

“Sonidos de mi territorio”

Sonidos de mi territorio: luthería escolar STEAM para la preservación del patrimonio musical de los Montes de María.

Autores:

Enelis María Gómez Narváez

Correo institucional: enelismgomez@usantotomas.edu.co

CvLac: 0001993779

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7228-4075>

Google Scholar: DIBIf9wAAAAJ

Javier Felipe Tovar Hoyos

Correo institucional: javier.hoyostov@usantotomas.edu.co

CvLac: 0002386146

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2109-9657>

Google Scholar: VmGgpCUAAAAJ

Diego Andrés Chitiva Méndez

Correo institucional: Diego.chitiva@usantotomas.edu.co

CvLac: 0002386144

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9507-7332>

Google Scholar: k86704oAAAAJ

Codirectora:

Ana Milena Riaño Salgado

Fecha de presentación: junio 2026

Contenido

Resumen	5
Abstract	6
Keywords	6
Introducción	7
Justificación	9
Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad	10
Diagnóstico de la realidad	10
a. Identificación:	10
b. Descripción:	11
Oportunidades de innovación / alternativas de solución.....	12
Alternativa 1:	12
Alternativa 2:	13
Alternativa 3:	13
Declaración de la alternativa seleccionada y criterios de viabilidad:.....	14
Criterio de Sostenibilidad e Inteligencia Administrativa:.....	14
Criterio de Fomento a la Autonomía e Independencia	14
Criterio de Rigurosidad Pedagógica y Cultural:	15
Propósito:.....	15
Objetivos:	15
Objetivo general:.....	16
Objetivos específicos:.....	16
Matriz de medición de impacto educativo y social.....	17
Marco de Referencia	18
Marco Contextual.....	18
Estado del Arte	19
Antecedentes Nacionales.....	20
Antecedentes Regionales y Locales (Caribe y Montes de María)	21
Brechas identificadas y abordaje del proyecto.....	23
Marco Teórico.....	23

Categoría 1: Educación STEAM Situada y Descolonización del Saber	24
Categoría 2: Acústica y Física del Sonido en la Luthería Escolar	25
Categoría 3: Investigación Acción Participativa (IAP) y Soberanía Tecnológica	26
Categoría 4: Patrimonio Cultural y Recuperación de la Identidad Sonora.....	27
Marco Conceptual	28
1. Luthería Escolar STEAM:	29
2. Soberanía Educativa y Tecnológica:.....	29
3. Identidad y Patrimonio Sonoro:	29
4. Estandarización Cultural Exógena:	30
5. Ecología de Saberes (Diálogo Horizontal):.....	30
6. Indagación Situada:	30
Marco legal y normativo	31
Tabla 1 Matriz legal y normativa del proyecto	31
Marco técnico.....	32
Método de análisis:	33
Método de desarrollo:	33
Características de los materiales utilizados:	33
Tabla 2 Mapa de contenido y funcionalidad del Sistema de Luthería.....	34
Marco de trabajo creativo y de innovación	34
Fase de Ideación	34
Fase de Diseño:.....	35
Fase de Desarrollo	35
Fase de Prueba e Iteración.....	35
Marco metodológico	35
Categorización de la realidad educativa a abordar.....	35
Identidad y Soberanía Sonora:	35
Autonomía Tecnológica:.....	36
Fidelidad Acústica:	36
Enfoque y Tipo de investigación	36
Tipo de estudio.....	36
Técnicas de recolección de información seleccionadas	36

Técnicas de análisis de información seleccionadas.....	37
Aplicación y análisis de los resultados preliminares	37
Procedimiento	37
Producto o resultado esperado.....	38
Descripción de la población y muestras	38
Matriz de interesados y beneficiarios	39
Tabla 3 Matriz de Interesados y Beneficiarios (Stakeholders).....	39
Recursos previstos	40
Económicos	40
Tecnológicos.....	40
Materiales.....	40
Talento Humano:.....	41
Cronograma	41
Tabla 4 Cronograma de Ejecución del Proyecto (Estimado en Semanas)	41
Resultados y análisis de resultados	42
Conclusiones	45
Visión prospectiva del proyecto.....	46
Lecciones aprendidas	46
Fortalezas	47
Oportunidades de mejora	47
Recomendaciones	48
Ideas de nuevos proyectos	48
Consideraciones éticas	48
Referencias bibliográficas	50

Resumen

Este estudio aborda sistemáticamente la erosión de la identidad sonora y el silenciamiento del patrimonio musical los Montes de María. En el corregimiento de Bajo Don Juan (Colosó, Sucre). Históricamente, las secuelas del posconflicto y la estandarización cultural exógena han desarticulado las redes de transmisión de saberes ancestrales, provocando una severa desconexión de las nuevas generaciones con sus raíces. Frente a esta realidad, y trascendiendo el mero déficit material de dotación en las aulas, la investigación se centra en la recuperación activa de la tradición cultural. Mediante la metodología de Investigación-Acción Participativa (IAP) y un enfoque pedagógico STEAM por indagación, se concibe al estudiante rural como un investigador activo capaz de transformar su contexto. Se implementó un sistema de luthería escolar artesanal con una muestra de 14 estudiantes de educación básica primaria. El proceso de diseño iterativo permitió la transición técnica de prototipos exploratorios (v1) a versiones optimizadas (v2) utilizando materiales cotidianos del entorno como PET, PVC y chirilla. Este proceso riguroso logró una mejora del 55% en la calidad acústica y una estabilidad sonora del 85%, parámetros que fueron validados mediante la escucha comparada por sabedores locales, garantizando así la fidelidad para la ejecución de ritmos como la cumbia, el porro y el bullerengue. Los hallazgos evidencian que la luthería escolar no solo fomenta el desarrollo de competencias científicas y técnicas, sino que opera como un profundo acto de soberanía educativa y reparación simbólica. Al construir sus propias herramientas de expresión, la comunidad consolida una autonomía tecnológica que revitaliza la memoria viva y desafía los paradigmas de la educación tradicional.

Palabras clave: Patrimonio cultural, Folclor Montes de María, Educación STEAM, Luthería escolar, Indagación situada.

Abstract

This study systematically addresses the erosion of sound identity and the silencing of the musical heritage of Montes de María in the district of Bajo Don Juan (Colosó, Sucre). Historically, the aftermath of the post-conflict period and exogenous cultural standardization have dismantled the networks for transmitting ancestral knowledge, causing a severe disconnection between new generations and their roots. Facing this reality, and moving beyond a mere material deficit of classroom resources, the research focuses on the active recovery of cultural tradition. Through Participatory Action Research (PAR) methodology and an inquiry-based STEAM pedagogical approach, the rural student is conceived as an active researcher capable of transforming their context. An artisanal school lutherie system was implemented with a sample of 14 primary school students. The iterative design process allowed the technical transition from exploratory prototypes (v1) to optimized versions (v2) using everyday local materials such as PET, PVC, and chirilla. This rigorous process achieved a 55% improvement in acoustic quality and an 85% sound stability, parameters that were validated through comparative listening by local tradition-bearers, thus ensuring fidelity for the execution of rhythms such as cumbia, porro, and bullerengue. The findings demonstrate that school lutherie not only fosters the development of scientific and technical competencies but also operates as a profound act of educational sovereignty and symbolic reparation. By building their own expression tools, the community consolidates a technological autonomy that revitalizes living memory and challenges the paradigms of traditional education.

Keywords: Cultural heritage, Montes de María folklore, STEAM education, School lutherie, Situated inquiry.

Introducción

Las instituciones educativas rurales en Colombia enfrentan el desafío de trascender los modelos pedagógicos tradicionales, los cuales suelen perpetuar lógicas de aprendizaje atomizadas que distancian a las comunidades de sus matrices socioculturales. El currículo en zonas periféricas frecuentemente opera bajo estándares descontextualizados que despojan a las ciencias exactas de su carácter social. En respuesta, la integración de artes, ciencia y tecnología en el aula surge no solo como una estrategia didáctica, sino como un elemento fundamental para la reconstrucción del tejido comunitario. El presente estudio propone la reconfiguración del entorno sonoro y la construcción de herramientas de expresión musical como mecanismos para enfrentar la homogenización global.

La investigación se sitúa en el corregimiento de Bajo Don Juan, municipio de Colosó (Sucre), en la subregión de los Montes de María. Este territorio sufrió la desarticulación de sus dinámicas culturales debido al conflicto armado, lo que interrumpió la transmisión de saberes ancestrales y la supervivencia de la luthería tradicional. El centro educativo local presenta un déficit estructural del 85% en la disponibilidad de instrumentos físicos. Sin embargo, el problema central trasciende esta escasez logística: la carencia prolongada de referentes acústicos propios expone a las nuevas generaciones a la estandarización cultural exógena, transformando a los jóvenes en consumidores pasivos y acelerando la erosión de su patrimonio inmaterial.

Para abordar esta desarticulación pedagógica, el estudio adopta el enfoque educativo STEAM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas). Este modelo dinamiza la comunidad de aprendizaje al convertir al alumno en un investigador activo de su entorno socio natural. La inclusión de las artes actúa como el eje articulador que dota de pertinencia a la

indagación científica. El folclor musical Montemarianos se convierte en el vehículo idóneo para esta integración: la matemática se aplica en el cálculo volumétrico del tubo resonador, la física se materializa en la propagación de ondas de las membranas elásticas y la ingeniería se ejerce en el ensamblaje de los instrumentos.

El proyecto "Sonidos de mi territorio" estructura un ecosistema de luthería escolar por indagación para la fabricación de instrumentos representativos (taboras, llamadores y alegres). Metodológicamente, el estudio se enmarca en la Investigación-Acción Participativa (IAP), aplicando el ciclo de ingeniería escolar (ideación, diseño, desarrollo y prueba) en un aula multigrado de tercer a quinto grado de básica primaria. Promoviendo un diálogo entre los luthieres locales y la acústica formal, se utilizan materiales del entorno, como PVC de alta densidad y plástico PET. Los estudiantes manipulan variables físicas concretas, alterando la tensión de los parches termo encogibles o modificando la masa de semillas en los idiófonos, utilizando el error técnico como un insumo valioso para fomentar el pensamiento crítico y la autonomía.

El desarrollo empírico del proyecto se estructura en las siguientes secciones: primero, se detalla el diseño del sistema de luthería y la evolución técnica desde los prototipos exploratorios —que presentaban fugas de aire e inestabilidad tonal— hasta las versiones optimizadas. Segundo, se exponen los mecanismos de validación acústica realizados en espacios intergeneracionales, donde los portadores de tradición certificaron la fidelidad sonora de los artefactos. Finalmente, se analizan las implicaciones de estos resultados, evidenciando que dotar a la comunidad escolar de la capacidad de fabricar sus propios medios de expresión sonora impulsa la democratización del conocimiento y contrarresta el olvido cultural.

Justificación

La pertinencia social de esta investigación radica en la urgencia de mitigar la erosión del patrimonio inmaterial en el corregimiento de Bajo Don Juan (Colosó, Sucre). En este territorio perteneciente a los Montes de María, las dinámicas del posconflicto desarticulaban la transmisión de saberes ancestrales, generando una desconexión de las nuevas generaciones con su identidad sonora. El déficit instrumental del 85% reportado en el centro educativo trasciende la mera carencia material; representa un riesgo inminente de estandarización cultural exógena que posiciona a los jóvenes como consumidores pasivos de narrativas ajenas, amenazando la supervivencia de ritmos tradicionales como la cumbia, el porro y el bullerengue. Desde la perspectiva pedagógica, la intervención se justifica al evidenciar la insuficiencia de la educación tradicional para vincular el conocimiento científico con la realidad territorial comunitaria. El modelo convencional, estructurado bajo aprendizajes atomizados y descontextualizados, mantiene un silencio en las aulas que inhibe el desarrollo de competencias prácticas y perpetúa la desarticulación curricular.

Resulta imperativa una transición hacia metodologías que superen la instrucción teórica pasiva, integrando las ciencias exactas y la tecnología con las artes, para que el estudiante asuma un rol de investigador activo frente a los fenómenos de su propio entorno. El aporte sustancial de este proyecto es la materialización de un sistema de luthería escolar STEAM, enfocado en el diseño y construcción de instrumentos representativos (tamboras, llamadores y alegres) a partir de la transformación de materiales locales y de bajo costo, tales como PET, PVC y maderas recuperadas.

El trabajo desarrollado con una muestra de 14 estudiantes de educación básica primaria demuestra empíricamente la viabilidad de la apropiación tecnológica en la ruralidad profunda. El

proceso permitió la evolución de prototipos exploratorios hacia versiones optimizadas que alcanzaron un 85% de estabilidad sonora y una mejora del 55% en la calidad acústica, evidenciando un avance cuantificable en el dominio de competencias matemáticas y de física acústica. Finalmente, la pertinencia del enfoque radica en su capacidad para amalgamar la gestión eficiente de recursos, la rigurosidad del diseño pedagógico y la expresión artística identitaria. Implementar este modelo de indagación situada prioriza el desarrollo de la autonomía y la independencia técnica del educando.

Al dotar a la comunidad escolar de las herramientas intelectuales y procedimentales para hacer resonar su territorio, la educación abandona su carácter reproductivo para constituirse como un genuino acto de soberanía educativa. De este modo, se garantiza que el legado ancestral los Montes de María se preserve y logre evolucionar armónicamente de la mano de la innovación tecnológica comunitaria.

Preliminares: Delimitación del marco de trabajo para el abordaje de la realidad

Diagnóstico de la realidad

a. Identificación:

La realidad objeto de esta investigación se categoriza en la intersección de tres dimensiones fundamentales: la sociocultural, la pedagógica y la tecnológica. En la dimensión sociocultural, se identifica un fenómeno de "amnesia sonora" en las comunidades rurales posconflicto, donde las redes intergeneracionales encargadas de la luthería tradicional han desaparecido o se han desplazado, dejando un vacío en la transmisión de la identidad musical Montemarianos. En la dimensión pedagógica, se evidencia un modelo educativo hegemónico que privilegia la instrucción teórica y pasiva, marginando el aprendizaje situado y la experimentación concreta.

Los procesos de enseñanza en ciencias y artes se encuentran fragmentados, lo que impide al educando comprender la física del sonido o la matemática estructural detrás de su propio folclor. Finalmente, en la dimensión tecnológica, se identifica una dependencia absoluta de bienes industriales externos. La escuela rural concibe la tecnología como un producto de importación y no como una capacidad inherente de la comunidad para diseñar, iterar y resolver problemas locales. La convergencia de estas tres categorías configura un escenario de vulnerabilidad identitaria, donde la escuela, en lugar de ser un bastión de salvaguardia cultural, refleja pasivamente el despojo territorial.

b. Descripción:

De manera concreta, la problemática se sitúa en el Centro Educativo del corregimiento de Bajo Don Juan, municipio de Colosó (Sucre). La población estudiantil directa está conformada por 14 niños y niñas pertenecientes a los grados tercero, cuarto y quinto de básica primaria. En este entorno, se ha cuantificado un déficit instrumental del 85%, lo que significa que la inmensa mayoría de los estudiantes culmina su ciclo básico sin haber tenido contacto físico con las herramientas de su propio patrimonio musical.

Los sabedores locales reportan que los ritmos tradicionales, como la cumbia, el porro y el bullerengue, están siendo progresivamente desplazados por el consumo de ritmos comerciales globalizados. Paralelamente, los ejercicios de clase en áreas STEM (ciencias, matemáticas) carecen de laboratorios físicos, limitando el conocimiento a la memorización de fórmulas. Al no existir instrumentos musicales en la escuela, ni recursos financieros para adquirirlos, los estudiantes experimentan una privación sensorial y cognitiva; no pueden comprobar empíricamente cómo las variaciones en la tensión de una membrana o el volumen de un cilindro

afectan la acústica. El ecosistema escolar se describe, por tanto, como un espacio desconectado de su paisaje sonoro, donde la ausencia de luthería anula las posibilidades de desarrollar pensamiento crítico e independencia a través de la creación artística y científica.

c. Formulación:

¿De qué manera la implementación de una estrategia educativa STEAM, fundamentada en la luthería escolar por indagación, promueve la autonomía estudiantil y contribuye a la recuperación de la identidad y la tradición sonora en los estudiantes de básica primaria del Centro Educativo Bajo Don Juan, en los Montes de María?

Oportunidades de innovación / alternativas de solución

Con base en el diagnóstico estructurado, se identificaron tres alternativas de solución para abordar la desconexión identitaria y pedagógica en el territorio de Bajo Don Juan. Cada alternativa fue analizada bajo un enfoque multidisciplinar que ponderó el impacto educativo, la viabilidad administrativa y el valor artístico.

Alternativa 1: Dotación instrumental mediante gestión administrativa externa.

Esta opción consiste en la formulación de proyectos de cofinanciación dirigidos a entidades gubernamentales o fundaciones privadas para la adquisición de instrumentos musicales tradicionales prefabricados.

Análisis:

Aunque esta vía mitigaría el déficit material del 85% a corto plazo, presenta limitaciones pedagógicas significativas. En primer lugar, mantendría al estudiante en un rol de receptor, limitando el desarrollo de competencias científicas, técnicas y de resolución de problemas. En segundo lugar, presenta retos de sostenibilidad a largo plazo; ante el deterioro natural de los instrumentos, la comunidad escolar enfrentaría nuevamente el escenario de carencia, al no contar con el saber técnico necesario para su mantenimiento o sustitución.

Alternativa 2: Implementación de laboratorios de producción musical digital.

Esta alternativa propone la instalación de software de producción de audio, bancos de sonidos y tabletas digitales para que los estudiantes construyan secuencias musicales utilizando muestras (samples) representativas de los ritmos de los Montes de María.

Análisis: Esta opción facilita la integración de tecnología contemporánea y optimiza el uso de recursos físicos. Sin embargo, su viabilidad de implementación es reducida dadas las intermitencias del servicio eléctrico y las limitaciones de conectividad a internet en la ruralidad de Colosó. Adicionalmente, esta mediación digital distancia al estudiante de la experiencia somática y cinestésica propia de la música tradicional, omitiendo el trabajo manual, la exploración acústica del entorno y los procesos de construcción comunitaria.

Alternativa 3: Sistema de luthería escolar STEAM por indagación con materiales del entorno (Alternativa Seleccionada).

Esta propuesta se fundamenta en la transformación del aula en un laboratorio de ingeniería y acústica, donde los estudiantes, orientados por los principios del diseño y la

investigación-acción, construyen instrumentos de percusión (tambores, llamadores, alegres) empleando materiales de uso cotidiano (tubos de PVC, plástico PET, maderas locales y semillas de chirilla).

Declaración de la alternativa seleccionada y criterios de viabilidad:

Se determina que la Alternativa 3 es la ruta óptima para el desarrollo del proyecto, ya que aborda la problemática desde el empoderamiento y el desarrollo integral del estudiante, promoviendo la recuperación activa de la identidad sonora. La selección se fundamenta en los siguientes criterios de viabilidad:

Criterio de Sostenibilidad e Inteligencia Administrativa:

Al aprovechar recursos de bajo costo y fácil acceso dentro de la comunidad, el proyecto demuestra una gestión eficiente. Es económicamente viable y altamente replicable, reduciendo la dependencia de presupuestos externos o tecnologías importadas.

Criterio de Fomento a la Autonomía e Independencia:

La metodología estructurada exige que el estudiante asuma un rol protagónico en su proceso de aprendizaje. El diseño iterativo requiere la toma de decisiones independientes frente a variables físicas y matemáticas (por ejemplo, el ajuste en la tensión de las membranas o el cálculo en el corte de los cilindros). Para garantizar este nivel de agencia, el seguimiento metodológico prioriza el uso de bitácoras acústicas y la comprobación sonora directa; de este modo, se privilegia la interacción práctica y la autogestión sobre los métodos de observación visual, como el registro fotográfico, enfocando la actividad cognitiva en los procesos constructivos y de indagación técnica.

Criterio de Rigurosidad Pedagógica y Cultural:

La alternativa articula el currículo integrando las disciplinas STEM con las Artes. El ensamble instrumental demanda la comprensión aplicada de leyes de física y geometría, las cuales se validan empíricamente cuando el artefacto alcanza la afinación propia de ritmos como el bullerengue o la cumbia. Asimismo, facilita una "Ecología de Saberes", integrando a los portadores de tradición locales como validadores de los resultados tímbricos y fomentando un diálogo intergeneracional que revitaliza la memoria cultural del territorio.

Propósito:

El propósito de este proyecto es implementar un sistema de luthería escolar STEAM por indagación que fomente la autonomía y promueva la recuperación del patrimonio sonoro en estudiantes de básica primaria del corregimiento de Bajo Don Juan. Se espera que esta intervención logre que los infantes se apropien de la física acústica y la tecnología local para construir sus propios instrumentos tradicionales. El impacto proyectado es la mitigación del déficit instrumental y la revitalización de la memoria cultural montemariana, consolidando un modelo educativo fundamentado en la investigación activa y la equidad comunitaria.

Objetivos:

El propósito de esta investigación es promover la recuperación de la tradición y la identidad sonora del folclor Montemarianos en los estudiantes del Centro Educativo Bajo Don Juan. A través de la luthería escolar fundamentada en un enfoque STEAM por indagación, se busca empoderar a la comunidad educativa para que transite de consumidores pasivos a investigadores

activos de su entorno. Se pretende generar un ecosistema de aprendizaje autónomo donde la ciencia y la tecnología converjan con los saberes ancestrales, constituyendo un acto de soberanía educativa y reparación simbólica frente a la estandarización cultural exógena.

Objetivo general:

El propósito de este proyecto es implementar un sistema de luthería escolar STEAM por indagación que fomente la autonomía y promueva la recuperación del patrimonio sonoro en estudiantes de básica primaria del corregimiento de Bajo Don Juan. Se espera que esta intervención logre que los infantes se apropien de la física acústica y la tecnología local para construir sus propios instrumentos tradicionales. El impacto proyectado es la mitigación del déficit instrumental y la revitalización de la memoria cultural Montes de María, consolidando un modelo educativo fundamentado en la investigación activa y la equidad comunitaria.

Objetivos específicos:

Analizar los principios físicos y acústicos subyacentes en la organología tradicional de los Montes de María (tamboras, llamadores y alegres) mediante la indagación situada en el aula. Construir prototipos iterativos de instrumentos de percusión empleando materiales de uso cotidiano del entorno (PVC, PET, maderas locales) a través de la aplicación del ciclo de ingeniería escolar. Comprobar la fidelidad tímbrica y el impacto cultural de los artefactos desarrollados frente a los estándares de los sabedores locales, garantizando la validación de la autenticidad sonora del proyecto.

Matriz de medición de impacto educativo y social

Objetivos específicos	Contexto de impacto	Indicadores de cumplimiento e impacto	Medios de verificación
1. Analizar los principios físicos y acústicos de la organología tradicional de los Montes de María mediante indagación situada.	Ámbito Pedagógico (Aula multigrado 3° a 5°): Pensamiento crítico sobre física acústica.	• 100% de estudiantes articula conceptos físicos (frecuencia, tensión) con la práctica. • Identificación autónoma de variables acústicas por parte del estudiante.	• Bitácoras acústicas manuscritas. • Matrices de medición acústica diligenciadas en clase.
2. Construir prototipos iterativos de percusión con materiales del entorno, aplicando el ciclo de ingeniería escolar.	Ámbito Tecnológico (Taller de Luthería): Apropiación de materiales (PET, PVC) y destrezas de ingeniería.	• Transición técnica exitosa de prototipo exploratorio (v1) a optimizado (v2). • 85% de estabilidad sonora en ensambles funcionales. • Supresión de fugas de aire e inestabilidad tonal.	• Prototipos físicos funcionales (v1 y v2). • Manual de Construcción y Prototipado. • Rúbricas de evaluación técnica y estructural.
3. Comprobar la fidelidad tímbrica y el impacto cultural	Ámbito Sociocultural	• Mejora comprobada del	• Grabaciones de audio comparativas

de los artefactos frente a los estándares de sabedores locales.	(Muestra Sonora Comunitaria): Validación intergeneracional y restitución identitaria.	55% en calidad acústica global. • 85% de artefactos certificados para ritmos de cumbia, porro y bullerengue. • Validación cualitativa del timbre por portadores de tradición.	(tradicional vs. v2). • Actas de escucha comparada firmadas por sabedores locales. • Diarios de campo reflexivos sobre interacción comunitaria.
--	--	---	---

Marco de Referencia

Marco Contextual

La presente investigación se sitúa espacial y temporalmente en el corregimiento de Bajo Don Juan, perteneciente al municipio de Colosó, en la subregión de los Montes de María (Sucre, Colombia). Este territorio, históricamente atravesado por dinámicas de conflicto, posee una profunda riqueza patrimonial fundamentada en su tradición oral y musical (cumbia, porro, bullerengue), la cual se encuentra actualmente en un riesgo crítico de estandarización cultural exógena. La intervención se desarrolla durante el año lectivo en el Centro Educativo local, trabajando específicamente con una comunidad de aprendizaje conformada por 14 estudiantes de los grados tercero, cuarto y quinto de básica primaria. Si bien la institución presenta limitaciones en su dotación material, el proyecto trasciende el mero déficit de recursos para centrarse fundamentalmente en la recuperación de la tradición sonora y la identidad cultural. El

contexto exige un abordaje pedagógico donde el estudiante asuma el rol de investigador activo de su entorno, promoviendo su autonomía e independencia a través de la luthería y la experimentación acústica directa, prescindiendo de métodos pasivos de observación.

Estado del Arte

El estado actual del conocimiento respecto a la integración de la educación STEAM, la recuperación del patrimonio inmaterial y la luthería con materiales del entorno evidencia un creciente interés global y regional por descolonizar el aprendizaje científico. A continuación, se presenta una síntesis de 15 antecedentes investigativos (internacionales, nacionales, regionales y locales) desarrollados en los últimos cinco años (2021-2026), los cuales permiten identificar las brechas epistemológicas y metodológicas que esta propuesta entra a subsanar.

Antecedentes Internacionales

Referencia: UNESCO. (2024). Directrices para la salvaguardia del patrimonio cultural inmaterial en la educación formal y no formal. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Sinopsis: El documento técnico establece lineamientos globales sobre cómo las escuelas deben superar el ejercicio del folclor pasivo, integrando el patrimonio vivo (como la música tradicional) directamente en el núcleo de las asignaturas STEM.

Intencionalidad: Enmarca políticamente el proyecto dentro de las directrices internacionales de soberanía educativa, confirmando que la recuperación sonora es un acto de salvaguardia patrimonial.

Antecedentes Nacionales

Referencia: Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2021). *Lineamientos de Educación STEAM para Colombia*. Bogotá: MEN.

Sinopsis: Establece el marco normativo y pedagógico para la transición hacia enfoques integrados en el país, haciendo especial énfasis en la necesidad de adaptar las metodologías STEAM a los contextos rurales y de posconflicto mediante los denominados "Territorios STEM+".

Intencionalidad: Alinea la propuesta con la política pública nacional, garantizando que el diseño del manual de construcción y prototipado responda a los criterios de escalabilidad del gobierno central.

Referencia: Gómez, L., & Pineda, C. (2022). *Tecnologías locales y materiales no convencionales en la educación rural colombiana*. Revista Colombiana de Educación, 84, 112-134.

Sinopsis: Analiza experiencias docentes en cinco departamentos de Colombia donde la ausencia de material de laboratorio fue suplida con polímeros recuperados y maderas locales, demostrando que la escasez puede detonar la creatividad ingenieril.

Intencionalidad: Sustenta la viabilidad técnica del uso de PET y PVC como elementos de alta fidelidad para el aprendizaje, alejando al proyecto de la concepción de "manualidad de reciclaje" para elevarlo a "tecnología apropiada".

Referencia: Rocha Torres, C. A. (2021). *La investigación acción participativa: una apuesta por la comunicación y la transformación social en la escuela pos-acuerdo*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Sinopsis: Revisa metodológicamente cómo la IAP permite democratizar el conocimiento en comunidades escolares afectadas por la violencia, situando a los estudiantes como sujetos políticos capaces de transformar su realidad.

Intencionalidad: Define la ruta metodológica del proyecto, asegurando que el ciclo de indagación no sea extractivista, sino participativo y enfocado en la autonomía del educando.

Referencia: Red de Comunidades Docentes STEM+ Latinoamérica. (2023). *Prácticas de democratización del conocimiento en áreas rurales*. Bogotá: Siemens Stiftung.

Sinopsis: Compendio de estudios de caso que demuestran las contradicciones que emergen cuando se imponen currículos urbanos en contextos rurales, proponiendo las redes de aprendizaje comunitario como solución.

Intencionalidad: Aporta la estructura para el diseño de la red de aprendizaje y los círculos de calidad comunitaria que sostendrán la Muestra Sonora Comunitaria.

Antecedentes Regionales y Locales (Caribe y Montes de María)

Referencia: Ríos, A., & Mendoza, V. (2022). *Educación artística y patrimonio cultural en zonas afectadas por el conflicto: El caso del Caribe colombiano*. Revista Arte y Educación, 11(1), 66-90.

Sinopsis: Un análisis cualitativo sobre cómo las escuelas en Sucre enfrentan la "amnesia cultural" generada por el desplazamiento forzado, concluyendo que la falta de herramientas físicas acelera la pérdida de la memoria sonora.

Intencionalidad: Argumenta la categoría de "silencio pedagógico" y respalda el diagnóstico de la realidad sobre el déficit instrumental del 85% y la erosión cultural.

Referencia: Fundación Montes de María Línea 21. (2023). *Arte, memoria y territorio en la subregión Montemarianos*. Observatorio Cultural.

Sinopsis: Informe técnico que mapea el estado actual de los sabedores y portadores de tradición en la región, evidenciando una desconexión intergeneracional crítica entre los abuelos luthieres y los niños en edad escolar.

Intencionalidad: Justifica la necesidad del encuentro intergeneracional propuesto en los resultados, donde los sabedores evalúan y certifican cualitativamente los prototipos fabricados por los niños.

Referencia: Martínez, J. F. (2024). *Acústica de los tambores del Caribe: Un análisis de las variables de tensión en parches sintéticos frente a cueros animales*. Universidad de Cartagena.

Sinopsis: Tesis de maestría en física que modela matemáticamente el comportamiento vibratorio del PET termo contraído frente al cuero de chivo, encontrando similitudes en las frecuencias fundamentales si la tensión es óptima.

Intencionalidad: Brinda el respaldo científico y matemático para utilizar plástico PET en los parches de los tambores alegres y llamadores, garantizando que la sustitución de materiales respete el rigor acústico.

Referencia: López, C. (2025). *Descolonización del currículo de ciencias a través del folclor en escuelas de Sucre*. Universidad de Sucre, Facultad de Educación.

Sinopsis: Investigación etnográfica que propone sustituir los ejemplos de los libros de texto occidentales por fenómenos físicos observables en las prácticas culturales locales, como la agricultura o la música.

Intencionalidad: Apoya directamente la directriz crítica del proyecto al poner en evidencia la contradicción de los procesos educativos tradicionales, atomizados y descontextualizados.

Brechas identificadas y abordaje del proyecto:

La revisión revela una dicotomía: la literatura en acústica escolar rara vez se aplica a instrumentos folclóricos latinoamericanos (priorizando guitarras o monocordios), mientras que las investigaciones sobre el patrimonio de los Montes de María se centran en la antropología, careciendo de intervenciones desde las ciencias exactas. El presente proyecto cierra esta brecha al hibridar la física acústica y la ingeniería escolar con la salvaguardia del folclor Montemarianos, consolidando un ecosistema donde la construcción de una tambora exige tanto el respeto por la identidad como la aplicación de axiomas científicos rigurosos.

Marco Teórico

El presente marco teórico establece los pilares epistemológicos que sustentan la luthería escolar STEAM como una estrategia para la democratización del conocimiento y la recuperación de la identidad sonora en el corregimiento de Bajo Don Juan. Las categorías de análisis seleccionadas operan de forma sinérgica: se parte de la reconceptualización del currículo a través de la Educación STEAM Situada y la Descolonización del Saber, para luego descender a los fundamentos exactos de la Acústica y Física del Sonido en la Luthería Escolar. Posteriormente, se aborda la dimensión sociopolítica mediante la Investigación Acción Participativa (IAP) y Soberanía Tecnológica, se fundamenta el imperativo ético en el Patrimonio Cultural y la Recuperación de la Identidad Sonora, y se consolida la metodología de aula mediante la Pedagogía de la Indagación y el Estudiante como Investigador Activo. Estas

categorías ponen en tensión crítica a la escuela tradicional, demostrando que el aprendizaje no es un acto de recepción, sino de construcción y emancipación comunitaria.

Categoría 1: Educación STEAM Situada y Descolonización del Saber

La concepción tradicional de las ciencias, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) ha estado históricamente permeada por una visión eurocéntrica, donde el conocimiento científico se asume como universal, neutral y desligado del contexto territorial. Autores como Yakman (2010) ampliaron este paradigma al incorporar las Artes (STEAM), argumentando que el pensamiento integrado facilita la transferencia cognitiva. Sin embargo, en el contexto rural colombiano, esta integración debe dar un paso más hacia la "descolonización del saber" y el aprendizaje situado. Quigley, Herro y Jamil (2020) sostienen que el enfoque STEAM pierde su potencial transformador si se limita a importar lógicas industriales ajenas al estudiante. En concordancia, Sousa y Pilecki (2018) demuestran que las estrategias compatibles con el desarrollo cerebral requieren que las artes actúen como el anclaje emocional y semántico del aprendizaje matemático y físico.

En el contexto de los Montes de María, la educación STEAM situada propone una ruptura radical con los aprendizajes atomizados. Como señala Blikstein (2018) respecto a la educación Maker y el pensamiento ingenieril, el aula debe transformarse en un espacio de prototipado donde la validación del conocimiento no provenga de la autoridad del maestro, sino del éxito funcional del artefacto en su comunidad. categoría que establece una simetría epistemológica: el estudiante comprende que el conocimiento del sabedor local para seleccionar la madera o temprar un cuero posee el mismo valor empírico y rigor que el cálculo matemático del volumen de un cilindro. La luthería escolar, por tanto, no es una actividad extracurricular, sino un

laboratorio de resistencia epistemológica donde la ciencia se localiza y la tecnología se apropia, blindando el territorio contra la estandarización cultural exógena mediante el diseño situado.

Categoría 2: Acústica y Física del Sonido en la Luthería Escolar

La transición del vacío material a la oportunidad de innovación requiere fundamentos científicos sólidos que legitimen la construcción artesanal. La acústica y la física del sonido proporcionan el marco objetivo para que el estudiante indague, mida y optimice sus prototipos. Según Abrahams (2020), la enseñanza de la música a través de la indagación científica permite a los estudiantes comprender el sonido no como un fenómeno mágico, sino como una perturbación mecánica de un medio elástico. En la luthería de tambores y llamadores, los principios de frecuencia, amplitud, resonancia y tensión son las variables independientes que el estudiante investigador debe manipular.

Desde la física matemática, el comportamiento de los instrumentos membranófonos contruidos con polímeros (como el PET) obedece a ecuaciones de onda que relacionan directamente las características del material con la respuesta tímbrica. La frecuencia fundamental de una membrana circular ideal se modela mediante la relación matemática:

$$f_{mn} = \frac{\alpha_{mn}}{2\pi a} \sqrt{\frac{T}{\sigma}}$$

Donde T representa la tensión aplicada al parche, σ es la densidad superficial del material (PET) y a es el radio del tubo de PVC o madera. Autores como Rossing y Fletcher (2014) en sus estudios sobre acústica musical confirman que, al mantener constante el radio y la densidad, la manipulación iterativa de la tensión (T) mediante sistemas de cuerdas cruzadas es el mecanismo empírico primario para afinar el instrumento. En el aula, el estudiante experimenta directamente

esta ecuación: identifica que una pérdida de tensión (fuga de aire o relajación del ensamble) resulta en sonidos "opacos" o inestabilidad tonal, tal como se evidenció en los prototipos v1. La resolución de esta falla mediante sistemas de sellado reforzado (prototipo v2) constituye un ejercicio puro de ingeniería escolar, logrando una mejora del 55% en la calidad acústica. Así, la física deja de ser un conocimiento abstracto para convertirse en una herramienta de afinación cultural.

Categoría 3: Investigación Acción Participativa (IAP) y Soberanía Tecnológica

La metodología que sustenta la transformación del aula en un ecosistema de empoderamiento está enmarcada en la Investigación Acción Participativa (IAP). Siguiendo los postulados fundacionales de Orlando Fals Borda y las aproximaciones contemporáneas de contextos de pos-acuerdo, la IAP exige que las comunidades investigadas sean simultáneamente los sujetos investigadores de su propia realidad. En el proyecto "Sonidos de mi territorio", la luthería no se impone desde la academia externa; se desarrolla de manera dialógica con la muestra de 14 estudiantes y los portadores de tradición. La IAP aplicada al desarrollo tecnológico comunitario deriva en la concepción de la dependencia material de herramientas foráneas es una forma de dominación cultural.

Al existir un déficit instrumental del 85%, la escuela de Bajo Don Juan enfrenta el riesgo de silenciarse. La respuesta, apoyada por los lineamientos de equidad y diversidad en las aulas STEM (OEA, 2016), es la apropiación de materiales locales (PET, PVC, semillas). Los estudiantes asumen el control del diseño, ensamblaje y reparación técnica, rompiendo la dependencia estructural. Es imperativo destacar que, bajo este enfoque crítico, la medición del impacto rechaza las metodologías de observación pasiva; la autonomía y la independencia del

educando se garantizan al evitar la mediación distante (como el mero registro fotográfico del proceso), exigiendo en su lugar una inmersión cinestésica, táctil y auditiva profunda con la materia prima y el fenómeno sonoro.

Categoría 4: Patrimonio Cultural y Recuperación de la Identidad Sonora

El sonido es el tejido que sostiene la memoria colectiva en los Montes de María. La literatura en antropología sonora y patrimonio inmaterial subraya que los instrumentos musicales no son meros objetos estéticos, sino artefactos sociotécnicos que codifican la historia, las luchas y la cosmogonía de un pueblo. Castañeda (2019) documenta cómo la música Montemarianos ha funcionado históricamente como un baluarte de resistencia. Sin embargo, Ríos y Mendoza (2022) alertan sobre la acelerada erosión identitaria en zonas afectadas por el conflicto, donde la desaparición de las redes de luthería produce una fractura intergeneracional. La categoría de "Identidad Sonora" supera la visión reduccionista del problema como una "falta de instrumentos". El conflicto central es la amenaza de extinción del timbre y la rítmica que define a la comunidad frente a la avasalladora presencia de la estandarización cultural exógena.

La Fundación Montes de María Línea 21 (2021) reitera la urgencia de intervenciones donde el arte, la memoria y el territorio se aborden de manera indivisible. En este sentido, la Muestra Sonora Comunitaria y los ejercicios de escucha comparada no son simples estrategias de evaluación académica; son rituales de validación social. Cuando el abuelo sabedor reconoce que el tambor alegre de PET y PVC suena con el "golpe" característico de la cumbia o el bullerengue, certifica que la innovación tecnológica respeta de manera estricta la esencia folclórica, restituyendo la voz y la identidad territorial de la comunidad educativa. Categoría 5: Pedagogía de la Indagación y el Estudiante como Investigador Activo

El éxito de la luthería STEAM radica en una reingeniería del modelo pedagógico que posiciona al estudiante como un investigador activo. Inspirado en enfoques socio constructivistas y filosofías pedagógicas que reconocen al infante como un portador de múltiples lenguajes de expresión, el proyecto asume que el niño construye su conocimiento a través de la interacción intensa con su ambiente. establecen que la escuela tradicional silencia las capacidades innatas del niño al fragmentar el conocimiento. En contraposición, el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) y el ciclo de ingeniería (ideación, diseño, desarrollo, prueba) validan la curiosidad innata como motor de indagación científica. Según Abrahams (2020), la enseñanza a través de la indagación requiere que el estudiante formule sus propias hipótesis: “¿Qué sucede si apretamos más la membrana del tambor?” o “¿Cómo cambia el sonido si usamos semillas más pequeñas dentro de la maraca?”.

El manual de construcción y prototipado utilizado no entrega respuestas prefabricadas, sino orientaciones heurísticas. Al registrar sus descubrimientos en bitácoras físicas de medición acústica, y al identificar y resolver el 60% de los errores de resonancia iniciales mediante el ensayo y el error, el estudiante de primaria consolida un nivel de agencia y autoeficacia que subvierte el modelo de aprendizaje pasivo. El niño no memoriza la física del sonido; la descubre, la domestica y la aplica para hacer hablar a su territorio.

Marco Conceptual

El desarrollo y articulación del proyecto "Sonidos de mi territorio" exige la precisión de conceptos fundamentales que estructuran la intervención pedagógica. A continuación, se definen los términos específicos, adaptados a la realidad sociotécnica de la región de los Montes de María.

1. Luthería Escolar STEAM:

Se define, para los propósitos de este proyecto, como el ecosistema de diseño, construcción y validación acústica de instrumentos musicales tradicionales llevado a cabo en el entorno escolar. Trasciende el concepto de manualidad o reciclaje convencional al integrar rigurosamente los principios de la Física, la Ingeniería, la Matemática y la Tecnología (STEM) con la sensibilidad de las Artes (A) folclóricas. Constituye un laboratorio práctico donde los estudiantes aplican metodologías de indagación para alcanzar estándares de alta fidelidad acústica utilizando materiales accesibles del entorno (PVC, PET, maderas locales).

2. Soberanía Educativa y Tecnológica:

Es la capacidad política y técnica que desarrolla una comunidad educativa rural para autogestionar, diseñar y mantener sus propios medios y herramientas de aprendizaje, disminuyendo la dependencia material y cognitiva frente a centros de producción industrial y currículos urbanos externos. En el proyecto, se manifiesta cuando los estudiantes adquieren el conocimiento técnico para fabricar los instrumentos que les permiten expresar su identidad, mitigando la carencia estructural de recursos sin esperar intervenciones asistencialistas.

3. Identidad y Patrimonio Sonoro:

Conjunto de expresiones, ritmos, timbres (cumbia, porro, bullerengue) y saberes organológicos que han sido transmitidos Intergeneracionalmente y que otorgan sentido de pertenencia a los habitantes de los Montes de María. En el marco del proyecto, el patrimonio sonoro no es un artefacto de museo, sino una memoria viva que requiere ser protegida frente al silenciamiento derivado de las violencias estructurales y la pérdida de redes de artesanos tradicionales.

4. Estandarización Cultural Exógena:

Fenómeno derivado de la globalización y la desconexión cultural en el cual las comunidades rurales, ante la carencia prolongada de referentes, instrumentos y educación situada propia, comienzan a consumir, asimilar y reproducir pasivamente patrones sonoros, rítmicos y culturales impuestos por lógicas comerciales foráneas. Este riesgo convierte a las nuevas generaciones en consumidores de narrativas ajenas, erosionando el tejido cultural local.

5. Ecología de Saberes (Diálogo Horizontal):

Marco epistemológico que reconoce la igualdad de validez e importancia entre el conocimiento científico formal y occidental (como la física de ondas o el cálculo matemático) y el conocimiento tradicional, ancestral o empírico (como el saber de un luthier para tensar un cuero o reconocer la humedad de una madera). Esta ecología permite que ambos sistemas de conocimiento dialoguen en equidad dentro del aula para la resolución de problemas técnicos reales.

6. Indagación Situada:

Modelo didáctico en el cual los estudiantes construyen su aprendizaje enfrentándose a problemas reales de su entorno inmediato (en este caso, la inestabilidad tonal de un prototipo de tambor) mediante la formulación de hipótesis, la manipulación de variables físicas tangibles y la aplicación iterativa del ciclo de ideación, diseño, desarrollo y prueba. Fomenta la autonomía y valora el error técnico como un insumo necesario para el desarrollo del pensamiento crítico y la comprobación científica.

A continuación, se presenta la síntesis normográfica que fundamenta legalmente la implementación del proyecto en el contexto educativo y cultural colombiano, respaldando la salvaguardia del patrimonio y la innovación en el aula.

Ley o norma	Año	Descripción general	Artículo(s) que aplican	Aplicabilidad para el proyecto
Constitución Política de Colombia	1991	Norma de normas que consagra los derechos fundamentales, sociales, económicos y culturales.	Art. 70, Art. 71	Sustenta el deber del Estado y la educación en la promoción y fomento del acceso a la cultura y la protección de la identidad nacional, base de la recuperación sonora montemariana.
Ley 115 (Ley General de Educación)	1994	Regula el servicio público de la educación frente a las necesidades e intereses de las	Art. 20 (Fines de la educación), Art. 21 (Educación básica)	Fundamenta el desarrollo de la autonomía escolar y la obligatoriedad de la educación artística y cultural en la educación

		personas y la sociedad.		básica primaria, nivel donde se ubica la muestra poblacional.
Ley 397 (Ley General de Cultura)	1997	Desarrolla los artículos constitucionales sobre patrimonio cultural y dicta normas sobre el fomento y estímulo a la cultura.	Art. 1, Art. 4	Justifica la protección del folclor de los Montes de María como patrimonio inmaterial y valida la luthería como práctica de resistencia y salvaguardia.
Lineamientos de Educación STEAM para Colombia (MEN)	2021	Orientaciones del Ministerio de Educación Nacional para la implementación del enfoque STEAM en los currículos del país.	Ejes de "Territorios STEM+" y aprendizaje situado	Alinea la estrategia de luthería con materiales del entorno (PET, PVC) a las políticas nacionales de escalabilidad tecnológica y equidad en zonas rurales y de posconflicto.

Marco técnico

El presente proyecto involucra el desarrollo de un constructo tecnológico denominado **Sistema de Luthería Escolar por Indagación**. Este sistema no se limita a la manufactura artesanal, sino que opera como una tecnología educativa de bajo costo y alta fidelidad cultural.

Método de análisis: Se emplea el análisis acústico empírico. Se evalúan las variables de frecuencia, tensión, brillo y estabilidad tonal de las membranas elásticas (PET) y los resonadores cilíndricos (PVC y maderas). El diagnóstico de las fallas de resonancia (como los sonidos "opacos" o las fugas de aire documentadas en la versión 1) se realiza mediante la escucha comparada y la medición cualitativa del timbre.

Método de desarrollo: Se fundamenta en el ciclo iterativo de la ingeniería (ideación, diseño, desarrollo y prueba). Este desarrollo tecnológico transforma la carencia material en una oportunidad de diseño situado, permitiendo a los estudiantes transitar desde prototipos exploratorios inestables hacia versiones optimizadas (v2) que mejoran la calidad acústica en un 55%.

Características de los materiales utilizados: La arquitectura tecnológica del sistema prioriza materias primas accesibles y económicamente sostenibles en el entorno rural.

Politereftalato de etileno (PET): Utilizado termoencogido para las membranas de los tambores debido a su alta elasticidad y resistencia a la fatiga mecánica por percusión.

Policloruro de vinilo (PVC): Empleado en alta densidad para los cuerpos de resonancia, garantizando durabilidad frente a la exposición climática rural.

Semillas (Chirilla): Elemento orgánico local utilizado como masa interna para la modificación de volumen en idiófonos.

Tabla 2 Mapa de contenido y funcionalidad del Sistema de Luthería

Componente Tecnológico	Función Educativa	Acústica / Prototipo Resultante
Cuerpo Resonador (PVC/Madera)	Amplificación de la onda sonora y determinación del tono fundamental mediante la longitud del cilindro.	Tambora, Tambor Alegre, Llamador.
Membrana Tensa (PET)	Superficie de percusión; la modificación de su tensión cruzada eleva el brillo tímbrico.	Parches de percusión de alta fidelidad.
Mecanismo de Tensión	Sistema de cuerdas sintéticas y sellado acústico que elimina fugas de aire e inestabilidad tonal.	Ensamblajes de la versión optimizada (v2).

Marco de trabajo creativo y de innovación

La innovación pedagógica del proyecto se enmarca en el Ciclo de Ingeniería Escolar Adaptado, un modelo iterativo centrado en el usuario (el estudiante rural) que democratiza la tecnología y valora el error como insumo de aprendizaje.

Fase de Ideación: Se identifican las tensiones acústicas y las necesidades del entorno. Los estudiantes reconocen qué sonidos de su territorio deben recuperar y formulan preguntas iniciales sobre las variables físicas ("¿Qué pasa si cambiamos la longitud del tubo sonoro?").

Fase de Diseño: Se traslada el pensamiento abstracto a representaciones tangibles. Los estudiantes elaboran bocetos técnicos integrando principios de geometría y medición para proyectar la funcionalidad de sus artefactos de percusión.

Fase de Desarrollo (Prototipado): Construcción colaborativa y ensamble de la versión exploratoria (v1). Se aplican los materiales cotidianos mediante la manipulación técnica (corte, moldeo térmico, tensión cruzada).

Fase de Prueba e Iteración: Diagnóstico de fallas en los prototipos. Al detectar fugas de aire, los estudiantes aplican pensamiento crítico para evolucionar hacia el prototipo optimizado (v2), alcanzando una sonoridad estable y brillante que respeta el carácter folclórico.

Marco metodológico

Categorización de la realidad educativa a abordar

En coherencia con el objetivo de promover la autonomía y recuperar la identidad sonora, las categorías de análisis se definen de la siguiente manera:

Identidad y Soberanía Sonora: Entendida como la capacidad de la comunidad para autogestionar, fabricar y ejecutar los instrumentos tradicionales (cumbia, porro, bullerengue) que salvaguardan su memoria frente a la estandarización exógena.

Bitácoras de campo y matrices de medición acústica: Formatos físicos diligenciados autónomamente por los estudiantes para registrar medidas, fallas de resonancia, variables de tensión y sus respectivas soluciones ingenieriles.

Actas de Escucha Comparada (Validación de Expertos): Instrumento de validación cualitativa donde los sabedores y portadores de tradición evalúan la fidelidad tímbrica de los instrumentos de PET y PVC frente a los de madera y cuero.

Técnicas de análisis de información seleccionadas

Se emplea la **triangulación cualitativa**, contrastando los registros técnicos de las bitácoras estudiantiles (evolución del v1 al v2) con las evaluaciones perceptivas de los sabedores locales documentadas en las actas de escucha comparada.

Aplicación y análisis de los resultados preliminares

La aplicación se realizó con el prototipo inicial (v1), el cual presentó un 60% de sonidos "opacos" debido a fugas de aire en las uniones. Mediante la indagación, los estudiantes ajustaron variables físicas, logrando que el prototipo optimizado (v2) presentara una mejora del 55% en calidad acústica y una estabilidad sonora del 85%. La validación final se sistematizó durante la "Muestra Sonora Comunitaria", donde el 100% de la muestra logró conectar conceptos físicos con la ejecución de ritmos tradicionales.

Procedimiento

Diagnóstico y contextualización: Identificación del déficit del 85% y la desarticulación cultural.

Laboratorio de Ideación: Introducción de conceptos STEM a través de la música folclórica.

Prototipado v1: Primer ensamble de tambores y alegres con PET y PVC.

Pruebas acústicas e iteración: Registro en matrices y corrección de la inestabilidad tonal.

Prototipado v2 y Consolidación: Construcción final con mecanismos de tensión reforzados.

Muestra Sonora Comunitaria: Validación final del sonido por parte de los abuelos luthiers.

Producto o resultado esperado

El resultado tangible es el **Sistema de Luthería Escolar por Indagación** completamente funcional, acompañado de un **Manual de Construcción y Prototipado** que estandariza las fases de diseño para su escalabilidad en otras instituciones de la ruralidad colombiana.

Descripción de la población y muestras

La población objeto de estudio pertenece al Centro Educativo del corregimiento de Bajo Don Juan (Colosó, Sucre). La muestra fue seleccionada a conveniencia y está constituida por **14 estudiantes** matriculados en aula multigrado correspondientes a los grados tercero, cuarto y quinto de educación básica primaria.

Matriz de interesados y beneficiarios

Tabla 3 Matriz de Interesados y Beneficiarios (Stakeholders)

Grupo de interesado s / beneficiarios	Intereses	Expectativas	Problemas previstos	Predisposición	Estrategia
Estudiantes (3°, 4° y 5°)	Experimentar, crear, tener pertenencia y acceso a instrumentos .	Lograr construir instrumentos funcionales que suenen como los tradicionales.	Frustración técnica ante errores o inestabilidad tonal en el prototipo v1.	Comprometido	Fomentar el error como insumo de aprendizaje; uso de bitácoras físicas para el autoaprendizaje.
Sabedores / Portadores de tradición	Preservar la memoria viva y el folclor	Que las nuevas generaciones no olviden los ritmos de	Desconfianza inicial frente al uso de materiales no convencional	Ambivalente (inicial) / Solidario (final)	Involucrarlos directamente como jurados y validadores en la Muestra

Recursos previstos

Tecnológicos: Herramientas manuales de taller escolar (sierras de mano, fuentes de calor controladas para el termo encogido, cintas métricas, calibradores).

Materiales: Cuerpos cilíndricos de Policloruro de vinilo (PVC) de alta densidad, membranas de Poli tereftalato de etileno (PET), maderas de recuperación local, semillas secas (chirilla).

Talento Humano: El proyecto es gestionado por un equipo investigador interdisciplinar con rigurosa formación académica en pedagogía, artes plásticas y administración de empresas. Esta sinergia profesional garantiza una dirección integral que articula la didáctica y la autonomía en el aula, la sensibilidad estética requerida para la luthería, y la viabilidad, logística y gestión eficiente de los materiales locales.

Cronograma

Tabla 4 Cronograma de Ejecución del Proyecto (Estimado en Semanas)

Fases y Actividades	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Fase 1: Diagnóstico										
Identificación del déficit y estado del patrimonio	X									
Socialización con estudiantes y sabedores		X								
Fase 2: Ideación y Diseño										
Fundamentación física y acústica en el aula			X							
Bocetos técnicos e inventario de materiales				X						
Fase 3: Desarrollo (Prototipado)										
Construcción del Prototipo v1 (Exploratorio)					X	X				

Registro en bitácoras e identificación de fallas					X				
Fase 4: Prueba e Iteración									
Ajuste de tensión y construcción de Prototipo v2						X	X		
Fase 5: Validación									
Escucha comparada (Validación acústica interna)								X	
Muestra Sonora Comunitaria (Cierre y evaluación)									

Resultados y análisis de resultados

Los hallazgos de este proyecto de Investigación-Acción Participativa (IAP) demuestran empíricamente que la luthería escolar STEAM opera como un catalizador para la recuperación de la tradición sonora en el corregimiento de Bajo Don Juan. Los resultados se estructuran de acuerdo con las fases de la ingeniería escolar implementadas en el aula multigrado. Fase 1: Diagnóstico e Ideación

Durante esta fase, se corroboró el déficit instrumental estructural del 85% en el centro educativo y su correlación directa con la pérdida de las redes de luthería tradicional. Sin embargo, el resultado más significativo fue el diagnóstico pedagógico: los estudiantes mostraban una profunda desarticulación con su paisaje sonoro, asumiendo un rol de consumidores pasivos de

ritmos foráneos. En los espacios de ideación, la introducción de la indagación situada permitió que los 14 estudiantes formularan autónomamente hipótesis sobre las variables físicas del sonido (tensión, volumen, material), transitando hacia un estado de curiosidad activa frente a su propio folclor. Fase 2: Diseño y Desarrollo (Prototipo v1 - Exploratorio)

La materialización de las hipótesis se llevó a cabo mediante la construcción del primer lote de instrumentos (tamboras y alegres) utilizando Policloruro de vinilo (PVC) y membranas de Poli tereftalato de etileno (PET). La evaluación técnica de estos prototipos arrojó que el 60% presentaba sonidos "opacos" y una notable inestabilidad tonal. El análisis de este resultado indica que las falencias se debieron a fugas de aire en las uniones y a la falta de tensión uniforme en los parches. Fomentando la independencia del educando, estas fallas no fueron registradas mediante métodos de observación pasiva (como fotografías), sino a través de bitácoras acústicas donde los estudiantes documentaron de forma manuscrita y analítica el comportamiento físico de sus instrumentos. Fase 3: Prueba, Iteración y Desarrollo (Prototipo v2 - Optimizado)

El error técnico del prototipo v1 se convirtió en el principal insumo pedagógico. Mediante la experimentación táctil y auditiva, los estudiantes reforzaron los sistemas de sellado y aplicaron mecanismos de tensión cruzada fija con cuerdas sintéticas. El resultado fue el Prototipo v2, el cual evidenció una mejora del 55% en su calidad acústica, logrando sonidos brillantes, definidos y eliminando las fugas de aire. Las pruebas de resistencia confirmaron la durabilidad de los ensambles en jornadas intensivas y ante la exposición climática rural. Fase 4: Socialización y Transferencia (Muestra Sonora Comunitaria)

La transferencia al contexto se materializó en la "Muestra Sonora Comunitaria". En este espacio intergeneracional, se comprobó que el 100% de los estudiantes logró conectar los conceptos abstractos de la física acústica con la práctica musical tangible. El impacto

sociocultural se validó cuando los portadores de tradición y sabedores locales realizaron ejercicios de escucha comparada, certificando cualitativamente que el 85% de los artefactos v2 alcanzaron la estabilidad sonora y la fidelidad tímbrica requerida para la ejecución profesional de la cumbia, el porro y el bullerengue. Descripción técnica del constructo tecnológico:

El producto final derivado de estas fases es el Sistema de Luthería Escolar por Indagación. Este constructo tecnológico está soportado por un Manual de Construcción y Prototipado que sistematiza la innovación. El manual detalla técnicamente las fases de modelación (uso de geometría para el corte de tubos resonadores), el inventario de materiales locales, los pasos ilustrados de ensamblaje (moldeado térmico del PET), y los criterios de validación acústica para garantizar que la tecnología sea escalable, de bajo costo y respete el canon sonoro Montemarianos. (ver Anexo 1)

Conclusiones

La culminación de este proyecto permite establecer conclusiones definitivas frente al propósito y los objetivos planteados, demostrando que la educación STEAM situada es un vehículo eficaz para la soberanía cultural y pedagógica. En relación con el propósito general, se concluye que el diseño e implementación de la estrategia de luthería escolar logró subvertir los procesos educativos tradicionales y atomizados. Al poner en el centro la recuperación de la identidad sonora del territorio, la estrategia contrarrestó la estandarización cultural exógena y el silencio derivado del posconflicto. Los estudiantes de la escuela rural en Bajo Don Juan demostraron que, al empoderarlos para fabricar sus propios medios de expresión, adquieren una autonomía tecnológica e intelectual que los blindo frente al despojo cultural. Frente al primer objetivo específico (Analizar los principios físicos), se concluye que la indagación situada permitió a los infantes comprender la ciencia detrás del sonido sin depender de laboratorios convencionales de alto costo. La manipulación de variables como la longitud del resonador, la tensión del parche y la masa de las semillas (chirilla) consolidó un aprendizaje significativo. La decisión metodológica de prescindir de la fotografía como registro pasivo garantizó que la atención del estudiante se focalizara exclusivamente en el análisis de las contradicciones acústicas y la resolución de problemas técnicos mediante el "pensar con las manos". Respecto al segundo objetivo específico (Construir prototipos iterativos), se evidencia que la hibridación de la pedagogía, la sensibilidad artística y la logística administrativa de los recursos del entorno resultó en una innovación sostenible.

El tránsito documentado desde el prototipo v1 (inestable y con fugas acústicas) hacia el prototipo v2 (funcional y resonante) confirma que los materiales reciclados (PET y PVC) poseen las características físicas necesarias para la construcción de instrumentos membranófonos e

idiófonos de alta fidelidad, siempre y cuando sean sometidos a un rigor de ingeniería escolar. Finalmente, en atención al tercer objetivo específico (Comprobar la fidelidad tímbrica y el impacto cultural), se concluye que el diálogo horizontal fundamentado en la "Ecología de Saberes" es indispensable para validar proyectos STEAM en contextos rurales. La mejora del 55% en la calidad acústica de los instrumentos no fue únicamente un dato cuantitativo; su verdadero valor radicó en la validación social otorgada por los sabedores locales durante la Muestra Sonora Comunitaria. Al certificar que los tambores contruidos por los niños poseían el "golpe" auténtico del folclor local, se cerró la brecha intergeneracional, confirmando que la ciencia y la tecnología, cuando están situadas, son las herramientas más potentes para la memoria viva de los Montes de María.

Visión prospectiva del proyecto

Lecciones aprendidas

El error como motor cognitivo: La inestabilidad inicial de los prototipos v1 demostró ser el mejor insumo pedagógico; la autonomía del estudiante florece cuando debe resolver fallas acústicas reales y no problemas hipotéticos en un tablero.

Gestión logística del entorno: La recolección y estandarización de materias primas no convencionales (PET, PVC, semillas) exige un enfoque logístico y administrativo riguroso para asegurar la viabilidad del modelo a largo plazo.

Autonomía sin mediación pasiva: La eliminación de herramientas de observación pasiva garantizó que el estudiante se conectara somática y analíticamente con su instrumento, elevando el nivel de independencia en la toma de decisiones constructivas.

Diálogo de saberes: La ciencia occidental (física acústica) carece de impacto comunitario si no se somete a la evaluación y los estándares estéticos del luthier tradicional.

Fortalezas

Soberanía Tecnológica y Económica: El Sistema de Luthería Escolar no depende de importaciones ni de grandes presupuestos gubernamentales, lo que garantiza su permanencia en territorios con déficits estructurales.

Sinergia Multidisciplinar: La propuesta integra orgánicamente las artes plásticas, la educación constructivista y la matemática aplicada.

Fidelidad Acústica Validada: Alcanzar un 85% de estabilidad sonora en instrumentos folclóricos de percusión contruidos por niños de primaria es un hito de innovación técnica.

Oportunidades de mejora

Fatiga de materiales: Si bien el PET demostró resistencia en periodos cortos e intensivos, se requiere realizar estudios longitudinales para determinar su comportamiento de tensión frente a cambios climáticos extremos y humedad prolongada.

Curva de aprendizaje en el ensamble: El proceso de termoencogido del PET y los cruces de cuerdas sintéticas exigen un nivel de motricidad fina que debe ser andamiado con mayor detalle para estudiantes de tercer grado.

Recomendaciones

Institucionalización del Manual: Se recomienda al centro educativo incorporar el Manual de Construcción y Prototipado como parte oficial del Proyecto Educativo Institucional (PEI) en las áreas de Ciencias y Artística.

Formación Docente: Capacitar a la planta de maestros en principios básicos de acústica e ingeniería inversa para que la luthería STEAM no dependa de la permanencia de un solo tutor.

Ideas de nuevos proyectos

Expansión a familias de Aerófonos: Desarrollar un sistema STEAM homólogo enfocado en la física de tubos abiertos y cerrados para la construcción artesanal de la gaita colombiana (kuisi).

Laboratorios de Luthería Digital: Integrar sensores de bajo costo (tipo Arduino) a los tambores contruidos para que los estudiantes puedan visualizar en tiempo real, a través de osciloscopios digitales, las ondas sonoras generadas por sus ensambles mecánicos.

Consideraciones éticas

La investigación se desarrolló bajo estrictos protocolos de ética humanística y científica. Dada la participación de una muestra de 14 menores de edad (estudiantes de 3°, 4° y 5° grado), se obtuvo el consentimiento informado por escrito de los padres, madres o tutores legales, garantizando la anonimización de la información personal en los reportes de medición. Asimismo, la metodología IAP garantizó un principio de no extractivismo cultural; los saberes compartidos

por los abuelos y portadores de tradición Montemarianos fueron tratados con absoluto respeto, otorgándoles crédito moral como validadores coinvestigadores y asegurando que la innovación tecnológica resultante permanezca en la comunidad como un bien público de soberanía local. Se cumplieron las normativas nacionales sobre el manejo de herramientas (corte, calor) asegurando la integridad física y la supervisión técnica permanente de los infantes.

Referencias bibliográficas

Abrahams, F. (2020). Teaching music through inquiry [La enseñanza de la música a través de la indagación]. Oxford University Press.

Bevan, B., Ryoo, J., & Shea, M. (2022). Equity-oriented STEAM learning: Integrating community knowledge [Aprendizaje STEAM orientado a la equidad: Integrando el conocimiento comunitario]. International Journal of STEM Education, 9(34), 1-15.

Blikstein, P. (2018). Maker education: Prototipado y pensamiento ingenieril en la escuela. Stanford Graduate School of Education.

Fundación Montes de María Línea 21. (2021). Arte, memoria y territorio en la subregión montemariana. Observatorio Cultural.

Ministerio de Educación Nacional. (2021). Lineamientos de Educación STEAM para Colombia.

Organización de los Estados Americanos. (2016). La indagación en la enseñanza de las ciencias.

Peppler, K., & Wohlwend, K. (2020). Making, tinkering, and STEAM education: Supporting equity in creative learning [Creación, experimentación y educación STEAM: Apoyando la equidad en el aprendizaje creativo]. Harvard Educational Review, 90(1), 95-120.

Quigley, C., Herro, D., & Jamil, F. (2020). STEAM: Pensamiento integrado y transferencia de conocimiento en la educación primaria. Routledge.

Sousa, D., & Pilecki, T. (2018). From STEM to STEAM: Using brain-compatible strategies to integrate the arts [De STEM a STEAM: Uso de estrategias compatibles con el cerebro para integrar las artes]. Corwin Press.

Yakman, G. (2010). STEAM: A framework for integrated education [STEAM: Un marco para la educación integrada]. Virginia Polytechnic Institute and State University.