante la adecuada distribución de la energía sonora" (Hall, 2021, p. 67). Esto demuestra que el conocimiento interdisciplinario permite trascender la teoría y traducirse en decisiones concretas de diseño. De este modo, la música aporta una dimensión perceptiva y experiencial; la matemática, una herramienta de modelación y análisis; y la ingeniería, el campo de aplicación técnica y constructiva.

Resultados observados

A partir del análisis realizado, se identifican varios aportes de la integración entre música, matemática e ingeniería en construcción. En primer lugar, esta articulación favorece la comprensión de conceptos abstractos, ya que permite asociarlos con experiencias concretas y perceptibles. El estudiante no solo calcula o memoriza, sino que comprende relaciones presentes en fenómenos reales.

En segundo lugar, la música funciona como un recurso motivador que humaniza el aprendizaje matemático. Al vincular contenidos técnicos con una experiencia cercana y significativa, se reduce la percepción de dificultad y se fortalece la disposición hacia el aprendizaje.

En tercer lugar, la interdisciplinariedad potencia el razonamiento lógico y funcional. La identificación de patrones, el seguimiento de secuencias, la comprensión de proporciones y la anticipación estructural son habilidades que se fortalecen mediante la experiencia musical y que resultan transferibles al ámbito matemático e ingenieril.

Finalmente, se observa que esta relación enriquece la comprensión de la acústica arquitectónica como campo de aplicación. El sonido deja de entenderse únicamente como un fenómeno físico aislado y pasa a concebirse como un elemento que incide en la calidad, funcionalidad y habitabilidad de los espacios construidos.

Discusión

Los resultados del análisis permiten afirmar que la interdisciplinariedad no constituye únicamente una estrategia metodológica atractiva, sino una vía efectiva para construir aprendizaje significativo. Cuando la matemática se presenta vinculada con la música y con problemas reales de la ingeniería en construcción, se fortalece su comprensión y se amplía su valor formativo.

Esto es especialmente importante en contextos donde la matemática suele ser percibida como difícil o distante. La música ofrece una posibilidad de acercamiento más humana, dinámica y sensorial, capaz de activar procesos cognitivos complejos sin desprenderlos de la experiencia. A la vez, la ingeniería da sentido práctico a ese aprendizaje, mostrando que el razonamiento lógico y la modelación matemática poseen consecuencias concretas en el diseño y funcionamiento de los espacios.

Desde la perspectiva pedagógica, este enfoque coincide con la propuesta de Ausubel sobre la importancia de relacionar el nuevo conocimiento con estructuras cognitivas previas. También se articula con el pensamiento andragógico de Knowles, al enfatizar la necesidad de que el aprendizaje responda a contextos reales y problemáticas aplicadas.

En consecuencia, enseñar matemática desde una mirada interdisciplinaria no implica restarle rigurosidad, sino, por el contrario, dotarla de mayor profundidad, pertinencia y aplicabilidad. La música, en este marco, puede ser entendida como un recurso de mediación que facilita la comprensión, despierta el interés y fortalece habilidades de razonamiento indispensables en la formación de futuros profesionales de la ingeniería.

Conclusiones

La integración de la música, la matemática y la ingeniería en construcción constituye una propuesta interdisciplinaria sólida para promover el aprendizaje significativo. Lejos de pertenecer a campos aislados, estas disciplinas comparten principios relacionados con la estructura, la proporción, el orden, la secuencia y la interpretación de fenómenos complejos.

La música puede contribuir al aprendizaje de la matemática al transformar relaciones abstractas en experiencias perceptibles, favoreciendo la comprensión de patrones, fracciones, frecuencias, secuencias y proporciones. A su vez, este proceso fortalece habilidades cognitivas vinculadas con el razonamiento lógico, la organización temporal, la atención y la anticipación

estructural, todas ellas relevantes para la formación en ingeniería.

Por su parte, la ingeniería en construcción ofrece un campo concreto donde estos conocimientos se aplican de forma funcional, especialmente en áreas como la acústica arquitectónica, el diseño de espacios y la comprensión de fenómenos físicos asociados a la vibración y la propagación del sonido. En este sentido, la matemática actúa como un lenguaje común que conecta la percepción musical con la aplicación técnica.

Se concluye que incorporar enfoques interdisciplinarios en los procesos de enseñanza favorece una comprensión más profunda, motivadora y contextualizada del conocimiento. En particular, la relación entre música, matemática e ingeniería en construcción permite no solo aprender conceptos, sino comprender su sentido, su utilidad y su presencia en la realidad. Por ello, esta articulación representa una alternativa pedagógica pertinente para fortalecer el pensamiento crítico, el razonamiento aplicado y la formación integral del estudiante.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. P. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo* (2.ª ed.). Trillas. Benson, D. J. (2007). *Music: A mathematical offering*. Cambridge University Press.
- Chacobo, D. (1996). Recensión de *Estética de la música* de Carl Dahlhaus. *Edition Reichenberger*
- Cotte, B. (2023). *Acoustics in fluid media course notes*. ENSTA Paris.
- Dahlhaus, C. (1996). *Estética de la música*. Berlín: Edition Reichenberger
- Hall, D. E. (2021). *Musical acoustics: An introduction* (4th ed.). Cengage Learning. Hibbeler, R. C. (2016). *Análisis estructural* (9.ª ed.). Pearson Educación.
- Knowles, M. S. (1984). *The adult learner: A neglected species* (3rd ed.). Gulf Publishing.
- Kuttruff, H. (2017). *Room acoustics* (6th ed.). CRC Press.
- International Organization for Standardization. (2008). *ISO 3382-2:2008 Acoustics—Measurement of room acoustic parameters—Part 2: Reverberation time in ordinary rooms*. ISO.
- Larson Davis. (s. f.). *Reverberation time in room acoustics*. Larson Davis.Microsoft Copilot. (2026). *Sonido musical y ruido [Imagen holográfica]*. Creación digital con fondo transparente
- Moe, T. (s. f.). *Room acoustics*. University of Trieste.
- University of Oslo. (s. f.). *Acoustic wave equations and four ways media may perturb sound propagation*. University of Oslo.