

UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Prototipado de un tubo de Kundt bajo estrategia DIY para el desarrollo del pensamiento físico en la educación media

Sergio Andrés Correa Díez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales
Medellín, Colombia
2023

Prototipado de un tubo de Kundt bajo estrategia DIY para el desarrollo del pensamiento físico en la educación media

Sergio Andrés Correa Díez

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director (a):

Ph.D. Nerio Andrés Montoya Giraldo

Línea de Investigación:

Nombrar la línea de investigación en la que se enmarca la tesis o trabajo de investigación

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de ciencias Exactas y Naturales
Medellín, Colombia
2023

Agradecimientos

A mi asesor Nerio A. Montoya por toda su paciencia en todo el proceso de formación, por su exigencia, disciplina y constancia; por brindarme todo su conocimiento y entrega para la construcción de este trabajo.

Quiero agradecer también a mi esposa Alejandra Pérez por ser mi inspiración y mi apoyo a lo largo de este camino. Su amor incondicional, paciencia y constante aliento fueron fundamentales para superar los desafíos y mantenerme enfocado en mis metas. Cada logro alcanzado es un reflejo de su apoyo.

A mi muñeco, mi hijo Thomas que con solo cinco meses de edad ha iluminado cada día de este viaje. Tu presencia ha sido una fuente constante de alegría y motivación.

Resumen

Prototipado de un tubo de Kundt bajo estrategia DIY para el desarrollo del pensamiento físico en la educación media

Se presenta en esta investigación una propuesta de enseñanza partiendo del diseño del tubo de Kundt con sensores para adquisición de datos y materiales de fácil acceso como herramienta TIC para la construcción de conocimientos en física basada en la teoría sociocultural de Vygotsky. Se pretende mostrar la importancia de la experimentación como instrumento que facilita el aprendizaje de los estudiantes, las potencialidades que tiene la cultura Maker desde la filosofía DIY como estrategia de enseñanza a través del trabajo colaborativo y el avance de los estudiantes en la comprensión de conceptos relacionados con las ondas estacionarias durante la implementación de la propuesta. Este trabajo se desarrolló en la institución educativa San Ignacio de Loyola de la ciudad de Medellín, con estudiantes de sexto a undécimo grado. La recolección de información se realiza a través de diferentes técnicas e instrumentos como cuestionarios y observación de los participantes. En relación con los resultados se obtuvo que: los estudiantes lograron una mejor comprensión debido a la interacción con los demás compañeros y con los recursos proporcionados en la construcción del prototipado; el desarrollo de habilidades como la toma de decisiones, formulación de preguntas sobre física y apropiación de los conocimientos adquiridos. También se encontró que el papel del docente como guía y mediador es fundamental, ya que favoreció que los estudiantes se motivaran en el proyecto y fueran ellos los impulsores del trabajo que fue realizado en cada uno de los momentos.

Palabras clave: Sistemas de adquisición de datos, ondas estacionarias, cultura Maker, DIY, enseñanza de la física y Arduino.

Abstract

Prototyping of a Kundt tube under DIY strategy for the development of physical thinking in secondary education

In this research, a teaching proposal is presented based on the design of the Kundt tube with sensors for data acquisition and easily accessible materials as an TIC tool for the construction of knowledge in physics based on Vygotsky's sociocultural theory. The aim is to show the importance of experimentation as an instrument that facilitates student learning, the potential that Maker culture has from the DIY philosophy as a teaching strategy through collaborative work and the progress of students in understanding related concepts. with standing waves during the implementation of the proposal. This work was developed at the San Ignacio de Loyola educational institution in the city of Medellín, with students from sixth to eleventh grade. Information collection is carried out through different techniques and instruments such as questionnaires and participant observation. In relation to the results, it was obtained that: the students achieved a better understanding due to the interaction with other classmates and with the resources provided in the construction of the prototyping; the development of skills such as decision making, asking questions about physics and appropriating the acquired knowledge. It was also found that the role of the teacher as a guide and mediator is fundamental, since it helped the students to become motivated in the project and they were the promoters of the work being carried out at each moment.

Keywords: Data acquisition systems, standing waves, Maker culture, DIY, physics teaching and Arduino.

CONTENIDO

CONTENIDO	7
LISTA DE IMÁGENES	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABLAS	11
Introducción	12
1. DISEÑO TEÓRICO	14
1.1 Selección y delimitación del tema.....	14
1.2 Planteamiento del problema	15
1.2.1 Descripción del problema.....	15
1.2.2 Formulación de la pregunta	18
1.3 Justificación.....	19
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
2. MARCO REFERENCIAL.....	21
2.1 Antecedentes	21
2.1.1 Enseñanza de la física	21
2.1.2 La importancia de la experimentación en la física	23
2.1.3 La cultura Maker vista desde el enfoque Do It Yourself en la enseñanza.....	26
2.1.4 Enseñanza de las ondas estacionarias teniendo como instrumento el tubo de Kundt.....	28
2.2 Referente Teórico	31
2.2.1 Teoría sociocultural de Vygotsky	31
2.2.2 Desarrollo conceptual de las ondas estacionarias y resonancia.....	32
2.2.3 Enseñanza de la física por medio de las TIC	36
2.2.4 Cultura Maker relacionado con la filosofía DIY	38
3. Metodología	40
3.1 Diseño metodológico	40
3.1.1 Materiales utilizados para el montaje del circuito	42
3.2 Descripción de la metodología	43
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	51

5. CONSIDERACIONES FINALES	60
5.1 Conclusiones.....	60
5.2 Recomendaciones.....	61
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	62
ANEXOS.....	65
<i>Anexo A. Saberes previos sobre características de una onda estacionaria</i>	<i>65</i>
Anexo B. Respuesta de algunos estudiantes al cuestionario saberes previos	67
Anexo C. Guía de laboratorio.....	68
Anexo D. Respuesta de algunos grupos en la toma de datos y cálculo de la velocidad del sonido.	70
Anexo E. Código Arduino (Micrófono).....	71
Anexo F. Aplicación Arduino Science Journal.....	72
Anexo G. Preguntas finales	73
Anexo H. Respuesta de algunos estudiantes al cuestionario final.	75
Anexo I. Encuesta de satisfacción	77
Anexo J. Respuestas de algunos estudiantes sobre la encuesta de satisfacción.....	78
Anexo K. Fotografías de la intervención de la propuesta de investigación.	79

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1: Práctica. Cuestionario saberes previos.	44
Imagen 2: Práctica. Explicación del maestro sobre ondas estacionarias.....	46
Imagen 3: Práctica. Construcción del prototipo del tubo de Kundt.	48
Imagen 4: Práctica. Construcción del prototipo del tubo de Kundt.	49
Imagen 5: Práctica. Cuestionario final.....	50
Imagen 6: Construcción del tubo de Kundt.	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Montaje experimental Tubo de Kundt.....	28
Figura 2: Dispositivo experimental tubo de Kundt para medir la velocidad del sonido con respecto a la temperatura.	29
Figura 3: Teoría Sociocultural de Vygotsky (construcción propia).....	32
Figura 4: Tubo de Kundt (construcción propia).	34
Figura 5: Ondas de resonancia en tubos cerrados - Cuatro primeros armónicos (construcción propia).	35
Figura 6: Cultura Maker (construcción propia).	39
Figura 7: Primer armónico (construcción propia).....	45
Figura 8: Segundo armónico (construcción propia).....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Diseño de la propuesta metodológica.	41
Tabla 2: Materiales utilizados para la construcción del tubo de Kundt	42
Tabla 3: Respuestas de la prueba Saberes Previos.....	51
Tabla 4: Respuestas de la encuesta de satisfacción.....	58

Introducción

La física en la actualidad se piensa de una forma más dinámica, debido al avance de las nuevas tecnologías y lo que representa para el desarrollo del hombre; por esto la enseñanza de ésta ciencia en todos los niveles educativos se está transformando y adaptando a las necesidades del estudiante de hoy, el cual requiere de metodologías activas para motivarse por el aprender dentro del aula de clases, ya que como bien se sabe todo está en la web facilitado cada vez más por las inteligencias artificiales. En donde el maestro es el elemento diferenciador, ya que es el mediador entre el conocimiento que ya está dado y el estudiante que quiere ser motivado.

En esta misma línea, a la hora de hablar sobre aprender un concepto físico el papel del experimento es fundamental como herramienta de enseñanza, el cual permite llevar la teoría que suele ser muy abstracta para un joven de escuela a la realidad o muy cercana a ella; debido a que muchas veces el docente se queda solo desde la formulación conceptual y matemática de la física. En cuanto al diseño de estos laboratorios el reto siempre es sacarlos de la rutina y llevarlos a la transversalización con las TIC para lograr capturar la atención del estudiante e incrementar su participación.

El presente trabajo busca brindar una estrategia metodológica para enseñar el tema de ondas estacionarias a través de la construcción de un prototipo del tubo de Kundt haciendo uso de herramientas TIC como los son los sensores de adquisición de datos y la programación en Arduino para el análisis de la información; al igual se presenta una perspectiva fuerte con la construcción del conocimiento desde el trabajo colaborativo según Vygotsky y que se complementa con la filosofía de la cultura Maker para potenciar y desarrollar diferentes habilidades en los estudiantes.

La investigación realizada consta de seis capítulos y diez anexos que contiene las pruebas realizadas, la guía de laboratorio, el código utilizado en la programación y algunas evidencias escritas y fotográficas del trabajo realizado con los estudiantes. En el primer capítulo se realiza una descripción del planteamiento del problema

identificado por el docente investigador y el cual será tratado a lo largo del trabajo, el contexto escolar de dicho problema y los objetivos que se pretenden alcanzar con la implementación de la propuesta metodológica. El capítulo 2 se encuentra todo el componente conceptual y matemático sobre las ondas estacionarias, el rastreo de información con los hallazgos de los antecedentes más relevantes y el marco teórico relacionado con la enseñanza de la física desde las TIC, la cultura Maker desde el enfoque DIY y la perspectiva pedagógica de este trabajo con Vygotsky. Como capítulo tercero se propone y describe detalladamente la metodología a implementar con los materiales, recursos y momentos de desarrollo de la experiencia. El capítulo 4 se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los momentos realizados con el análisis de la información lograda en las pruebas hechas de manera individual por los estudiantes y en el trabajo colaborativo al construir el tubo. Posteriormente, las conclusiones que se evidenciaron a lo largo de la intervención y algunas recomendaciones para futuras investigaciones. Finalmente, en el capítulo 6 se encuentra el soporte bibliográfico con los autores que dan soporte a este trabajo.

1. DISEÑO TEÓRICO

1.1 Selección y delimitación del tema

La ciencia y la tecnología han venido avanzado a grandes pasos, más aún desde el contexto de la enseñanza de una de ellas que cada vez cobra más fuerza en la sociedad como medio para comprender lo que nos rodea y sobre todo lo aún desconocido. La física desde el componente teórico y las prácticas experimentales permiten salir del marco abstracto que se ubican muchas veces las ciencias y migrar a un espacio para la innovación educativa, la convergencia entre la tecnología y la pedagogía y se potencialicen las habilidades científicas; las cuales han favorecido las distintas prácticas en las escuelas, donde los estudiantes aprenden sobre la fundamentación en física, los conceptos y la aplicación de estos en el laboratorio. El tema del presente trabajo se elige en la enseñanza de la física dirigido a la media académica, enfocada en la práctica experimental y la construcción social del conocimiento mediada por la integración de conceptos provenientes de la cultura Maker, esta se caracteriza por ser un movimiento que fomenta la relación de la tecnología y la sociedad, donde las personas hacen las cosas con sus propias manos, lo cual es conocido dentro de esta misma cultura como “Do It Yourself” (DIY); al igual son filosofías en las cuales se busca un aprendizaje activo mediante la resolución de problemas reales, la experimentación, la interdisciplinariedad y la autonomía, los cuales permiten a los estudiantes tomar decisiones sobre el diseño y ejecución de sus proyectos (Peppler y Bender, 2013). Por otra parte, esta investigación se llevó a cabo en un colegio privado de la ciudad de Medellín con estudiantes de la media académica; con el grupo seleccionado se abordaron temáticas relacionadas a conceptos de física (ondas), contrastando los saberes previos con los resultados obtenidos en la construcción del tubo de Kundt y el conocimiento adquirido; se elaboró el prototipado del equipo, se hizo la programación del mismo, al igual que la recolección y el análisis de los datos; finalmente, se hizo énfasis en el enfoque que pretende la cultura Maker y cómo con ella se puede potencializar la construcción de saberes en física.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Descripción del problema

La ciencia ha tenido un gran avance a nivel tecnológico en los últimos años el cual cada vez más se acerca al día a día de las personas y esta a su vez ha permitido entender el mundo de diferentes maneras. Particularmente, en la enseñanza de las ciencias naturales en física se ha venido motivando a los estudiantes desde el punto de vista experimental contrastando lo teórico, donde la parte experimental “ayuda al estudiante a tener una mayor profundidad del tema estudiado y comprensión amplia del fenómeno” (Ubaque, 2009) esto favorece los escenarios educativos, ya que lograr medir, calcular, construir u observar un fenómeno natural que para la mayoría no sale de lo abstracto, contribuye al aprendizaje y favorece la posibilidad de desarrollar un pensamiento físico.

Por otra parte, la Unesco se ha venido planteando aspectos importantes sobre la enseñanza de la física al punto de establecer en las organizaciones internacionales la educación en ciencias como un imperativo para cualquier ciudadano que requiera tomar decisiones sobre el mismo y sobre el mundo que lo rodea, que cada ciudadano posea a la vez un conocimiento y conceptos centrales que forman la base del conocimiento científico (Unesco, 2016); por ello no solo aprender de física se enmarca a unos contenidos dentro del aula si no que permite la comprensión del mundo desde otra perspectiva. Siguiendo esta misma idea, Tacca (2010) considera que “la enseñanza de las ciencias naturales nos ayuda a comprender el mundo que nos rodea con su complejidad [...] dota a nuestros alumnos de estrategias para que puedan operar sobre la realidad, conociéndola y transformándola” (p.147).

Adicional a esto, la enseñanza de la ciencia no deja de lado su carácter experimental, ya que gran parte de esta es fundamental para el proceso de enseñanza y aprendizaje; así mismo, la enseñanza de las ciencias es de “carácter teórico-experimental”, es decir, en la cual la enseñanza de las ciencias debe ir acompañada de la teoría para luego llegar a la práctica. Aunque, muchos otros autores coinciden en que desde la práctica o la experimentación también se llega a la construcción del conocimiento conceptual. Éste juega un papel muy importante en la enseñanza de las ciencias debido a que permite al estudiante

comprender el fenómeno estudiado en física y al mismo tiempo la motivación hacia el aprendizaje de las ciencias, ya que por medio de estas permite comprobar experimentalmente los datos teóricos o leyes físicas previamente estudiadas.

Sin embargo, la enseñanza de las ciencias presenta aún muchas limitaciones y barreras que dificultan su comprensión, a causa de que el enfoque sea meramente teórico y la matematización de sus fundamentos, dejando de lado su carácter experimental; otro de los aspectos a tener en cuenta es que al momento de realizar la actividad experimental esta debe estar cuidadosamente diseñada teniendo en cuenta las metodologías y los lineamientos correspondientes al enfoque pedagógico que facilite el aprendizaje; no obstante, en la actualidad aún se concibe “los procedimientos experimentales tipo receta de cocina [...] por no considerarlos apropiados en una perspectiva actual de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias” (Medina, Tarazona, 2011). Así mismo Tacca (2010) también señala que “la enseñanza de las ciencias naturales se limita al dictado y la exposición de contenidos “(p.32), donde la mayoría de las veces es de carácter memorístico y se pierde el sentido que tiene la ciencia en cuanto a la resolución de problemas (físicos) teniendo como consecuencia el abandono de la experimentación como el medio para la construcción conceptual del conocimiento. La falta de recursos adecuados en los laboratorios y la limitación en la enseñanza de habilidades tecnológicas contemporáneas a menudo resultan en una disparidad entre los aspectos teóricos y experimentales del aprendizaje en ciencias. Como resultado, se descuida una parte esencial del proceso de aprendizaje científico. Como señalo Ubaque (2009), es por esto por lo que la relación con los aspectos teóricos y la correspondencia directa con la parte experimental en muchas ocasiones se deja incompleta, afectando directamente una parte importante del aprendizaje en ciencias, este desequilibrio puede afectar negativamente la comprensión profunda y la motivación de los estudiantes en el ámbito científico lo que subraya la importancia de abordar de manera efectiva tanto la teoría como la práctica en la educación científica.

Ahora bien, el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) ha tomado últimamente más fuerza con respecto a la enseñanza y aprendizaje de las ciencias en particular la física, en muchas instituciones se ha venido implementando de manera rigurosa con el objetivo de crear contextos en los cuales se favorezca el aprendizaje de las ciencias de manera significativa por medio de las TIC. Sin embargo, los programas de formación de profesores no cuentan con un programa bien definido con respecto a estas

herramientas y específicamente en el manejo de los Dispositivos de Adquisición de Datos (SAD). Al igual que, Cardona et al. (2021) señalan que “la implementación de estas herramientas tiene un papel importante [...] pues atienden a la necesidad de generar propuestas que permitan a los docentes en formación apropiarse del uso de las TIC con criterio pedagógico y didáctico” (p. 76). Por lo anterior es importante resaltar la necesidad que se crea en torno a las practicas experimentales y el uso de las TIC como insumo mediador del aprendizaje; por otra parte, Cavalcante et al. (2008) concluyen en su trabajo que no es solo los laboratorios los que representan un desafío si no la vinculación de este con las TIC y la inserción a las nuevas tecnologías en la enseñanza de la física; esto es debido a la falta de asesoría que pueden tener, la poca motivación de los profesores de física, los altos costos y la cantidad de sensores que deben adquirirse para la realización de las prácticas experimentales. Al igual estos autores resaltan que la implementación de computadores en los laboratorios de física puede contribuir al aprendizaje y a la construcción de significados generando ambientes investigativos en clase.

En el ámbito educativa, se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre la incorporación de las herramientas ofrecidas por las TIC en el aula y la promoción de una cultura innovadora en la enseñanza y aprendizaje. En este sentido, resulta beneficioso considerar la adopción del movimiento Maker y la filosofía DIY (Do It Yourself) para respaldar las actividades de laboratorio, enriquecer la experiencia de aprendizaje de los estudiantes y fomentar un enfoque activo mediante la creación y construcción de soluciones en las cuales se apliquen las nuevas tecnologías (Cardona et al., 2021; Ortega et al., 2018). Dicha cultura la cual se ha catapultado en YouTube (un portal de internet que permite a los usuarios subir y visualizar videos), donde muchas personas montan los proyectos que realizan, comparten la información con la que fue realizada, el código y el programa implementado para llevar a cabo dicho proyecto, donde se promueve la información de acceso para todos.

Por lo tanto, surge entonces la necesidad de facilitar las prácticas experimentales por medio de las TIC para favorecer el desarrollo del pensamiento físico en vinculación con el componente pedagógico, a través de herramientas que motiven a los estudiantes como la cultura Maker y la filosofía DIY apoyándose en equipos para adquisición de datos (SAD). Este enfoque permite suplir muy bien a las necesidades que surgen actualmente en los

ambientes de enseñanza y aprendizaje de la física, a la luz del Ministerio de Educación Nacional (MEN) y el plan de desarrollo TIC vigente, el cual pretende motivar y vincular a instituciones educativas privadas, pero sobre todo al sector público, a participar en proyectos innovadores que tomen como referente las nuevas tecnologías y dar insumos a todas las escuelas para que se potencialice la cultura Maker. Es por esto, que para esta investigación es un reto plantear como posible solución implementar como propuesta pedagógica la construcción de un prototipado del tubo de Kundt bajo la estrategia DIY para el desarrollo del pensamiento físico y las habilidades investigativas en la media académica, el cual vincula el trabajo colaborativo con la teoría sociocultural de Vygotsky, dándole un enfoque pedagógico muy interesante. En lo que respecta al rol del docente como mediador y la participación del estudiante a través del trabajo colaborativo, estos elementos actúan como un puente fundamental para facilitar la adquisición de conocimientos en física especialmente de conceptos relacionados con las ondas y al mismo tiempo aplicados en el contexto. Las experiencias ofrecidas en las prácticas experimentales desempeñan un papel esencial en ayudar a los estudiantes a comprender de manera más profunda la realidad que los rodea.

1.2.2 Formulación de la pregunta

De acuerdo con las consideraciones mencionadas anteriormente, se plantean las siguientes preguntas de investigación.

¿Cuál es el aporte de implementar una propuesta de enseñanza a través del enfoque DIY para la comprensión de la física?

¿Cómo evaluar de manera efectiva el impacto de la construcción del tubo de Kundt en la mejora de la comprensión y el aprendizaje de los conceptos de ondas estacionarias en los estudiantes?

1.3 Justificación

La física es concebida de muchas maneras en la actualidad, esto depende del escenario donde sea ubicada, ya que no es vista únicamente como una parte de las ciencias naturales que estudia todo lo que nos rodea desde lo macroscópico (como el movimiento de los planetas) hasta lo microscópico (como las partículas elementales) sino que en la sociedad por el avance tecnológico la física contribuye a la solución de muchas de las necesidades y ambiciones que tiene el hombre hoy en día; es por esto que la física ocupa un papel fundamental para el desarrollo científico y el contexto industrial y empresarial. Considerando lo anterior, el presente trabajo tiene la intencionalidad de abordar la enseñanza de la física desde una propuesta pedagógica mediada por las TIC y todas las herramientas que estas tecnologías ofrecen para favorecer su enseñanza y que realmente permita al estudiante una mejor comprensión de la física.

Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de tecnología y recursos didácticos con los que puede contar un laboratorio de física, persisten numerosas barreras que dificultan la comprensión de diversos conceptos físicos. Además, en muchas ocasiones, la experimentación por sí sola no logra alcanzar completamente su objetivo. Para una comprensión más sólida de la física, es necesario combinar tanto el componente teórico como el experimental como pilares fundamentales en la enseñanza de las ciencias; la elección adecuada de la estrategia pedagógica para el aula desempeña un papel crucial en el fomento del aprendizaje del estudiante. Es así, como surge el interés en conocer la manera en que la cultura Maker como estrategia pedagógica para las prácticas experimentales puede contribuir en la comprensión de conceptos en física, ya que esta puede ser efectiva para la adquisición de nuevos conocimientos al involucrar de manera activa a los estudiantes, permitiendo la aplicación práctica, la motivación, la colaboración, la estimulación de la creatividad, la aplicación y creación de nuevos conceptos y por último, mejorando la comprensión y la retención de la información.

Además, presenta la posibilidad que los estudiantes potencialicen habilidades como la observación, indagación, argumentación de fenómenos físicos. De igual forma ayuda a comprender el funcionamiento de los sistemas de adquisición de datos (SAD) y el manejo de herramientas tecnológicas para fortalecer la comprensión de conceptos físicos.

Finalmente, el presente trabajo buscó contribuir a que los estudiantes de la institución San Ignacio de Loyola de la ciudad de Medellín comprendan mejor el concepto de onda, se inquieten más por la ciencia, se motiven cada vez más por utilizar herramientas TIC y adquieran muchas de las habilidades propuestas por la filosofía DIY, después de aplicar las ideas propuestas en la presente investigación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta de enseñanza a partir de la construcción de un prototipo del tubo de Kundt mediado por la filosofía DIY para el aprendizaje del concepto de ondas estacionarias en los estudiantes.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar las potencialidades de la cultura Maker como herramienta de enseñanza de conceptos físicos.
- Construir el tubo de Kundt con materiales de fácil acceso a partir del trabajo colaborativo para la medición de ondas estacionarias.
- Analizar como el trabajo colaborativo en la construcción del tubo de Kundt favorece la comprensión de conceptos físicos en los estudiantes.
- Evaluar el progreso de los estudiantes sobre los conceptos adquiridos acerca de ondas estacionarias durante la implementación de la propuesta.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

A continuación, se contrastan las miradas de diferentes autores en cuanto las formas de cómo se aborda la enseñanza de la física, contribuciones en la experimentación con ondas estacionarias sobre todo lo que se ha realizado a partir de la construcción del tubo de Kundt y los recursos digitales que poco a poco se han involucrado como herramienta didáctica en muchas investigaciones como la filosofía DIY y que de una u otra forma hoy por hoy son aplicadas en las aulas de clase.

2.1.1 Enseñanza de la física

Existen diversas contribuciones sobre las formas de llevar la física al aula y los métodos más adecuados de enseñar y aprender sobre ciencia, por ende, se resaltan los siguientes autores. Uno de ellos es Tacca (2011) que argumenta que la enseñanza de las ciencias cada vez es más importante y que deben ser abordadas por el maestro con sumo cuidado y acorde al nivel de escolaridad y conocimientos previos que tenga el estudiante, al igual que adoptar diferentes herramientas didácticas en el aula e ir abandonando poco a poco los métodos tradicionales. Para el autor existen tres niveles, el inicial donde se tiene una visión descriptiva de lo que ocurre en la naturaleza; el segundo se da en la primaria donde el estudiante comienza a interpretar y explicar los fenómenos; y el último se efectúa en la secundaria logrando en ellos una comprensión del mundo que los rodea. Finalmente resalta dos aspectos: primero el papel del docente como mediador del conocimiento y las herramientas que utiliza para llevar la ciencia al aula de modos diferentes a los tradicionales; y segundo, lo que para él implica la enseñanza, que es la relación del conocimiento científico con lo que saben los estudiantes con el fin de llevarlos paulatinamente a la comprensión de conceptos, métodos y leyes que rigen el universo.

Por otra parte, Serrano y Prendes (2012) señalan que debido al avance en la tecnología a nivel mundial las implicaciones en la educación no se han hecho esperar, por eso en la enseñanza de la física se hace necesario adoptar las herramientas digitales como

apropiada para llevar aula. Éstos en su trabajo hacen un rastreo documental retomando varias fuentes que hablan sobre las potencialidades y algunas limitaciones que tienen las TIC a la hora de transmitir algunas concepciones físicas. Tales como, favorecer la creación de ambiente físicos virtuales que generalmente son difíciles de construir, contribuyen a la formación de profesores en herramientas digitales, simulaciones en tiempo real y recolección de datos. Además, realizaron un seminario con un grupo de docentes de física partiendo de preguntas sobre su saber en el manejo e implementación de las TIC en sus clases, algunas percepciones personales y experiencias. Al cierre del seminario los docentes que participaron manifestaron a modo de conclusión que el uso de recursos digitales si benefician la comprensión de conceptos físicos, pero que depende su éxito del manejo que tenga el maestro de este, también que el tiempo que tienen para la elaboración es poco y que el uso que le dan los estudiantes en ocasiones no es el esperado.

En el artículo publicado por Romero y Quesada, resaltan el trabajo sobre las nuevas tecnologías y el aprendizaje significativo de las ciencias, donde pretenden mostrar algunos resultados sobre el potencial de la tecnología para promover el aprendizaje significativo y algunas limitaciones. Estos a su vez señalan que "los individuos aprenden significativamente cuando son capaces de encontrarle sentido al nuevo conocimiento al conectarlo con lo que ya saben, [...] el conocimiento preexistente juega un papel clave en la capacidad del sujeto para asimilar nueva información de forma duradera y eficaz" (p. 102). Para esto el docente cuenta con múltiples elementos que brindan las TIC y que facilitan los procesos de aprendizaje. Estos a su vez, una investigación documental sobre las herramientas más utilizadas por los maestros dentro de un enfoque constructivista donde hacen mención a las más fuertes contribuciones y algunas de sus limitaciones para la enseñanza o aprendizaje de un concepto. De esta investigación se destacan la simulación, los laboratorios virtuales, modelación, los laboratorios remotos, herramientas de adquisición de datos y demás herramientas que ofrecen las TIC como medio didáctico; además se resalta la importancia del trabajo colaborativo como medio para la reflexión y evidencia del conocimiento adquirido.

Ahora bien, cuando se habla de educación la UNESCO como organismo internacional participa activamente en las reflexiones y contribuciones para el mejoramiento continuo de las prácticas de enseñanza y aprendizaje. En el año 2019 realiza un aporte importante, en donde considera que es necesario implementar estrategias innovadoras para la enseñanza

de la física que enriquecen y mejoran la educación mediante clases de resolución de problemas haciendo uso de las TIC; pues los anteriores autores coinciden en que su uso favorece la motivación de los estudiantes y mejora la calidad de los programas educativos que ofrecen las instituciones, quienes deben “concebir, diseñar y crear espacios, dispositivos y procedimientos que accedan a los estudiantes [...] establecer relaciones con los conocimientos de manera que su apropiación sea efectiva, perdurable y aplicable” (MEN, 2014, p. 35).

2.1.2 La importancia de la experimentación en la física

Trabajos de investigación desarrollados en esta línea, presentan resultados que resaltan la experimentación como un factor esencial de la física y que favorece notablemente su comprensión.

Sobresale en la investigación de Castiblanco y Vizcaíno (2008) la importancia de abordar la física desde aspectos diferentes al marco teórico de la ciencia, por ello hablan en términos de experiencias de laboratorio más no de prácticas, siendo reiterativos en el carácter diferenciador que estas nociones tienen; ya que en una experiencia “debe ser posible evaluar el punto de vista, el desempeño en equipo, la capacidad creadora, la argumentación, la exploración y la destreza misma del manejo de equipos y toma de datos, entre muchas otras, mientras en una práctica solo es posible evaluar el informe de laboratorio, el cual en la mayoría de los casos está predeterminado” (p. 68). Así mismo proponen que es ideal trabajar por proyectos en donde el estudiante se enfrente a situaciones reales. Proponen que el experimento se vea como un medio y no como un fin de la enseñanza de conceptos y teorías; es importante el desarrollo de habilidades mentales y prácticas en los estudiantes; la manipulación de diferentes tipos de variables como herramientas para la comprensión, guiar para la formulación de hipótesis y que resulte significativa la experiencia de laboratorio; finalmente señalan que toda experiencia debe ser evaluada con metodologías asertivas.

Siguiendo con las aportaciones del trabajo de Ubaque (2009) el carácter teórico-experimental de la física es indisoluble y de no ser abordado de esta manera en el aula el aprendizaje del estudiante estaría incompleto; por ello resalta el experimento en la enseñanza de la física afirmando que “es el argumento más sólido que tiene la física para

mostrar la validez de sus leyes y el rigor de sus principios” (p. 36). Para esto expone tres clases de experimento, uno es el real que estudia el fenómeno mediante los sentidos ya sea desde la observación o manipulación de materiales (prácticas de laboratorio); otro son los mentales que se construyen en contextos ideales haciendo uso de la imaginación y creatividad; y finalmente las simulaciones virtuales ofrecen una gran variedad de fenómenos para interactuar a través de plataformas digitales. La experimentación debe ser tomada en cuenta en los procesos de enseñanza y aprendizaje para lograr en los estudiantes un mayor entendimiento de los fenómenos físicos.

Resaltando la experiencia de Medina y Tarazona (2011) que realizan una investigación documental sobre la enseñanza de la física y la relevancia que tiene el experimento en su aprendizaje; proponen un material didáctico que permita caracterizar procesos de identificación y cuantificación de magnitudes física a través del concepto de potencial eléctrico. Con el propósito de proponer reflexiones de la relación del docente con el saber disciplinar y tener una perspectiva cultural de la enseñanza de la física.

Plantearon la propuesta de la siguiente manera: una práctica con solo estudiantes y otra aparte con docentes de física, con el fin de analizar ambos resultados y plantear reflexiones; donde abordaron los instrumentos y procesos, luego la medición de potencial eléctrico desde lo teórico y la experiencia, y finalmente la construcción del potencial desde un enfoque fenomenológico. Concluyen que el experimento constituye una alternativa que favorece la construcción del conocimiento físico para ambos perfiles (docentes y estudiantes). Por otra parte “la relación tanto entre el docente con la disciplina como la del estudiante con la misma no debe de ser de exterioridad frente a la construcción del conocimiento” (Medina y Tarazona, 2011, p. 103).

Seguidamente se destaca el trabajo realizado por Castañeda (2012) en donde propone brindar una alternativa para el desarrollo de laboratorio de física, porque para él la experimentación se convierte en una estrategia para superar las dificultades en la enseñanza y aprendizaje en los estudiantes sobre todo en lugares donde no se cuenta con instalaciones y equipo de laboratorio y propone un manual experimental de los temas tratados en décimo grado, utilizando elementos de fácil acceso. Eligió los temas más

relevantes de la asignatura del grado décimo y planteó para cada referente una serie de preguntas orientadoras con el fin de que el estudiante por medio del trabajo cooperativo llegue a la construcción del concepto partiendo de la experimentación con materiales sencillos de adquirir como, monedas, jeringas, botellas de plástico, entre otros para realizar el respectivo montaje. Para Castañeda se cumplió con el objetivo de la propuesta metodológica, el cual se sale de las guías convencionales tipo receta, donde el estudiante se evidencia más apropiado de su proceso llegando a las reflexiones esperadas que orientan el aprendizaje significativo. Por otra parte, el docente debe ser el mediador de la experiencia de laboratorio y guiado por el manual diseñado, pues de no ser así los estudiantes lo toman como una actividad más, dejando de lado el objetivo de identificar y construir conceptos desde la observación de fenómenos cotidianos.

Finalmente, se resalta el trabajo de doctorado realizado por Guachún (2022) en una universidad destacada de Argentina, el cual planteó analizar el impacto de las prácticas experimentales desde un enfoque epistemológico de modo que el estudiante conozca como se produce el conocimiento mediante la V de Gowin, el cual consiste en un instrumento que ayuda a captar el significado de los materiales que se van a aprender; al igual defiende la teoría constructivista del aprendizaje significativo como un elemento diferenciador, resumiéndolo de la siguiente manera:



Con la población seleccionada realizó un test de conocimientos, luego una entrevista sobre lo que conocen sobre prácticas de laboratorio, posterior la forma como se labora la V en la construcción de la práctica con los resultados y finalmente reflexiones realizadas por los estudiantes sobre la experiencia. El laboratorio de física es visto como una actividad científica que permite al estudiante adquirir o mejorar los conocimientos científicos, su finalidad es la de promover un ambiente científico en donde el educando indague, contraste, comprenda, organice, cuestione, conozca a más profundidad los fenómenos de la

naturaleza (p. 63). Concluye que al aplicar la propuesta permite el alcance de los resultados de aprendizaje esperados en la asignatura. Al igual se adquieren destrezas procedimentales en la experimentación.

2.1.3 La cultura Maker vista desde el enfoque Do It Yourself en la enseñanza.

La cultura o movimiento Maker surge desde 1950 con una corriente fuerte del hágalo usted mismo (DIY) que poco a poco fue cobrando fuerza en la sociedad; siendo más conocido hasta 2005 en Estados Unidos cuando Dale Dougherty publica la revista Makers con proyectos DIY con poderosas herramientas de la industria pero que también se utiliza la tecnología. Esta cultura resalta el aprendizaje a través de un espacio social, en red y compartido retomando a todos los sectores de la sociedad.

En estudios realizados por la OCDE (2014) afirman que los ambientes de enseñanza más innovadores y con mejores resultados sobre el alcance de comprensión de los estudiantes son aquellos que adoptan las herramientas que ofrecen las tecnologías en su desarrollo habitual. Por ende, para los fines de este trabajo como herramienta TIC la cultura Maker desde la filosofía DIY es apropiada para potenciar el desarrollo del pensamiento físico con la construcción del prototipo.

Cuando se habla de los grandes desafíos que presenta la educación sobre la necesidad de superar la rígida estructura de los sistemas tradicionales, Rivera (2018) defiende que el movimiento Maker y la cultura DIY buscan situar al estudiante en el centro del aprendizaje, dar al docente herramientas novedosas, oportunidades para crear compartiendo experiencias y lo más importante que resalta el autor es que permite el logro de competencias y alfabetización digital de todos los actores involucrados. Por otra parte, en un proyecto de producción audiovisual donde se involucraron tres países (España, Finlandia y Chequia) para llevar a la escuela un aprendizaje transdisciplinar, colaborativo y comparativo a través de esta cultura los investigadores Domingos et al (2018) encontraron que favorece la autorreflexión, el docente como mediador y que puede aprender con y al mismo tiempo que el estudiantes, la motivación de los estudiantes, el desarrollo de competencias digitales al igual que mejorar sus destrezas en el momento del trabajo

colaborativo haciendo por ellos mismo el proyecto. En el año 2019 la revista *Innovación Educativa* resalta entre las metodologías activas que favorecen el proceso de los estudiantes la vinculación de la educación STEAM y el movimiento Maker como grandes potencializadores en los espacios de enseñanza (Sánchez, 2019).

Ahora bien, en una práctica dirigida a docentes sobre cultura Maker para la educación en secundaria Domínguez, Mocencagua y González (2019) crearon un diseño de investigación-acción para fomentar la adopción de esta cultura en el aula, desarrollada en cuatro etapas: capacitando a los profesores, la planeación de un plan de acción, la implementación y por último, las reflexiones luego de recolectar la información con respecto a la implementación de la estrategia en el aula. Como resultados los investigadores encontraron que los maestros resaltan la contribución positiva de tener en cuenta lo Maker en el momento de aplicar una estrategia metodológica con los estudiantes, la creatividad y el trabajo grupal como medida emergente, los cuales generan mejores ambientes de aprendizaje.

Continuando con los aportes, Aleixo, Silva y Ramos en 2019 hacen una revisión de literatura del uso de la cultura Maker en contextos educativos, en donde encontraron que esta corriente “manifiesta la idea que cualquier persona es capaz de construir y crear sus propios objetos a partir de herramientas tecnológicas” (p.143). además, de la revisión de más de 617 publicaciones resaltan los siguientes puntos de convergencia entre la mayoría de las investigaciones:

- Las experiencias educativas acontecen principalmente en espacios escolares o Fablabs.
- Las impresoras 3D y los kits Arduino son las herramientas mas usadas.
- La metodología basada en proyectos.
- Fomento del trabajo cooperativo y colaborativo.
- Falta de formación de los docentes y carencias en las infraestructuras.

2.1.4 Enseñanza de las ondas estacionarias teniendo como instrumento el tubo de Kundt

Los hallazgos relacionados con la enseñanza de la física sobre el concepto de acústica, ondas estacionarias o sonido utilizando como herramienta de laboratorio la resignificación o utilización del tubo de Kundt son pocos, por ende, se resaltan los siguientes:

La propuesta que hace Sánchez (2012) sobre una adaptación del tubo para enseñar ondas estacionarias, señala que “en la física uno de los temas más difíciles es el movimiento ondulatorio ya que el concepto de onda es bastante abstracto e intangible. Dado que el estudiante se le hace más fácil aprender la física haciendo e interpretando experimentos” (p. 115). En su trabajo propone un experimento alternativo, hecho a mano, que permite el estudio de ondas longitudinales estacionarias por el método de Tubo de Kundt, teniendo como referente pedagógico a Ausubel con la teoría del Aprendizaje Significativo. El experimento consiste en proyectar ondas provenientes de un audio-generador, dentro de un tubo plástico. Las ondas son recogidas y amplificadas y medidas por un voltímetro. La actividad consistió en medir la intensidad del sonido colocando el micrófono al contacto con la fuente sonora (corneta) y registrar la intensidad del sonido midiendo el voltaje que registra el micrófono amplificado en la medida que se aleja.

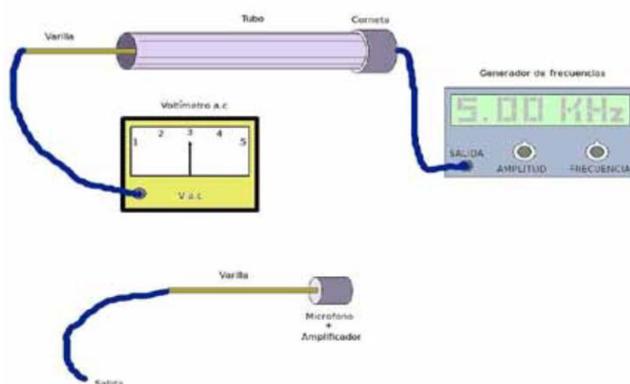


Figura 1: Montaje experimental Tubo de Kundt.

Para el autor la manera como se condujo el experimento, permitió al estudiante deducir y conformar un modelo mental bien elaborado, basado en sus preconcepciones y experiencias,

acorde con el Aprendizaje Significativo. Por el hecho de que el equipo es de diseño casero, con materiales de fácil adquisición, se pudo reducir costos e instrumental, haciendo muy accesible y confortable la experiencia.

Por otra parte, un grupo de ingenieros argentinos diseñó y construyó un sistema acústico guiado del modelo del tubo de Kundt para medir la velocidad del sonido a diferentes temperaturas. Lo hicieron por medio de un parlante como fuente sonora, midieron la longitud de onda a diferentes temperaturas con el fin de observar la resonancia en la pantalla de un osciloscopio.

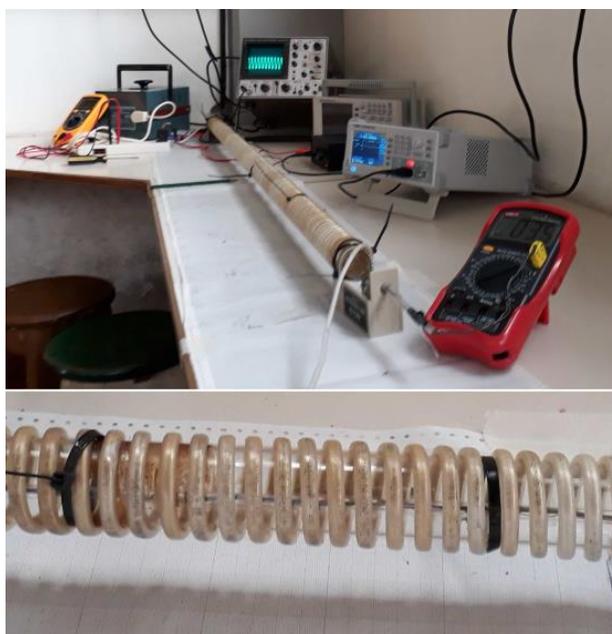


Figura 2: Dispositivo experimental tubo de Kundt para medir la velocidad del sonido con respecto a la temperatura.

En esa investigación se describe la parte teórica de la física en cuanto a los elementos relacionados con ondas sonoras, describen los datos hallados y finalmente concluyen que el dispositivo experimental logró los objetivos propuestos validando en modelo Newton-Laplace sobre la propagación de las ondas sonoras en el aire; además, Novara et al (2019) proponen que este tipo de laboratorios se pueden implementar en el enfoque pedagógico llevándolo a prácticas universitarias, ya que “ abre la discusión a la modelización del aire como un medio de propagación elástico en el que ocurre un proceso adiabático, lo que

muestra a los estudiantes la interrelación entre fenómenos de distintas áreas de la Física” (p. 46).

Finalmente se resalta la tesis de maestría de Giló (2012) donde se resalta el papel del experimento en la enseñanza de la física en la secundaria para llegar a un aprendizaje significativo; el autor toma como referentes pedagógicos a Ausubel y Vygotsky para evidenciar el aprendizaje. Para esto realiza una propuesta de investigación aplicada a un grupo de estudiantes con la temática de acústica enfatizando en las ondas estacionarias y teniendo en cuenta el modelo del tubo de Kundt. La práctica tuvo como objetivo medir las longitudes de onda con diferentes frecuencias que se emitían por medio del celular conectado vía bluetooth al parlante y calcular la velocidad del sonido.

Al final del trabajo el autor contrasta los saberes que tenían los estudiantes antes de la experimentación con los conceptos aprendidos luego de ella; logrando evidenciar una mejor comprensión de la acústica. Concluye que la experimentación motivó a los estudiantes a interesarse por la física, el trabajo grupal facilitó la construcción del tubo, se pudieron obtener los datos esperados y lo que más resalta es que se observó como ellos alcanzaron un aprendizaje significativo sobre ondas estacionarias.

2.2 Referente Teórico

2.2.1 Teoría sociocultural de Vygotsky

La perspectiva de Vygotsky sobre el aprendizaje está dada por la interacción social entre las personas donde se intercambian ideas y genera la construcción del conocimiento, esto es conocido como desarrollo cognitivo o proceso superior. Mendoza (2010) dice que según lo que se plantea en esta teoría pedagógica en un proceso superior es el pensamiento, razonamiento lógico, percepción social y memoria; se entiende así que estos procesos se encuentran vinculados a la construcción de significados que se realiza inicialmente desde la interacción con el otro, con los medios materiales y con el docente como mediador entre dicha construcción y el pensar, para lograr una comprensión correcta del conocimiento, en este caso el de la física.

Por otra parte, para Vygotsky el lenguaje es el más importante sistema de signos para el desarrollo cognitivo y es cuando el estudiante se apropia de este y converge con lo que se realiza en la práctica generando un intercambio de ideas a partir de la observación y valoración de aspectos de la realidad que son comunes para él de manera progresiva y permanente (Galeano, Hernández, 2014). Así como lo señala Vygotsky el lenguaje no solo comunica, también orienta a la observación y ayuda a estructurar el pensamiento.

Cabe resaltar que la teoría que propone Vygotsky genera la posibilidad del trabajo colaborativo y fomenta la resolución de problemas reales facilitando que los estudiantes intercambien ideas, comprendan los conceptos y los lleven a la práctica experimental. Así mismo propone que el docente sea el mediador entre el aprendizaje y el estudiante para una interacción social permitiendo el desarrollo cognoscitivo alcanzado primero por un proceso social a través del lenguaje, instrumentos, símbolos y observaciones para luego tener una experiencia individual al contrastar los conceptos adquiridos y el avance en la construcción del conocimiento.

En la figura 1 puede observarse un mapa donde se presentan los elementos más relevantes de la Teoría Sociocultural de Vygotsky relacionados con la presente investigación.

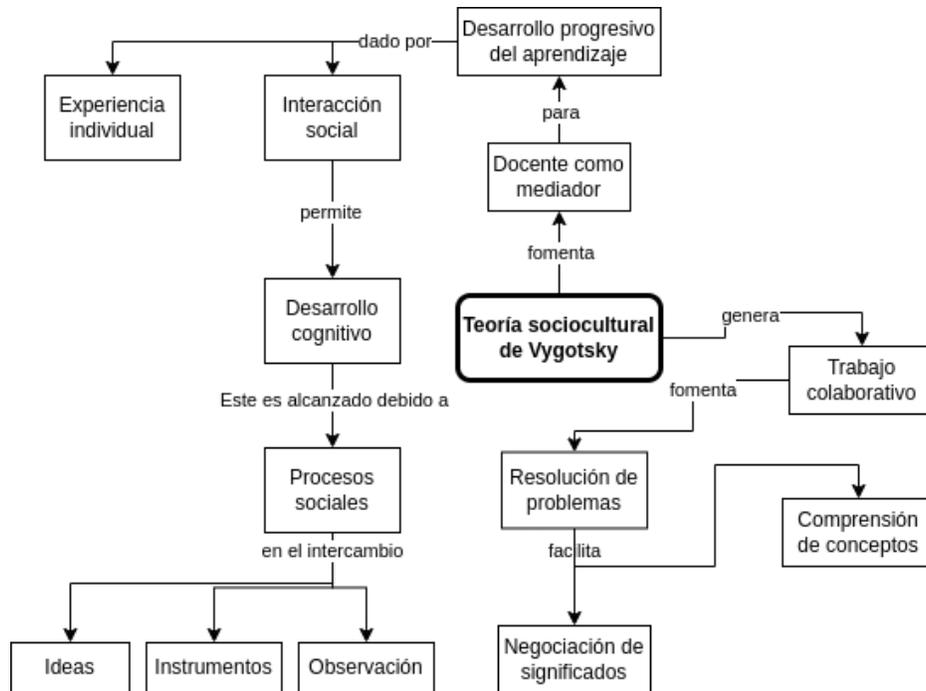


Figura 3: Teoría Sociocultural de Vygotsky (construcción propia).

2.2.2 Desarrollo conceptual de las ondas estacionarias y resonancia.

Para el estudio y realización de la temática abordada en la práctica experimental, es importante entender que las ondas están presentes en nuestro entorno y su comprensión es fundamental para conocer y abordar una amplia gama de fenómenos naturales relacionados con los fenómenos ondulatorios.

Las ondas estacionarias son un fenómeno común en la física que ocurre cuando dos ondas de la misma frecuencia y amplitud viajan en direcciones opuestas y se superponen. Para tener una idea más clara de cómo pueden formarse una onda estacionaria, imaginemos el siguiente ejemplo: si una persona sostiene una cuerda de un extremo fijo y del otro lado la sujeta con la mano en el otro extremo, y luego comienza a oscilar su mano hacia arriba y hacia abajo, en la cuerda se formará una onda. Si la cuerda se mueve de uno de sus extremos, “la onda incidente se reflejará formando una onda estacionaria en la cual se forman ciertas regiones de las ondas llamados nodos y antinodos” (Hewitt, 2008). Por otro lado, Serway define una onda estacionaria como “un patrón de oscilación con un contorno

estacionario que resulta de la sobreposición de dos ondas idénticas que viajan en direcciones opuestas” (Serway, 2008). En contraste con Hewitt, las ondas sonoras producidas en condiciones de frontera son el resultado de la interferencia [...] cuando dos conjuntos de ondas de igual amplitud pasan uno a través de otro en direcciones contrarias, las ondas están dentro y fuera de fase produciendo regiones en las cuales se presenta interferencia constructiva y destructiva.

August Kundt fue un físico Alemán que se destacó en el diseño de equipos experimentales; uno de estos artefactos es el tubo de Kundt, el cual fue diseñado para la visualización de ondas sonoras a través de un tubo de vidrio. Originalmente, el tubo de Kundt se desarrolló para el estudio de ondas contrapropagantes y la determinación de la velocidad del sonido. Actualmente éste se sigue utilizando en los laboratorios de física para la medición de la impedancia de algunos materiales.

Inicialmente, el tubo de Kundt consta de un cilindro transparente en posición horizontal con una pequeña cantidad de polvo en el interior en el cual, Kundt hizo vibrar un cable metálico en donde se observaban las moléculas de polvo oscilando de arriba hacia abajo; esto permitió medir las longitudes de onda y así calcular la velocidad del sonido conociendo la frecuencia de emisión del cable. Hoy por hoy, en las practicas experimentales se utilizan bocinas conectadas a un generador de señales sinusoidales; dentro del tubo de vidrio se tiene un émbolo que tiene como función moverse a lo largo de dicho tubo y comprimir el aire para crear ondas estacionarias audibles y así poder identificar patrones de nodos y antinodos. De igual manera, mediante el generador de señales se pueden cambiar las propiedades acústicas del sistema lo que permite observar y medir cómo varían las longitudes de onda y las frecuencias resonantes con las modificaciones de longitud que pueden manipular mediante el émbolo.

2.2.2.1 Funcionamiento (tubo de Kundt)

Como se menciona previamente, el tubo de Kundt está conformado por un tubo transparente con una cinta métrica que permite medir las distancias en las cuales se generan los nodos y los vientres. En uno de sus extremos se conecta un altavoz y un micrófono en el otro extremo, en el cual se pueden emitir ondas sonoras a determinadas frecuencias y el micrófono recoge el nivel sonoro donde se encuentra ubicado.

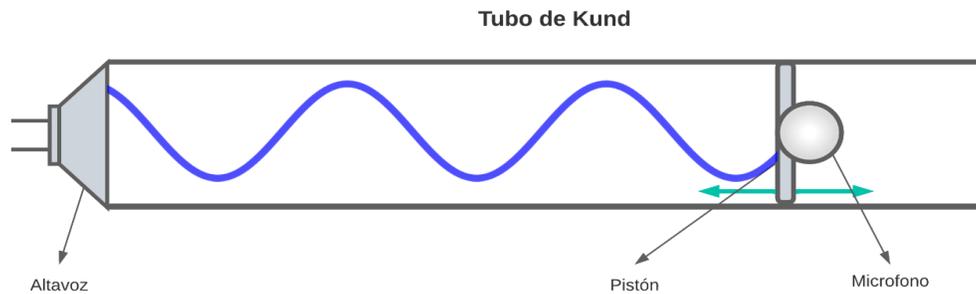


Figura 4: Tubo de Kundt (construcción propia).

Las ondas generadas en el tubo de Kundt permiten estudiar el movimiento ondulatorio y la formación de ondas estacionarias en su interior. Al generar distintas frecuencias y vibrar en la columna de aire, se crean ondas longitudinales que se reflejan en los extremos del tubo (ya sea abierto o cerrado), interfiriendo y generando ondas contrapropagantes a determinadas frecuencias.

Si una onda se emite a determinada frecuencia dentro de una columna de aire de longitud L con ambos extremos cerrados, la disposición más simple que se puede obtener está dada en la figura 5-a, la cual está formada por un vientre o antinodo (A) y dos nodos (N) ubicados en cada uno de los extremos; esto es que en cada nodo adyacente o consecutivo hay una distancia de $\frac{\lambda}{2}$. El siguiente armónico tendrá 3 nodos y 2 antinodos tal y como se muestra en la figura 5-a, 5-b, 5-c y 5-d.

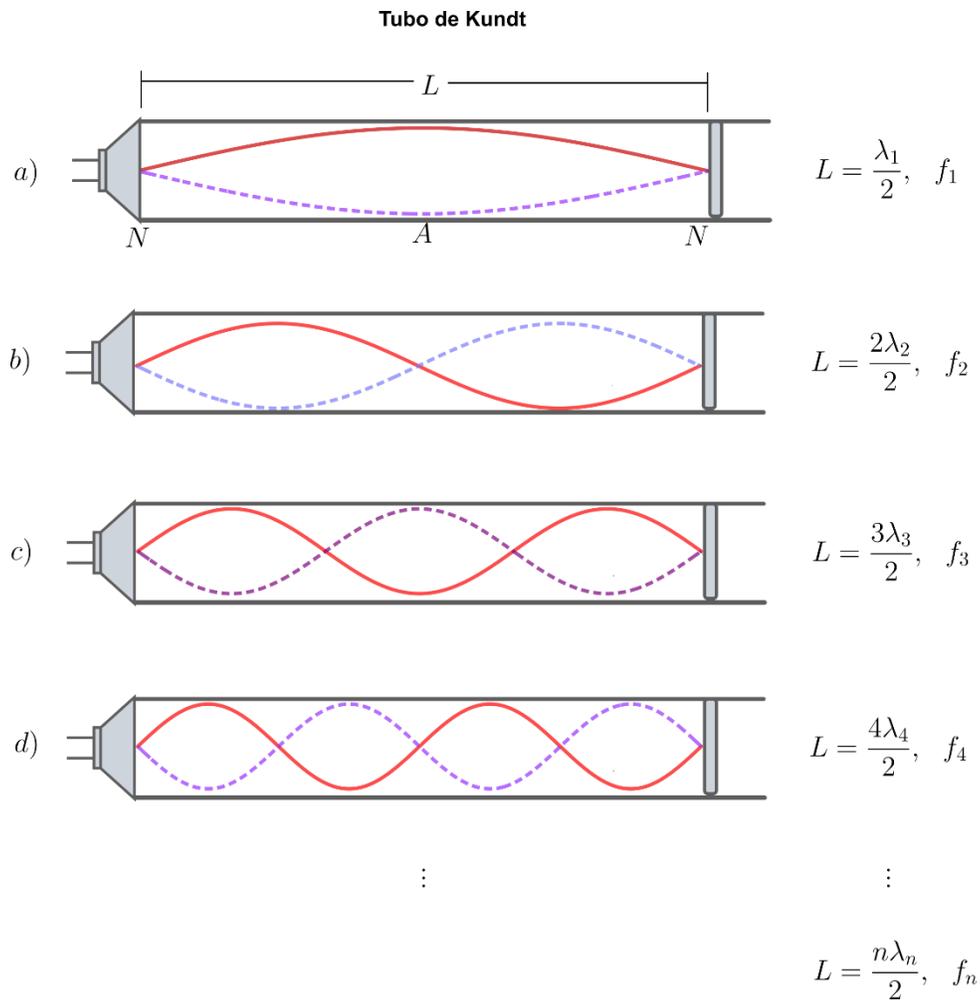


Figura 5: Ondas de resonancia en tubos cerrados - Cuatro primeros armónicos (construcción propia).

En condiciones de resonancia, de forma general se sabe que $L = \frac{n\lambda_n}{2}$ y que $v = f_n\lambda_n$ de donde se obtiene

$$f_n = \frac{nv}{2L} \quad \text{con } n = 1, 2, 3, \dots$$

Donde f_n es la frecuencia emitida por el altavoz, v es la velocidad del sonido y L es la longitud del tubo.

La frecuencia de un sonido en un tubo de Kundt es igual a múltiplos enteros de las frecuencias de resonancia más bajas. Cuando n toma el valor de 1, se conoce como frecuencia fundamental o primer armónico. Para $n = 2$, es el segundo armónico, y así sucesivamente.

En un tubo de Kundt conectado a un altavoz que genera una frecuencia fija, es posible observar puntos donde se generan nodos y antinodos de desplazamiento de la onda sonora. Los nodos son puntos que corresponden a mínimo desplazamiento, mientras que los antinodos son puntos que corresponden a máximo desplazamiento.

A medida que el pistón se va desplazando dentro del tubo, a oído se pueden detectar los vientres de presión, aquellos puntos donde la amplitud de la onda estacionaria es máxima.

La distancia entre dos vientres de presión consecutivos es igual a media longitud de onda ($\lambda/2$). Esto puede medirse por medio de la cinta métrica que se incorpora en el tubo. Conociendo la longitud L del tubo, se puede establecer la distancia entre dos vientres consecutivos, la frecuencia y la velocidad del sonido en el aire y la longitud de onda.

2.2.3 Enseñanza de la física por medio de las TIC

La física es una ciencia que estudia los principios y leyes que rigen la materia, la energía y las relaciones que existen entre ellas. Durante algunos años, se ha venido realizando distintas investigaciones acerca de cómo enseñar física, la didáctica que esta debe tener junto con su práctica experimental; el cual, se ha encontrado como un elemento fundamental en la construcción de conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico, matemático y físico; donde Ubaque (2009) menciona que también es una ciencia de carácter experimental y además se fundamenta en el análisis teórico y experimental. La enseñanza de la física también implica desarrollar habilidades a nivel tanto analítico como resolución de problemas, haciendo mayor énfasis en los laboratorios de física el cual “debe dinamizar y enriquecer el interés de los alumnos” (Ubaque, 2009. p 30).

La enseñanza y aprendizaje de la física se basa en una sólida fundamentación teórica donde se abarcan conceptos de mecánica, termodinámica, electricidad y magnetismo y los conceptos de física moderna tales como relatividad y mecánica cuántica, que son vistos aproximadamente desde la educación media en las instituciones educativas. Estos aspectos se fundamentan tanto en la parte teórica y en la actividad experimental (Ubaque, 2009), pero ésta también implica el desarrollo de habilidades y competencias prácticas; la resolución de problemas, el pensamiento crítico y el pensamiento científico. Uno de los

aspectos principales en la enseñanza de la física es proporcionar un enfoque con respecto a los intereses de los estudiantes centrado en la experimentación, ya que a partir de ésta ayuda al estudiantes a tener una mayor profundidad del tema que se está estudiando y además “ayuda al estudiantes a generar un pensamiento más creativo y confianza por la investigación científica lo cual le va a permitir y comprobar determinados fenómenos o principios científicos” (Brito, 2009) que se ven dentro de una clase o en la explicación de determinado concepto.

Dentro de la enseñanza de la física es importante que la motivación de los estudiantes este mediada por las TIC, ya que esta ofrece una cantidad innumerable de herramientas; tal y como lo afirma Romero y Quesada (2014), estas herramientas proporcionan acceso a la información y la comunicación, permiten acceder a contextos significativos tales como las simulaciones y los laboratorios virtuales y, además permite hacer más visible los modelos y teorías abstractas de las ciencias (p. 111). Por otro lado, la enseñanza de la física también se puede valer de distintos elementos y más destacadas aún tales como los sistemas de adquisición de datos (SAD). Con respecto a los sistemas de adquisición de datos, se han realizado numerosas investigaciones que buscan plantear el potencial que tienen éstos en los laboratorios de física y como apoyo a la experimentación. “Las ventajas que ofrecen estos dispositivos hacen que el trabajo práctico de laboratorio se convierta en un espacio óptimo de aprendizaje al permitir que los estudiantes enfoquen su actividad en el desarrollo de habilidades metacognitivas mediante procesos de conceptualización” (Cardona et al., 2021, p. 76) , que además promuevan la participación activa de los estudiantes y la capacidad de aplicar los conceptos previos en actividades en tiempo real y la resolución de problemas, recurso valioso para mejorar la comprensión de los conceptos físicos. Siguiendo las ideas de Ubaque (2009) dice que “el experimento es un camino para la motivación del aprendizaje y la comprensión del fenómeno físico [...] debe estar de acuerdo con las estrategias metodológicas y con el plan de estudios” (p. 36).

Por último, es importante resaltar que la presente investigación las TIC se consideran como un recurso de gran relevancia que ofrece innovación para el aprendizaje de los alumnos y que del mismo modo contribuye a potencializar habilidades investigativas que se necesitan para el mundo de hoy.

2.2.4 Cultura Maker relacionado con la filosofía DIY

La cultura Maker o movimiento Maker se refiere a una comunidad de personas que se dedican a la creación, experimentación y fabricación de artefactos que ayudan a resolver un problema de la vida real donde se utilizan productos tecnológicos como la impresora 3D, el corte laser y las computadoras para la utilización y desarrollo de productos de código abierto. De acuerdo con estas ideas (Domínguez et al., 2019) citando a Peppler & Bender, (2013) dice que “el movimiento Maker se destaca por una nueva revelación de la sociedad y la tecnología, ya que se trata de hacer cosas con tecnología y no se rige a una sola disciplina, arte u oficio en particular. Este movimiento se caracteriza por las personas que hacen con sus propias manos” (p. 36).

Por otro lado, las potencialidades que tienen la cultura Maker en el ámbito educativo abarcan del hacer, el desarrollo de ideas por medio de un BrainStorming, implicando el arte y las matemáticas, conceptos previamente aprendidos en las áreas de ciencias. La cultura Maker en relación con la filosofía DIY, hace uso de elementos de electrónica, la robótica y el pensamiento computacional gracias a las arquitecturas de hardware y software de código abierto tales como la impresión 3D y Arduino para la realizar la construcción de los diferentes productos, en los cuales, la mayoría de las veces se cumple un proceso el desarrollo iterativo de un modelo donde según Stager (2019) el procesos de desarrollo es iterativo, abarca la planificación, los requisitos, el análisis de diseño, el diseño, el despliegue y la evaluación.

El movimiento Maker y la filosofía DIY están relacionados mediante la idea de que cada persona está en la capacidad de crear, realizar, adaptar y mejorar cosas; estas dos culturas promueven la autonomía y la independencia para crear objetos o proyectos en los cuales serán adaptados constantemente y compartidos en las redes de tal forma que otros dispongan de estos conocimientos para configurar o readaptar a los distintos contextos donde el producto está en constante evolución; como menciona Ortega en su trabajo “esta cultura promueve un aprendizaje activo, a través de hacer y construir cosas, y se basa en un aprendizaje informal, motivado por la autorrealización y fomentando aplicaciones nuevas de la tecnología [...] esta también facilita la aplicación del pensamiento computacional ya que la forma de aprendizaje proporciona un ambiente idóneo para transferir el conocimiento” (Ortega & Brouard, 2019, p. 134).

En la *figura 14* se presenta un esquema con los elementos más importantes de la cultura Maker relacionados con el enfoque del presente trabajo.

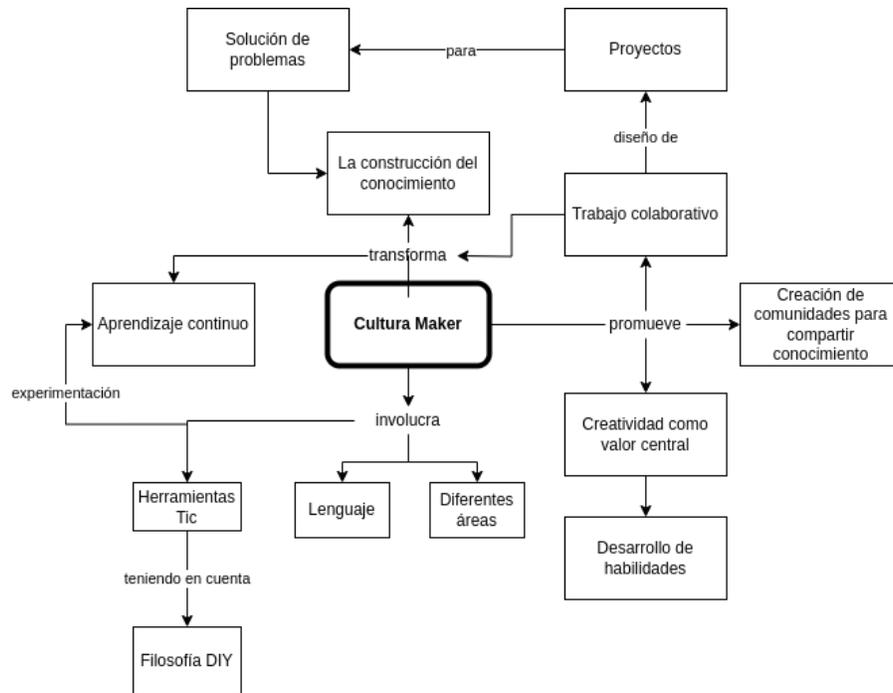


Figura 6: Cultura Maker (construcción propia).

3. Metodología

La investigación se llevó a cabo en el colegio San Ignacio de Loyola contando con la participación de 15 estudiantes de la media académica; con este grupo se abordaron temáticas relacionadas con las ondas, uso de los laboratorios de física, lenguaje de programación, y la conceptualización sobre todo lo relaciona con la cultura Maker y la filosofía DIY.

3.1 Diseño metodológico

En el diseño de la propuesta se tuvieron en cuenta los contenidos teóricos que fueron tenidos en cuenta para la práctica experimental fueron: Ondas estacionarias, la comprensión del fenómeno por medio de la práctica experimental mediante el tubo de Kundt, resonancia, medición de la velocidad del sonido en un medio elástico como el aire y Sistemas de Adquisición de Datos SAD o microcontroladores que ayudaron al registro y almacenamiento de datos para posteriores análisis.

Los recursos didácticos que se implementaron fueron: los libros de texto que desarrollan los conceptos trabajados durante la práctica experimental y contrastan la teoría con la práctica, guías de laboratorio que como bien su nombre lo indica, acercan al estudiante a realizar de manera ordenada cada una de las fases de la experiencia que a la vez ayudan a indicar cada uno de los conceptos estudiados. Análogamente a la guía de laboratorio, también se hace uso de simulaciones virtuales gratuitas como la plataforma Phet y PhysicSensor, aplicación Android de la Universidad Nacional que ayudan a controlar con precisión la frecuencia y la amplitud de sonido que se produce en el tubo de Kundt. Además, para la construcción del tubo de Kundt en el cual se fortaleció el componente experimental para comprender los distintos fenómenos de ondas estacionarias, se realizó el montaje mediante el Microcontrolador Arduino Uno, el cual fue conectado a un sensor de sonido o micrófono de referencia MIC-MAX4466 donde, a través de diferentes posiciones dentro del tubo se midió la amplitud de la onda, registro de frecuencias y la intensidad de la onda en las diferentes posiciones dentro del tubo. En la tabla se sintetiza las principales características de cada uno de los momentos

para el desarrollo de la propuesta.

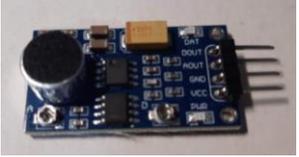
Tabla 1. Diseño de la propuesta metodológica.

Momentos	Propósito	Actividad
Primer momento	Identificar los conocimientos previos de los estudiantes mediante la aplicación de un cuestionario.	Evaluar el conocimiento previo de los estudiantes sobre los conceptos relacionados con la acústica y ondas sonoras y ondas estacionarias mediante preguntas abiertas.
Segundo momento	Dar a conocer los conceptos necesarios sobre ondas estacionarias, las características y el funcionamiento del tubo de Kundt.	Exposición por parte del maestro donde se dan a conocer los conceptos elementos y características de las ondas estacionarias por medio de una pequeña demostración (experimento) y mostrar el funcionamiento del tubo de Kundt.
	Proporcionar a los estudiantes instrucciones detalladas mediante la estrategia DIY para la construcción del prototipo. Rol del docente: Apoyo y mediador.	Construcción del tubo de Kundt.
Tercer momento	Guía de laboratorio: Preparar el prototipo (Tubo de Kundt) y la configuración necesaria mediante los SAD para la recolección de datos.	Recolección de datos. Realización de la práctica de laboratorio.
Cuarto momento	Exposición de los grupos de cada uno de los prototipos diseñados. Comparar los conocimientos adquiridos por los estudiantes durante la construcción del prototipo.	Socialización del proyecto construido por cada uno de los equipos.
Quinta momento	Recopilar información, opiniones y comentarios acerca de la metodología implementada tanto en la experiencia de construcción del prototipo como en la aclaración de conceptos con respecto a la física de ondas estacionarias.	Prueba final que evalúa los conocimientos alcanzados luego de la realización del prototipo (preguntas abiertas y de selección múltiple). Feedback sobre el desarrollo de la investigación (aspectos positivos y recomendaciones). Análisis de resultados.

3.1.1 Materiales utilizados para el montaje del circuito

En la tabla 2 se presentan los dispositivos utilizados para la realización del montaje y de la práctica de laboratorio con respecto a la generación de ondas sonoras dentro de un tubo de Kundt.

Tabla 2: Materiales utilizados para la construcción del tubo de Kundt.

Elemento	Función	Imagen
Arduino Uno R3	Placa de código abierto para facilitar la creación de proyectos electrónicos	
Sensor de sonido LM386	Amplificador de potencia de audio y ganancia de voltaje ajustable.	
Altavoz 2W	Fuente de sonido.	
Receptor de audio Bluetooth MH – M38	Tarjeta amplificadora de audio con receptor Bluetooth de 5W.	
Cables jumper (macho hembra).	Facilitador de las distintas conexiones entre Arduino y los sensores.	
Cable USB	Alimentador del receptor de audio Bluetooth.	

Cable USB tipo B.	Facilitador de la comunicación entre Arduino y la computadora.	
Tubo de PVC o acetato	Tubo largo y cilíndrico con un extremo abierto y otro cerrado; componente principal en el que se generan ondas sonoras.	
Cable UTP	Facilitador de las conexiones entre el micrófono y el Arduino	

3.2 Descripción de la metodología

En este apartado se describen los elementos más relevantes de cada uno de los momentos de la metodología, como los son las preguntas orientadoras en la etapa inicial y final, la intervención del docente investigador, las herramientas y recursos utilizados en la construcción del experimento y algunas fotografías como evidencia.

Primer momento (Saberes previos)

Se realizó una prueba inicial a 15 estudiantes que constaba de diez abiertas relacionadas con el tema de ondas estacionarias, características y elementos básicos. El cuestionario se presenta en el anexo A. Para este se destinó un tiempo de 30 minutos, indicando a los estudiantes que no se debía hacer uso de dispositivos de búsqueda y que las respuestas no tendrían una valoración cuantitativa.



Imagen 1: Práctica. Cuestionario saberes previos.

Segundo momento (Exposición magistral elementos y características de las ondas estacionarias)

Durante el segundo momento se da a los estudiantes la temática acerca de las ondas, iniciando con preguntas acerca de ¿dónde pueden estar presentes las ondas?, ¿cómo utilizamos las ondas en nuestra cotidianidad? y ¿cómo podemos entender los fenómenos mediante las ondas? cada una de las preguntas realizadas por el profesor, que a la vez hacía las veces de mediador, fueron llevando a otras preguntas las cuales los estudiantes respondían dentro de su conocimiento. Por otro lado, se propone el estudio de las ondas sonoras a través de gráficas en donde cada una de ellas se muestra una frecuencia diferente con el fin que los estudiantes logren establecer la diferencia entre altas y bajas frecuencias. De igual manera, también se señalan las partes de las ondas indicando la longitud de onda, los nodos y los antinodos, el periodo y la relación con la frecuencia. Con antelación se hacen preguntas acerca de lo que puede representar cada concepto; para este momento, los participantes responden de manera activa a cada una de las preguntas propuestas.

Por último, se propone una serie de ejercicios en los cuales, por medio de una gráfica, deben responder a lo siguiente:

- Halle la ecuación dados los parámetros de número de onda k , frecuencia angular ω y periodo T . Uno de los estudiantes resuelve en el tablero el ejercicio propuesto.
- Por medio de la siguiente gráfica calcule los armónicos para un tubo cerrado en un extremo. Para este ejercicio se hace saber a los estudiantes qué parte de la longitud de onda corresponde la frecuencia fundamental.

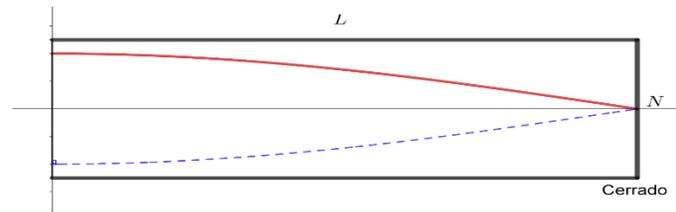


Figura 7: Primer armónico (construcción propia).

Para esta parte, los estudiantes tomaron como referencia la longitud de onda completa o un periodo y, dividiendo en partes iguales la onda, concluyeron que en un tubo de longitud L la longitud de onda está dada por $L = \frac{1}{4}\lambda$ o lo que es lo mismo $\lambda = 4L$.

Para el cálculo de la frecuencia fundamental y el tercer armónico o el quinto armónico, se toma como referencia la función *coseno* y se hace saber a los estudiantes qué parte de la longitud de onda corresponde. Por ejemplo, para el segundo armónico se considera la siguiente gráfica

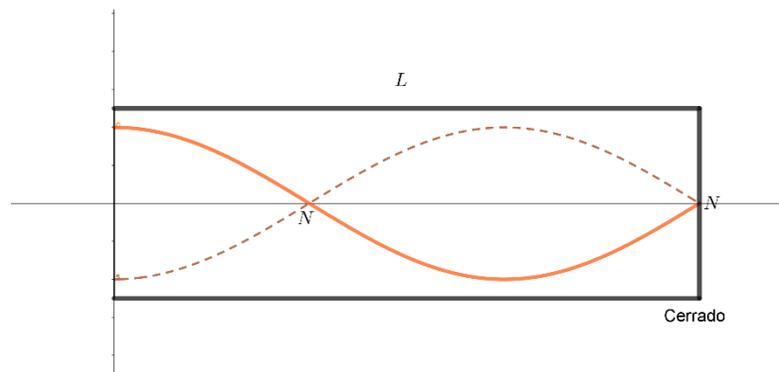


Figura 8: Segundo armónico (construcción propia).

Con respecto a la siguiente gráfica, se muestra a los estudiantes y se hace la siguiente pregunta: ¿qué parte de una longitud de onda corresponde el segundo armónico?

Para esto, se les hace saber que la medición de una longitud de onda se mide entre dos puntos consecutivos que se encuentran en fase. Tendiendo esto como referencia y las ecuaciones vistas, se considera el segundo armónico como:

$$L = \frac{3\lambda}{4} \Rightarrow \lambda = \frac{4L}{3}$$

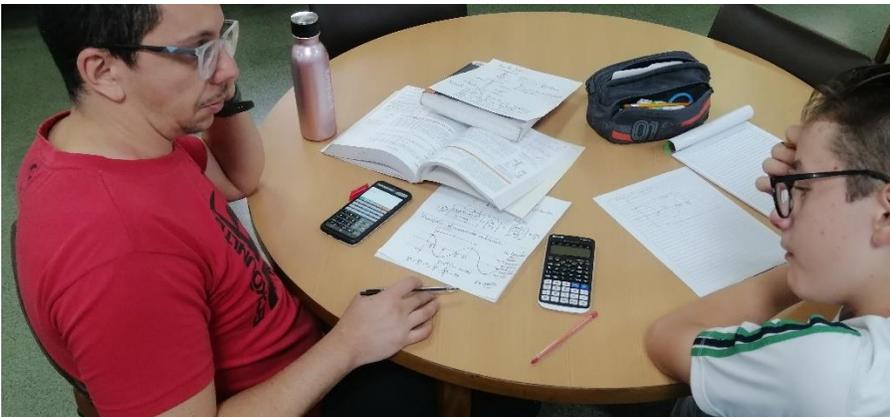
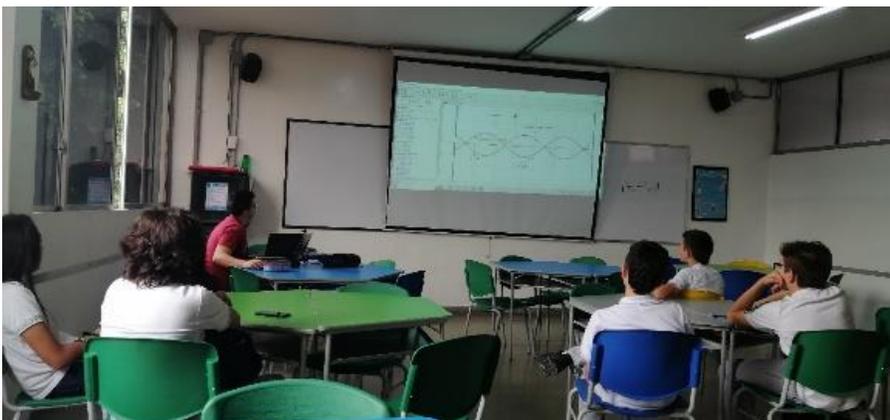
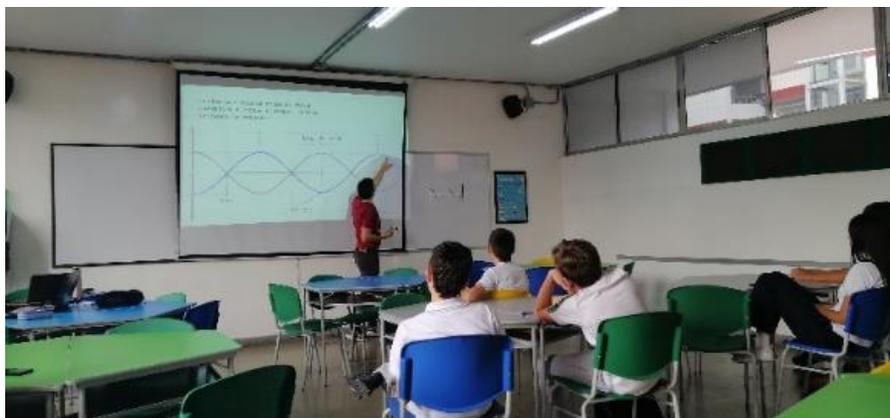


Imagen 2: Práctica. Explicación del maestro sobre ondas estacionarias.

Tercer momento (construcción del prototipado del tubo de Kundt)

A cada equipo se le brinda una guía de laboratorio: “Laboratorio física de ondas: ondas estacionarias. Medida de la velocidad del sonido en el aire” (Anexo C) en el cual se encuentran un conjunto de instrucciones para la realización del laboratorio. En esta guía se brindan los fundamentos de las ondas estacionarias, materiales necesarios para la práctica

experimental y el procedimiento que deben seguir para la elaboración del tubo. Por último, se brinda un informe el cual deben realizar y medir para distintas frecuencias (400 Hz y 2000 Hz). Este laboratorio se basa en la guía de laboratorio de la Universidad Nacional – Medellín propuesto en el 2008.

En esta sección se dio instrucciones a los estudiantes acerca de la creación del tubo de Kundt, el cual se construye en equipos de trabajo elegidos por ellos mismos, donde había estudiantes de once y de séptimo juntos; pues lo relevante es el trabajo colaborativo y la construcción del conocimiento en física. Se proporciona a cada uno de los equipos instrucciones detalladas bajo la estrategia DIY para la construcción del prototipo mediante la asignación de roles.

Se distribuyen las mesas del laboratorio en forma de estaciones en las cuales, cada equipo debe pasar por cada una de ellas para la realización las distintas conexiones; por ejemplo, la primera mesa está destinada para pegar la cinta métrica en el tubo con menor diámetro, en la siguiente mesa estaba destinada para pegar el Speaker mediante la silicona y en la última mesa para realizar las soldaduras del Speaker con el amplificador y las conexiones del micrófono con el Arduino.

En el momento que cada uno de los equipos logran realizar la conexión del micrófono con el Arduino para la recolección de datos, se realiza la indicación del código que deben ingresar al SAD (Anexo E). Esto se realiza por medio de una presentación donde se muestra el código; a medida que el estudiante ingresa el algoritmo, el profesor como mediador indaga a cada uno de los equipos acerca de cada una de las líneas de código que ingresan al IDE de Arduino.





Imagen 3: Práctica. Construcción del prototipo del tubo de Kundt.

Finalmente, luego de tener el código, las conexiones hechas a los diferentes sensores se les pide que descarguen la app PhysicsSensor para emitir las distintas frecuencias y la Arduino Science Journal para comprobar y medir las frecuencias. Se le pide a cada equipo que inicien la interacción con el tubo y que identifiquen en cuales longitudes había mayor o menor sonido (nodos y vientres) para luego calcular de forma matemática la velocidad del sonido.

Cuarto momento (exposición)

En esta fase del proceso, se lleva a cabo la presentación detallada de cada uno de los grupos de trabajo, donde cada uno de los grupos expone el prototipo diseñado destacando

momentos claves durante el proceso de construcción, desafíos enfrentados, decisiones tomadas y soluciones implementadas. La mayoría de los equipos socializaron la experiencia en el mismo espacio donde se realizaron los encuentros para el desarrollo de la propuesta, solo un equipo donde la mayoría eran estudiantes de la media académica expusieron en un descanso, donde diferentes alumnos y personal del colegio se acercaban para escucharlos.

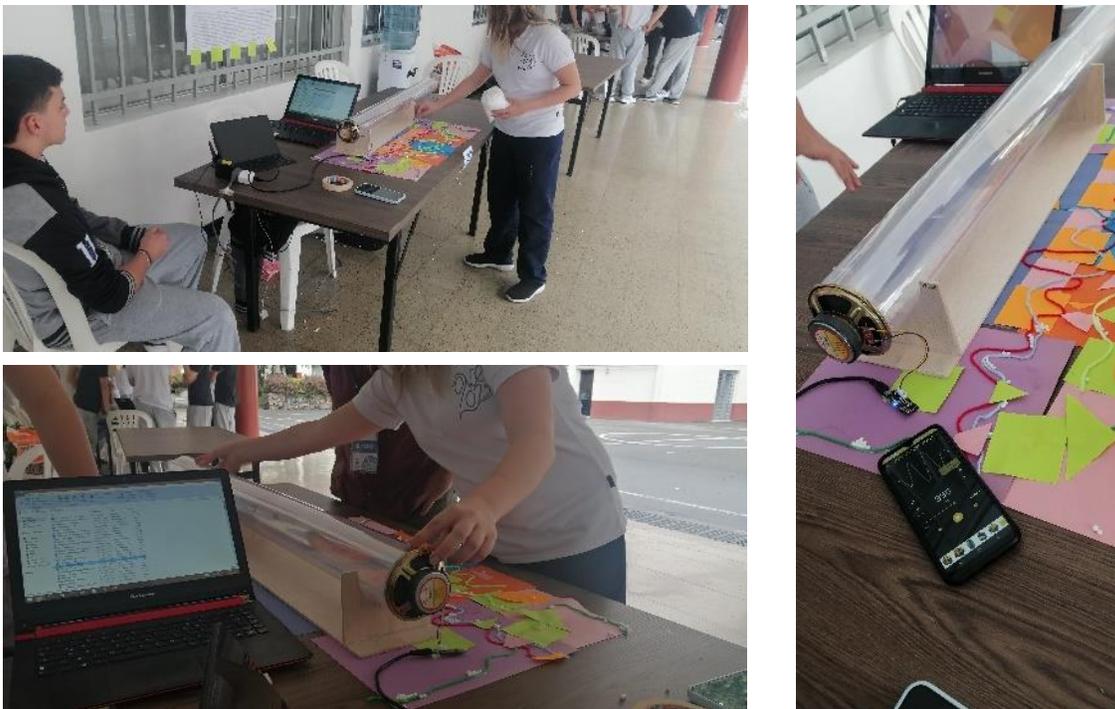


Imagen 4: Práctica. Construcción del prototipo del tubo de Kundt.

Quinto momento (prueba final)

En esta etapa se lleva a cabo una recopilación de información acerca de opiniones y comentarios relacionados con la metodología utilizados. Esta evaluación abarca tanto la experiencia de construcción del prototipo como la clarificación de conceptos relacionados con la física de ondas estacionarias (Anexo G). Se trata de obtener una comprensión completa acerca de cómo la metodología influyo en el aprendizaje y la construcción exitosa del prototipo.

En el análisis incluye la retroalimentación de los participantes, sus opiniones sobre la claridad y la utilidad de la metodología empleada, así como un desafío o aspectos a mejorar

(Anexo I). Además, se presta especial atención a la eficacia de la explicación de los conceptos relacionados con la física de ondas estacionarias, asegurándose de que los estudiantes hayan logrado una comprensión sólida y aplicable mediante la estrategia DIY.

Este enfoque de recopilación de la información proporciona una visión detallada sobre la implementación de la metodología utilizada, permitiendo ajustes y mejoras necesarias para la optimización del proceso educativo y garantizar una comprensión profunda de conceptos clave por parte de los participantes.



Imagen 5: Práctica. Cuestionario final.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Inicialmente se muestran los resultados de la prueba diagnóstica que evaluaba los saberes previos que tenían los estudiantes en cuanto a ondas y tener una visión general de los conocimientos llegaban los estudiantes. Estas fueron presentadas por 15 estudiantes entre los grados séptimo y undécimo.

La prueba consta de 10 preguntas abiertas en relación con el concepto de ondas, las cuales se pueden agrupar en 4 temas:

- Sonido (preguntas 1, 2, 3 y 9)
- Ondas estacionarias (preguntas 4, 6 y 10)
- Resonancia (preguntas 5)
- Longitud de onda (pregunta 7 y 8)

A continuación, se presentan los resultados de las preguntas agrupadas por los temas previamente mencionados y en tres niveles según la respuesta correcta, incorrecta o aproximada a la respuesta.

Tabla 3: Respuestas de la prueba Saberes Previos.

Grupo	Preguntas	Correcta	Aproximada	Incorrecta
Sonido	1. ¿Qué es el sonido?	5	6	4
	2. ¿Cómo podría calcular la velocidad del sonido en un medio o material?	1	5	9
	3. ¿Qué entendemos por reflexión del sonido? ¿Qué condiciones son necesarias para que el sonido se refleje?	5	6	4
	9. ¿Cómo afecta la temperatura a la velocidad del sonido en un gas?	2	5	8
Ondas estacionarias	4. ¿Qué diferencia encuentras entre una onda viajera y una onda estacionaria?	3	3	9
	6. ¿Qué es la frecuencia en una onda estacionaria?	3	3	9
	10. Con respecto a la siguiente imagen (Anexo A) y teniendo en cuenta lo que sabes de ondas estacionarias, ¿qué logras observar o analizar de ellas?	2	4	9
Resonancia	5. ¿Qué entendemos por resonancia en las ondas?	3	1	11
Longitud de onda	7. ¿Qué es la longitud de onda?	6	3	6

8. ¿Qué relación se puede establecer entre la longitud de ondas y su frecuencia?
--

4

3

8

La tabla 3 muestra las preguntas realizadas en la prueba de saberes previos y la cantidad de estudiantes que respondieron de forma acertada, incorrecta o que dieron una respuesta muy aproximada. A continuación, se analizan los resultados por grupo de preguntas previamente clasificadas.

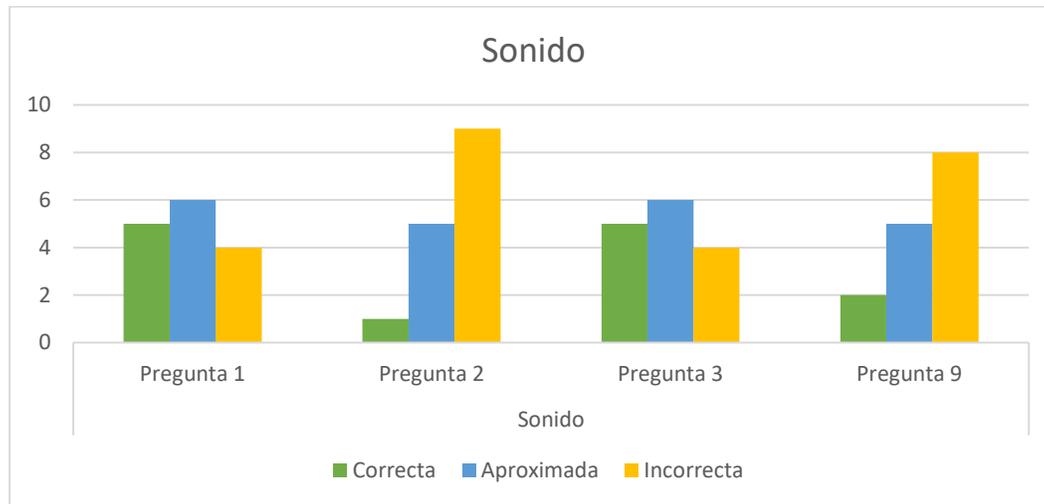


Gráfico 1. Respuesta de los estudiantes sobre las preguntas relacionadas a sonido.

En el gráfico 1 se logra observar como la mayoría de los estudiantes tienen una noción muy acertada a lo que puede entenderse como sonido, ya sea porque desde la misma palabra se orientaron para responder o porque ya tenían conocimientos previos sobre ondas sonoras; por otra parte, en el momento de analizar sobre el cálculo matemático sobre la velocidad del sonido o un conocimiento más específico en cuanto a la relación con la temperatura es de aproximadamente el 60% de ellos, no saben cómo se hace ni en qué consiste siendo un solo un estudiante contestó correctamente. Se esperaba que los alumnos al menos tuvieran un leve acercamiento a lo que se puede entender por sonido, ya que la mayoría no ha visto física como asignatura.

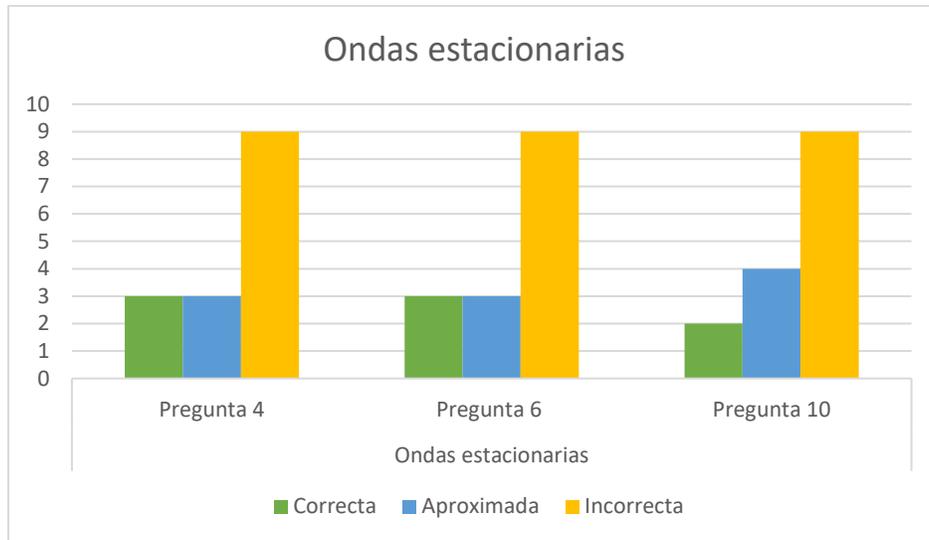


Gráfico 2. Respuesta de los estudiantes sobre las preguntas relacionadas a ondas estacionarias.

Los resultados obtenidos en relación con las ondas estacionarias muestran que en definitiva los estudiantes no tienen conocimiento sobre ondas y menos cuando estas son estacionarias, solo el 20% tuvo una respuesta correcta y estas fueron alumnos de undécimo grado. Por otra parte, también se les dificulta la interpretación de gráficas que fue orientada en la pregunta 10, se mostró una onda sinusoidal con elementos señalados como los nodos, la longitud con el fin que describieran lo que lograban observar y comprender. Esto quiere decir que realmente los estudiantes no tienen nociones claras o ninguna sobre ondas sonora; siendo favorable para la investigación, ya que permitirá contrastar lo aprendido.

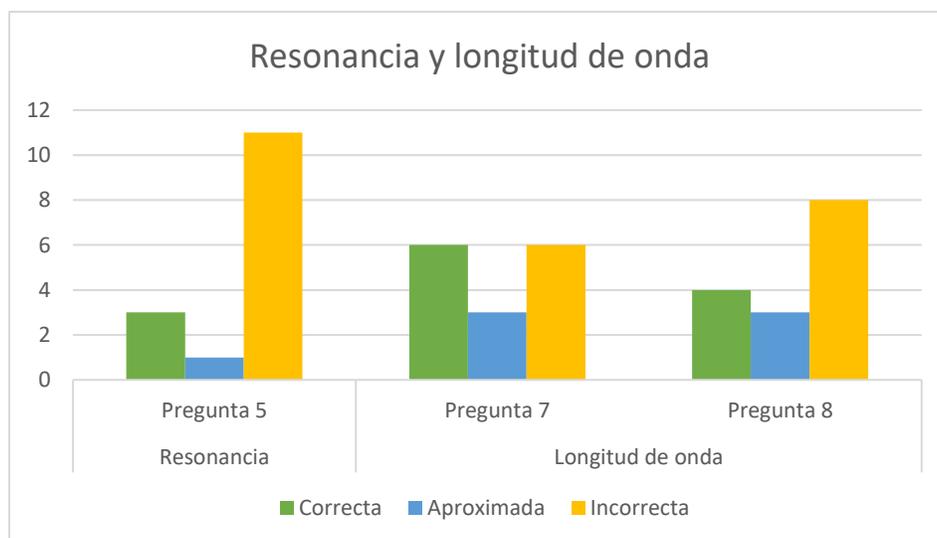


Gráfico 3. Respuesta de los estudiantes sobre las preguntas relacionadas a resonancia y longitud.

Del anterior gráfico se resalta que un 73% de los estudiantes en la pregunta 5 relacionada con resonancia no presentan un manejo conceptual, lo que es coherente y era de esperarse según el grado de escolaridad de los participantes; por otra parte, se destaca que aproximadamente el 53% de ellos saben o tienen una noción muy aproximada de los que representa la longitud, pero cuando se indaga por la relación de dicha longitud de onda con la frecuencia (pregunta 8) se generan grandes confusiones.

En general, los resultados obtenidos en la prueba inicial fueron los esperados debido a que gran porcentaje de los alumnos no presentaban conocimientos sobre ondas estacionarias, ya que la intención del investigador es que al implementar la propuesta los estudiantes aprendan sobre este tema y que la física sea una ciencia de su interés.

Luego de realizar la prueba, el docente realiza una exposición sobre los conceptos y formulación matemática más relevantes de las ondas estacionarias. Se logró observar especial interés por parte de muchos de ellos, pues con las preguntas iniciales se sintieron corchados. Su participación fue activa dando respuesta a los interrogantes que se iban realizando durante todo el espacio y proponiendo algunas otras como: ¿Dónde se pueden evidenciar las ondas estacionarias en la vida cotidiana? ¿para qué sirve este? ¿de dónde surge la fórmula de la onda estacionaria? ¿realmente podemos calcular la velocidad del sonido? ¿entonces la velocidad del sonido y de la luz son diferentes, por qué? En medio de la exposición se brinda el momento para dar respuesta breve a cada uno de estos cuestionamientos.

De lo anterior se procede a conformar los equipos y se eligen los roles para desarrollar la práctica experimental, se explica a los participantes los objetivos del proyecto y cómo ellos por medio de la construcción del tubo y el trabajo colaborativo estarían haciendo Maker desde el enfoque DIY, se reparten los materiales, se explican cada una de las estaciones para el ensamble, se brinda la explicación para descargar Arduino como elemento para la adquisición de datos y el código de programación. La participación e interés de los estudiantes siempre fue activa y propositiva a la hora que uno de ellos presentara dificultades con las conexiones o instalación de los programas.



Imagen 6: Construcción del tubo de Kundt.

Luego de tener los tubos construido se procedió a calcular la velocidad del sonido, para esto cada equipo debía tomar los datos con frecuencias de 400Hz - 2000Hz e identificar las distancias recorridas donde el sonido se escuchará más fuerte y más; a la mayoría de los equipos se les dificultó diferenciar los picos de sonido, ya que todos se encontraban en el mismo espacio haciendo los experimentos, otros tuvieron algunos retrasos y solo pudieron obtener los datos con la frecuencia de 400 Hz debido a que presentaron problemas con alguna conexión.

En el momento de realizar el cálculo de la velocidad del sonido (Anexo D) con las dos frecuencias solo un grupo se acercó al valor real, otros obtuvieron datos como 170 m/s, o 140 m/s; los anteriores resultados presentados con un margen de error tan alto se debieron a que en esos grupos les costó diferenciar los cambios de intensidad del sonido, otro por ejemplo tenía el metro mal ubicado. Se resalta en este punto de la experiencia que al darse cuenta de que el resultado arrojado no era correcto uno de ellos despeja de la formula la longitud en la cual se debían presentar los nodos (80cm a 400Hz) estos los llevó a repetirlo y corroborar que efectivamente a esa distancia se encontraba los nodos.

Finalmente, con los instrumentos de adquisición de datos nuevamente algunos equipos presentaron dificultades, la mayoría no logró contrastar la información previamente calculada. Solo dos lograron observar cómo desde el monitor serial del programa de Arduino se apreciaba el cambio de la intensidad en decibeles y desde serial plotter se

observaba la onda y fue más fácil visualizar máximos y mínimos, con este último los estudiantes pudieron comprender con mayor facilidad el comportamiento de una onda sonora dentro del tubo. Por otra parte, con los equipos que presentaron dificultad se les brindó una alternativa, descargando la aplicación Arduino Science Journal (anexo F) en la cual alcanzaron a contrastar los datos obtenidos con el micrófono los cuales fueron incorrectos como previamente se explicó, pero a la hora de trabajar con la aplicación notaron que efectivamente los nodos y vientres se encontraban en 80cm de longitud.

Durante el momento de exposición de los equipos no solo se presentaron la exhibición de resultados tangibles, sino que también tuvo como objetivo comparar los conocimientos adquiridos en los cuales aplicaron los conceptos teóricos aprendidos en la práctica experimental, los problemas específicos a lo que tuvieron que dar solución para poder avanzar en la etapa de desarrollo del prototipo y las habilidades que desarrollaron durante la construcción. Esta comparación proporcionó una visión integral del aprendizaje práctico y la capacidad de aplicación de los conocimientos destacando la relevancia y el impacto de la experiencia. En general se evidenció como cada uno de los equipos tenía una buena apropiación de lo que representaba una onda sonora, como se construyó el tubo, los elementos más relevantes, como recolectaron la información contrastándola con SAD desde Arduino y como desde el funcionamiento del tubo de Kundt se podía recrear una onda estacionaria.

Posterior a la exposición y con el fin de comparar los conocimientos alcanzados de los participantes a continuación se muestran los resultados de la prueba final. El cual, consta de 8 preguntas abiertas relacionada con las ondas estacionarias y el funcionamiento del tubo.

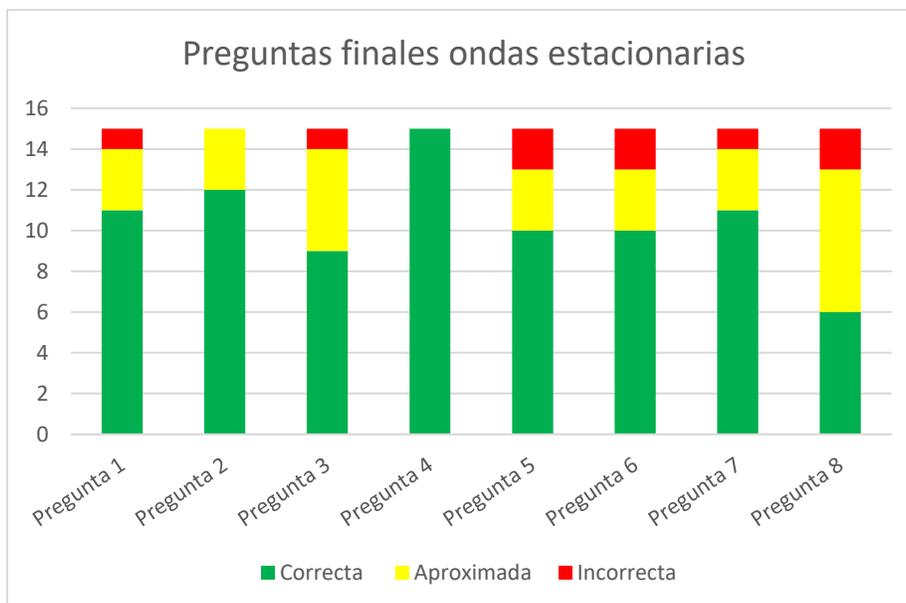


Gráfico 4. Respuesta de los estudiantes sobre las preguntas finales.

En el gráfico 4 se logra observar el avance significativo de los estudiantes en el aprendizaje sobre ondas estacionarias en comparación con la prueba de saberes previos. Es notable que a la hora de indagar sobre el comportamiento o significado de las ondas estacionarias (pregunta 1) la mayoría contestó correctamente o con una respuesta muy cercana, mientras que al inicio solo el 20% de ellos sabían lo que era. Por otra parte, en la pregunta 2 y 8 relacionadas con el funcionamiento del tubo sigue siendo un buen porcentaje de los estudiantes que tiene dominio del tema. Al hablar de velocidad de sonido teniendo en cuenta la temperatura (pregunta 6) o desde el cálculo matemático (pregunta 5) solo dos estudiantes respondieron de forma incorrecta de resto presentan una buena comprensión. Finalmente, es de resaltar que en la pregunta 4 relacionada sobre la frecuencia de una onda y como esta se aplica en el funcionamiento del tubo todos respondieron satisfactoriamente; esto da cuenta que el trabajo realizado durante la explicación conceptual previa a la construcción del prototipado y durante la práctica experimental los estudiantes se apropiaron del aprendizaje debido a que el papel del docente investigador fue de mediador.

Ahora se presentan los resultados de la encuesta de satisfacción realizada a los participantes luego de concluir la intervención. La información se muestra en la siguiente tabla con la transcripción de algunos comentarios en cuanto a sugerencias y aspectos por resaltar vistos por ellos. Esta encuesta fue diligenciada por 13 estudiantes debido a que 2 de ellos no pudieron asistir el día que se realizó dicha encuesta.

Tabla 4: Respuestas de la encuesta de satisfacción.

	Escala de valoración				
	1	2	3	4	5
1. Los temas tratados durante la intervención fueron interesantes y fáciles de comprender.			2	2	9
2. En la intervención se usó adecuadamente la denominada cultura Maker desde la filosofía DIY (Hazlo tú mismo).			1	2	10
3. Las actividades realizadas fueron interesantes.				2	11
4. Fue agradable la construcción del tubo de Kundt desde el trabajo colaborativo.			1	1	11
5. Los materiales eran fáciles de manipular.				3	10
6. Durante la intervención logró evidenciar cómo se aplicaba el concepto de onda estacionaria.			1	3	9
7. La metodología implementada durante toda la intervención fue apropiada.					13
8. El docente guio adecuadamente cada una de las etapas de la intervención.					13
9. Crees que la experimentación favoreció tu aprendizaje en física.				2	11

De la anterior tabla se puede evidenciar que la mayor calificación obtenida fue con respecto a la metodología implementada y la guía que brindó el profesor durante la construcción del tubo de Kundt mediante el uso de los microcontroladores y demás sensores que hacían parte del montaje. Con respecto a la pregunta 1 y 6 que hacen referencia a los temas tratados y la evidencia de la onda estacionaria durante la práctica del laboratorio de onda estacionaria, respectivamente. Para algunos estudiantes no fue muy claro a la hora de evidenciar una onda estacionaria dentro del tubo o al menos su funcionamiento.

Con respecto a los temas tratados en la intervención no fueron muy interesantes para algunos estudiantes o fáciles de comprender, esto se debe a que dentro del grupo de estudiantes con los cuales se estaba realizando la intervención, se contaba con estudiantes de sexto, séptimo, octavo; esto quiere decir que algunas de las temáticas se les dificultaron debido a la complejidad de los temas que se manejan en estos primeros grados aunque algunos estudiantes manifestaron haber visto la temática de ondas viajeras, las estacionarias se les dificultó en algún sentido debido a que no fue fácil de ver dentro de la implementación del tubo de Kundt.

Por la parte de los materiales utilizados, algunos estudiantes manifestaron no estar muy

cómodos con respecto a la facilidad para manipular materiales, ya que en algunas ocasiones muchos de ellos no habían tenido contacto alguno con microcontroladores y la programación que estos implican dentro de los sistemas de adquisición de datos.

De acuerdo con los intereses en las actividades, la mayoría de los estudiantes expresaron satisfacción y manifestaron que los temas abordados durante la construcción del tubo de Kundt fueron tanto interesantes como accesibles. Además, la participación activa en la cultura Maker destacando la filosofía DIY generó un alto grado de compromiso y disfrute en los participantes. Por otro lado, se resaltan las observaciones de los estudiantes especialmente a aquellos que respondieron que desean mantener todos los aspectos de la intervención, ya que hacen énfasis en el valor percibido de la combinación entre la teoría y la práctica, el trabajo colaborativo y la oportunidad de experimentar directamente con los conceptos físicos, destacando así el éxito en la generación del interés y la participación en la construcción del prototipo para posteriormente comprobar los datos mediante las TIC o los Sistemas de Adquisición de Datos.

5. CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Conclusiones

- En el presente trabajo se expone la contribución que hace el diseño con materiales de fácil acceso para realizar la práctica experimental con el tubo de Kundt para la enseñanza de la física. En primera instancia se resalta el proceso de construcción del conocimiento a partir del trabajo colaborativo guiado por el enfoque DIY, favoreciendo la capacidad de organización, planificación, toma de decisiones, fortalecimiento de habilidades y estimulación para vincularse en el aprendizaje.
- Los resultados de las dos pruebas aplicadas durante la intervención muestran el avance significativo en la construcción del conocimiento en física esto dado por la práctica experimental de la construcción del tubo de Kundt orientado desde los parámetros de la cultura Maker.
- Con la realización de la construcción del tubo de Kundt como práctica experimental se logró identificar las potencialidades de implementar la cultura Maker desde el enfoque DIY en el trabajo con los estudiantes, ya que permitió la toma de decisiones, trabajo colaborativo, el docente como mediador del conocimiento, desarrollo de habilidades en la construcción del prototipo con el acercamiento a los SAD y sobre todo se evidenció una mejor comprensión de la física sobre todo del tema de ondas estacionarias.
- Es posible enseñar la temática de ondas estacionarias orientado desde de la experimentación, el trabajo colaborativo y contrastar el componente teórico a través de sistemas de adquisición de datos (SAD) como es la plataforma Arduino, siendo esto un elemento innovador en la enseñanza de la física.
- Vygotsky como referente teórico para el diseño de la propuesta de enseñanza enfocada en el aprendizaje sobre ondas estacionarias contribuyeron a que el trabajo colaborativo se entendiera más como el compartir del conocimiento entre los estudiantes y construir unos nuevos a partir de la interacción con el otro y la experimentación.

- La herramienta TIC implementada favoreció en gran medida que los estudiantes comprendieran de una forma más sencilla e innovadora los conceptos sobre ondas estacionarias. Al igual, el uso de este recurso fue fundamental para el procesamiento y análisis de los datos logrando la comprobación teórica de la velocidad del sonido, longitudes de onda, frecuencias e identificación de cambios de intensidad.

5.2 Recomendaciones

- Debido a que es una práctica en la cual se debe realizar mediante la obtención de datos por medio del sonido, es indispensable que los estudiantes al momento de realizar la adquisición de datos, esta no se realice en espacios de recreo o descanso ya que esto puede ser un ambiente ruidoso lo que no permitiría la obtención de datos de manera correcta.
- Los materiales utilizados para la construcción del tubo fueron PVC; preferiblemente se recomienda realizarlo con acetato (un material de menor costo) ya que este tipo de material transparente puede facilitar la observación del émbolo dentro del tubo al igual que la correcta funcionalidad de los sensores.
- Las conexiones realizadas entre el micrófono y el Arduino se dificultó para algunos grupos debido al nivel de escolaridad y la poca experiencia que tenían con respecto a los microcontroladores; además, con el material utilizado (PVC), fue difícil conocer el estado de las conexiones dentro del tubo.
- También se pueden implementar otros sensores o módulos que pueden hacer la construcción de este tipo de dispositivos tales como módulos LCD, sensores de temperatura, entre otros.
- Hacer uso de distintas aplicaciones móviles tales como PhysicsSensor o Frequency Generator para la generación de distintas frecuencias a través de la bocina. Otra de las aplicaciones para dispositivos móviles que puede ayudar a la adquisición de datos de manera precisa es Arduino Science Journal, aplicación en la cual puedes grabar, almacenar, exportar y visualizar gráficos de manera ordenada y revisarlos en tiempo real en el dispositivo móvil.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aragón, P. y Marín. C. (2010). El pensamiento fisico-matemático como un objeto de estudio de la didáctica de la física. En memorias del Congreso Iberoamericano Educación METAS 2021. Buenos Aires. Argentina.

Aleixo, A., Silva, B., & Ramos, A. (2019). Análisis del uso de la cultura maker en contextos educativos: una revisión sistemática de la literatura. *Educatio Siglo XXI*, vol 39 n°2, 143–168.

Cardona-Zapata, M. E., Pabón-Rúa, D., & López-Ríos, S. Y. (2021). Concepciones sobre los sistemas de adquisición de datos en el trabajo de laboratorio en Física. *Revista Científica*, 40(1), 74-88.

Castañeda Londoño, H. (2012). Diseño de manual experimental de física, empleando materiales cotidianos.

Castiblanco, O., & Vizcaíno, D. (2008). La experiencia del laboratorio en la enseñanza de la física. *Educación en Ingeniería*, 1(ISSN 1900-8260).

Cruz, A. y Peña, D. (2013). Las prácticas de laboratorio como mediador pedagógico en la construcción de conocimiento científico escolar. [Tesis de licenciatura]. Universidad del Valle.

Domingo-Coscollola, M., Onsès-Segarra, J., & Sancho-Gil, J. M. (2018). La cultura DIY en educación primaria. Aprendizaje transdisciplinar, colaborativo y compartido en Hub DIYLab. *Revista de Investigación Educativa*, 36(2), 491–508.

Domínguez González, M. S., Mocencahua Mora, D., & González Calleros, J. M. (2019). Práctica docente apoyada en la cultura Maker para educación secundaria. M. S.

Espinosa, E., González, K. y Hernández, L. (2016). Las prácticas de laboratorio: una estrategia didáctica en la construcción de conocimiento científico escolar. *Revista Educación*, 12(1), 266-281. <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v12n1/v12n1a18.pdf>

Galeano, A., & Hernández, C. (2014). Orientaciones para el área de Ciencias Naturales.

Giló, R. (2019). *Una propuesta didáctica para la enseñanza de las ondas acústicas con la construcción de un tubo Kundt*. Universidad federal do semi árido.

- Gómez, F., & Mejía, R. (1999). Vygotsky: La perspectiva vygotskyana. *Correo Pedagógico*, 4, 3–6.
- González y García, M. (2016). Resolución de problemas en el aula de física: un análisis del discurso de su enseñanza y su aprendizaje en nivel medio. 4(3), 229–251.
- Guachún, F. (2022). Nuevas prácticas de laboratorio en la formación del docente de Física. Universidad Nacional del Comahue.
- Herraiz, F., y Alonso-Cano, C. (2019). La perspectiva Do It Yourself (DIY) en la enseñanza universitaria. Dar cuenta de las competencias que se aprenden mediante Objetos Visuales Digitales. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(1), 1–13.
- Lucci, M. A. (2007). La propuesta de Vygotsky: la psicología socio- histórica 1. 2(2006), 1 11.
- Medina, J., & Tarazona, Mi. (2011). El papel del experimento en la construcción del conocimiento físico, el caso de la construcción del potencial eléctrico como una magnitud física. elementos para propuestas en la formación inicial y continuada de profesores de física. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Ministerio de Educación Nacional. (2018). Plan vive digital. TIC y educación. Bogotá.
- Novara, M. el at. (2019). adaptación de un tubo de kundt para la determinación de la velocidad del sonido a distintas temperaturas. *Anales AFA Vol. 30 Nro.2* , 42–46
- Ortega-Ruipérez, B., & Brouard, M. M. A. (2019). Robótica DIY: pensamiento computacional para mejorar la resolución de problemas. 129-143.
- Peppler, K.; Bender, S. (2013). Maker movement spread innovation one project at a time. *Phi Delta Kappan*, 95(3), 22-27.
(http://www.kyliepeppler.com/Docs/2013_Peppler_Maker_Movement.pdf)
- Prendes y Serrano, J. (2012). La enseñanza y el aprendizaje de la física y el trabajo colaborativo con el uso de las TIC. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 14.
- REM. (2018). ¿Qué es la educación Maker? Recuperado de <http://www.educacionmaker.org/que-es-la-educación-maker/>
- Rivera, P. (2018). *Implicaciones del movimiento maker y el do it yourself en la educación escolar*. <https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/155338/1/686441.pdf>
- Romero Ariza, M., & Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 101–115.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>

Sánchez, J. (Ed.). (2012). *Diseño e implementación de un tubo de Kundt para el aprendizaje significativo de ondas estacionarias y su uso entre estudiantes de bachillerato* (Vol. 36). Revista de Investigación.

Tacca. (2011). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación Educativa*, 14(ISSN 1728-5852), 14.

Ubaque Brito. (2009). Experimento: Una herramienta fundamental para la enseñanza de la física. 35-40.

UNESCO (2019) Las TIC en la educación. Recuperado de:
<https://es.unesco.org/themes/tic-educación>

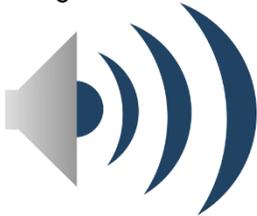
Vigotsky, L. S. (2007). *Apuntes de psicología general*. 1–7.

Zimmerman. C y Klahar. D. (2018). Development of scientific Thinking. En J. T. Wixted (Ed.). *Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neurosciences* (Fourth ed., pags. 1-25). John Wiley & Sons. doi:10.1002.-"9781119170174.epcn407.

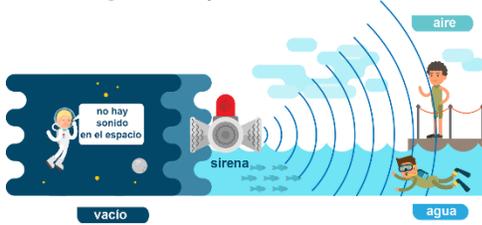
ANEXOS

Anexo A. Saberes previos sobre características de una onda estacionaria

1. ¿Qué es el sonido?



2. ¿Cómo podría calcular la velocidad del sonido en un medio o material?

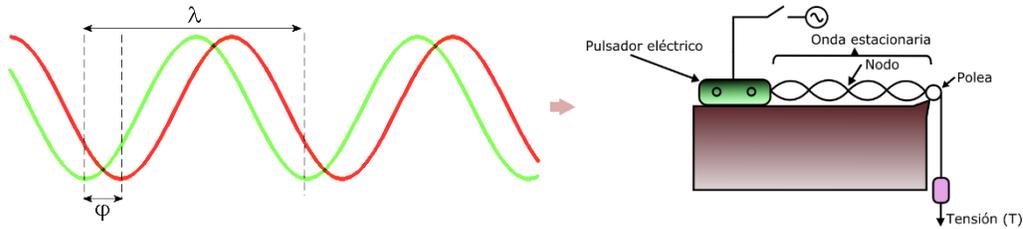


3. ¿Qué entendemos por reflexión del sonido? ¿Qué condiciones son necesarias para que el sonido se refleje?



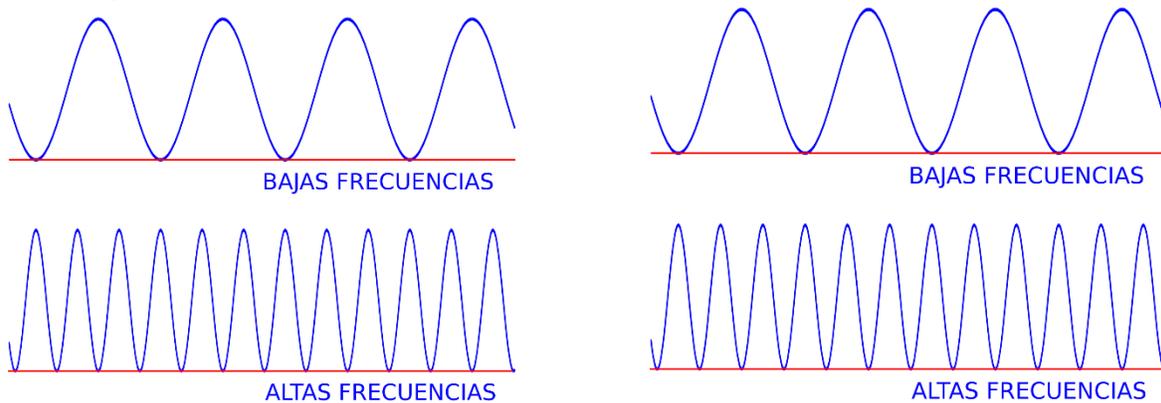
4. ¿Qué diferencia encuentras entre una onda viajera y una onda estacionaria?

5. ¿Cuál de las siguientes imágenes de ondas puede considerarse viajera o estacionaria?



6. ¿Qué entendemos por resonancia en las ondas?

7. ¿Qué es la frecuencia en una onda estacionaria?

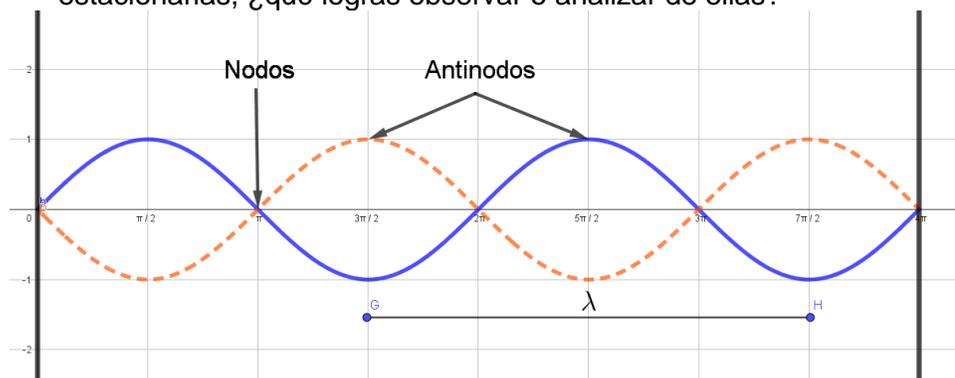


8. ¿Qué es la longitud de onda? _____

9. ¿Qué relación se puede establecer entre la longitud de ondas y su frecuencia?

10. ¿Cómo afecta la temperatura a la velocidad del sonido en un gas?

11. Con respecto a la siguiente imagen y teniendo en cuenta lo que sabes de ondas estacionarias, ¿qué logras observar o analizar de ellas?



Anexo B. Respuesta de algunos estudiantes al cuestionario saberes previos

Preguntas diagnósticas: Ondas estacionarias

Nombre: Alfonso Molina 7A

1. ¿Qué es el sonido?



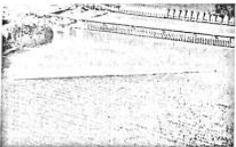
Es una onda mecánica que crea una vibración

2. ¿Cómo podría calcular la velocidad del sonido en un medio o material?



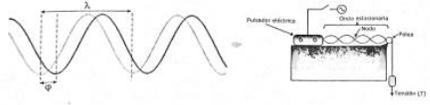
dividiendo la distancia que el sonido recorre en el material

3. ¿Qué entendemos por reflexión del sonido? ¿Qué condiciones son necesarias para que el sonido se refleje?



Es cuando rebota y nos da al un objeto que no lo atrape o lo refleje demasiado

4. ¿Qué diferencia encuentras entre una onda viajera y una onda estacionaria? ¿Cuál de las siguientes imágenes de ondas puede considerarse viajera o estacionaria?

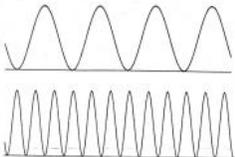


Se entiende que la viajera viaja y la estacionaria es estatica y ondula en un sitio fijo

5. ¿Qué entendemos por resonancia en las ondas?

No se

6. ¿Qué es la frecuencia en una onda estacionaria?



Es similar a la viajera pero con crestas diferentes

7. ¿Qué es la longitud de onda?

Es la distancia entre cresta y cresta o pico y pico

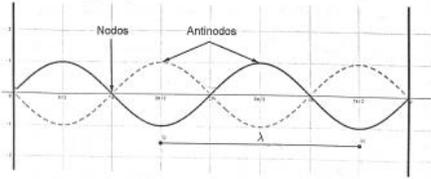
8. ¿Qué relación se puede establecer entre la longitud de ondas y su frecuencia?

Inverso

9. ¿Cómo afecta la temperatura a la velocidad del sonido en un gas?

La dispersión, al enfriarse o calentarse de los átomos

10. Con respecto a la siguiente imagen y teniendo en cuenta lo que sabes de ondas estacionarias, ¿qué logras observar o analizar de ellas?



Son contrarias y se cancelan porque la posición entre los antinodos que constituyen f y $-f$ entonces se cancelan

Preguntas diagnósticas: Ondas estacionarias

Nombre: Juan Esteban Vázquez García

1. ¿Qué es el sonido?



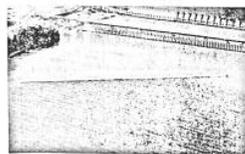
Es la percepción de ondas acústicas en el rango audible o rango de vibraciones en el oído.

2. ¿Cómo podría calcular la velocidad del sonido en un medio o material?



Mediante variables elásticas del material (E, K, ...), así como con ondas estacionarias, efecto Doppler, etc.

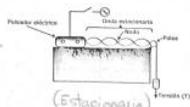
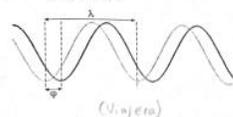
3. ¿Qué entendemos por reflexión del sonido? ¿Qué condiciones son necesarias para que el sonido se refleje?



Es el cambio de dirección al encontrar un obstáculo. Los dimensionales no pueden ser menores a λ y ocurren en dirección.

4. ¿Qué diferencia encuentras entre una onda viajera y una onda estacionaria?

¿Cuál de las siguientes imágenes de ondas puede considerarse viajera o estacionaria?

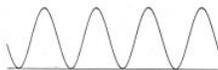


Una onda estacionaria posee puntos (nodos) inmóviles, la viajera no. La velocidad global de la onda estacionaria es cero.

5. ¿Qué entendemos por resonancia en las ondas?

Un aumento en amplitud debido a oscilaciones en fase de igual frecuencia.

6. ¿Qué es la frecuencia en una onda estacionaria?



Es el número de ciclos por unidad de tiempo. Equivale a $f = v/\lambda$. En el SI se mide en Hertz (Hz).



7. ¿Qué es la longitud de onda?

La distancia entre crestas o valles consecutivos. $\lambda = v/f$.

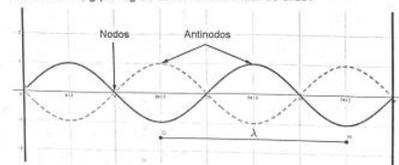
8. ¿Qué relación se puede establecer entre la longitud de ondas y su frecuencia?

Se relacionan por la velocidad de ondas. Sin importar $\lambda f = v$.

9. ¿Cómo afecta la temperatura a la velocidad del sonido en un gas?

La velocidad es directamente proporcional a la raíz de la temp. absoluta.

10. Con respecto a la siguiente imagen y teniendo en cuenta lo que sabes de ondas estacionarias, ¿qué logras observar o analizar de ellas?



Se ven nodos (puntos inmóviles) y antinodos (ampl. máx). Nodos fijos en ambos extremos. Cuarto armónico. $\lambda = 2l/n$. $f = v/\lambda = v/2l \approx 4v/2l$.

Anexo C. Guía de laboratorio

Laboratorio físico de ondas: Ondas estacionarias

MEDIDA DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AIRE

Objetivo general

Medir la velocidad del sonido en el aire.

Objetivos específicos

- Estudiar las ondas sonoras estacionarias en una columna de aire.
- Estudiar el fenómeno de resonancia.

Fundamentos

Modos normales de oscilación en una columna de aire (tubo cerrado) Se tiene un tubo con uno de sus extremos cerrados y el otro abierto y provisto de un parlante el cual se alimenta con una señal sinusoidal de frecuencia f obtenida de un generador de señales. Al excitar la columna de aire (encendiendo el generador), en condiciones de resonancia se generan en ella ondas estacionarias. En estas condiciones, el fenómeno vibratorio se caracteriza por la existencia de vientres y nodos de desplazamiento (y de presión). Un análisis detallado de estas condiciones lleva a concluir que las frecuencias propias de vibración de esta columna de aire (frecuencias a las cuales podrá resonar), f_n , cumplen la siguiente ecuación:

$$f_n = \frac{(2n - 1)}{4} \lambda$$



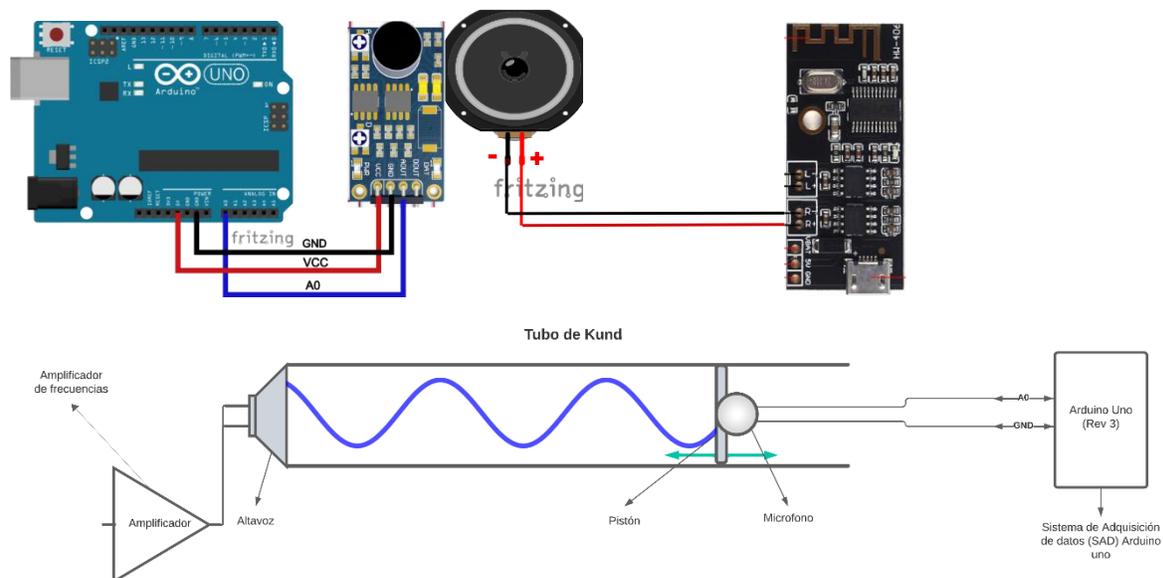
donde $n = 1, 2, 3, \dots$ Con $n = 1$ se obtiene la frecuencia del primer armónico (frecuencia fundamental) y L la longitud del tubo.

Materiales

- Tubo de Kundt.
- Arduino.
- Tarjeta amplificadora
- Speaker o parlante.
- Cinta métrica.
- 2 tubos de PVC.

Procedimiento

1. Realiza el siguiente montaje:



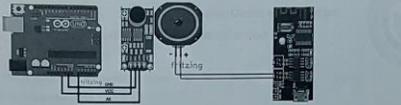
2. Realizar el montaje de la gura 1.
3. Medir la temperatura del aire.
4. Elegir una frecuencia en el generador de señales, por ejemplo 2000 Hz.
5. Desplazar el pistón dentro del tubo y señalar las posiciones de varios máximos en el sonido (longitudes de resonancia). Con base en estas posiciones calcular la longitud de onda (ecuación 4) y la velocidad del sonido en el aire ($\lambda f = V$).

Calcular la velocidad del sonido en el aire empleando la ecuación $V = 331.5 + 0.6T$ y compararla con la obtenida mediante la resonancia en el tubo.

Nota: Todos los datos y cálculos deben tener las respectivas incertidumbres.

Informe

Anexo D. Respuesta de algunos grupos en la toma de datos y cálculo de la velocidad del sonido.



Tubo de Kundt

2. Realizar el montaje de la gura 1.
 3. Medir la temperatura del aire.
 4. Elegir una frecuencia en el generador de señales, por ejemplo 2000 Hz.
 5. Desplazar el pistón dentro del tubo y señalar las posiciones de varios máximos en el sonido (longitudes de resonancia). Con base en estas posiciones calcular la longitud de onda (ecuación 4) y la velocidad del sonido en el aire ($\lambda f = V$).

Calcular la velocidad del sonido en el aire empleando la ecuación $V = 331.5 + 0.6T$ y compararla con la obtenida mediante la resonancia en el tubo.

Nota: Todos los datos y cálculos deben tener las respectivas incertidumbres.

Informe

400Hz

Mínimo 20cm, 15cm, 45cm, 85cm
 Máximo 10cm, 25cm, 60cm, 100cm

2000Hz

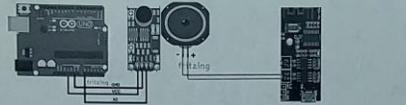
Mínimo 5cm, 5cm
 Máximo 32cm, 45cm
 Mx 60cm, 80cm
 Mx 85, 95cm

$\lambda = 1m / 100cm$

$\lambda = \frac{100cm}{400Hz} = 0.25cm/s$

$V = \frac{100cm}{2000Hz} = 0.05cm/s$

Alejandro Molina



Tubo de Kundt

2. Realizar el montaje de la gura 1.
 3. Medir la temperatura del aire.
 4. Elegir una frecuencia en el generador de señales, por ejemplo 2000 Hz.
 5. Desplazar el pistón dentro del tubo y señalar las posiciones de varios máximos en el sonido (longitudes de resonancia). Con base en estas posiciones calcular la longitud de onda (ecuación 4) y la velocidad del sonido en el aire ($\lambda f = V$).

Calcular la velocidad del sonido en el aire empleando la ecuación $V = 331.5 + 0.6T$ y compararla con la obtenida mediante la resonancia en el tubo.

Nota: Todos los datos y cálculos deben tener las respectivas incertidumbres.

Informe

En 400Hz hay 2 puntos
 cresta a 6m u 0.16m
 al encuentro $\lambda = 0.14m$
 y si $\lambda \cdot f = V$ entonces
 $0.14 \cdot 400 = 176m/s$

Ahora en 2000Hz
 los picos son cada
 7cm u 0.07m ::
 Aplicando la fórmula
 $0.07 \cdot 2000 = 140m/s$
 distinto a 400Hz

Con un microfono y arduino para más exactitud se encuentra que:
 400Hz
 =
 =
 =

Anexo E. Código Arduino (Micrófono)

```

const int sampleWindow = 50; // Sample
window width in mS (50 mS = 20Hz)
unsigned int sample;

#define SENSOR_PIN A0
void setup ()
{
  pinMode (SENSOR_PIN, INPUT); // Set the signal pin as input

  Serial.begin(115200);
}
void loop ()
{
  unsigned long startMillis= millis(); // Start of
sample window
  float peakToPeak = 0; // peak-to-peak
level

  unsigned int signalMax = 0; //minimum value
  unsigned int signalMin = 1024; //maximum value
// collect

data for 50 mS
  while (millis() - startMillis < sampleWindow)
  {
    sample = analogRead(SENSOR_PIN); //get reading
from microphone
    if (sample < 1024) // toss out
spurious readings
    {

```

```
        if (sample > signalMax)
        {
            signalMax = sample;           // save just
the max levels
        }
        else if (sample < signalMin)
        {
            signalMin = sample;         // save just
the min levels
        }
    }
    peakToPeak = signalMax - signalMin;   // max - min =
peak-peak amplitude
    int db = map(peakToPeak,20,900,49.5,90); //calibrate for
decibels
    Serial.print("Loudness: ");
    Serial.print(db);
    Serial.println("dB");

    delay(100);
```

Anexo F. Aplicación Arduino Science Journal



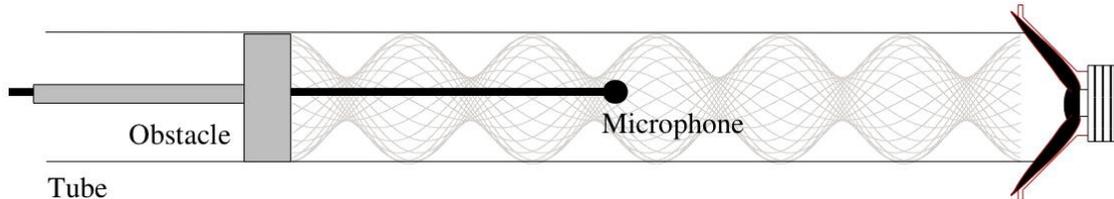
Anexo G. Preguntas finales

Ondas estacionarias Tubo de Kundt.

A partir de los experimentado en la práctica de ondas estacionarias y el tubo de Kundt, responda a las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo se genera una onda estacionaria en un tubo de Kundt?

2. A medida que se desplazaba el émbolo en el tubo de Kundt, ¿podía notar altos y bajos en el volumen de la frecuencia?



3. ¿Qué relación tienen las compresiones y las rarefacciones con respecto a los altos y los bajos?

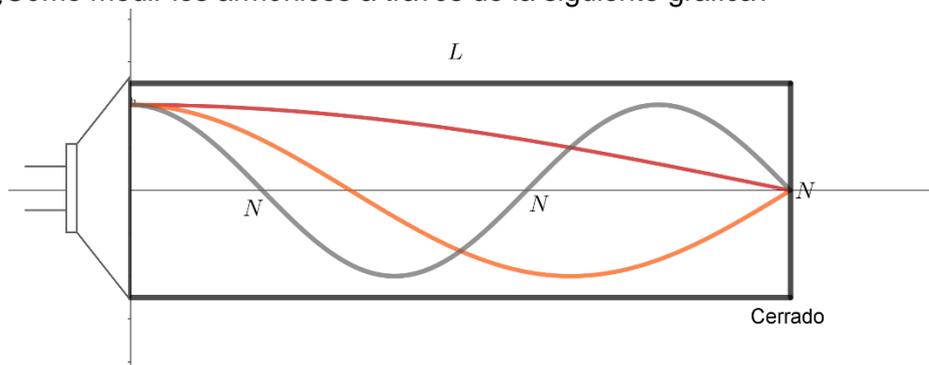
4. ¿Qué ocurre en el tubo de Kundt cuando se aumentaba la frecuencia de 400 Hz a 2000 Hz?

5. ¿Cómo calcular la velocidad del sonido en un medio material o directamente desde el tubo realizado en clase?

6. ¿La temperatura influye a la hora de calcular la velocidad del sonido?

7. ¿Cómo se podría mejorar la precisión de la medición de la velocidad del sonido en el tubo?

8. ¿Cómo medir los armónicos a través de la siguiente grafica?



Anexo H. Respuesta de algunos estudiantes al cuestionario final.

Preguntas finales: Ondas estacionarias Tubo de Kundt.

A partir de los experimentado en la práctica de ondas estacionarias y el tubo de Kundt, responda a las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo se genera una onda estacionaria en un tubo de Kundt?

A partir de la altura que desplaza la bolita

2. A medida que se desplazaba el émbolo en el tubo de Kundt, ¿podía notar altos y bajos en el volumen de la frecuencia?



o, Tube
Si por que vemos un cambio en la frecuencia de las bolitas

3. ¿Qué relación tienen las compresiones y las rarefacciones con respecto a los altos y los bajos?

Cuando se comprime el tubo, aumentan los altos y bajos cuando se rarefacta, disminuyen los altos y bajos

4. ¿Qué ocurre en el tubo de Kundt cuando se aumentaba la frecuencia de 400 Hz a 2000 Hz?

Se vuelve más agudo y la longitud de onda disminuye, porque la frecuencia aumenta

5. ¿Cómo calcular la velocidad del sonido en un medio material o directamente desde el tubo realizado en clase?

Mirando la longitud y la frecuencia de la onda y que $v = \lambda f$

6. ¿La temperatura influye a la hora de calcular la velocidad del sonido?

Si porque cuando la temperatura es más alta, la velocidad de la onda viaja más rápido al aumentar o disminuir la densidad

Preguntas finales: Ondas estacionarias Tubo de Kundt.

A partir de los experimentado en la práctica de ondas estacionarias y el tubo de Kundt, responda a las siguientes preguntas.

1. ¿Cómo se genera una onda estacionaria en un tubo de Kundt?

A partir de la altura

2. A medida que se desplazaba el émbolo en el tubo de Kundt, ¿podía notar altos y bajos en el volumen de la frecuencia?



o, Tube
Si de cuando que se disminuyen

3. ¿Qué relación tienen las compresiones y las rarefacciones con respecto a los altos y los bajos?

Cuando está en una compresión, hay más altos y cuando está en una rarefacción, hay más bajos

4. ¿Qué ocurre en el tubo de Kundt cuando se aumentaba la frecuencia de 400 Hz a 2000 Hz?

Se vuelve más agudo y disminuye la longitud de onda.

5. ¿Cómo calcular la velocidad del sonido en un medio material o directamente desde el tubo realizado en clase?

$v = \lambda f$
calcular λ con la distancia entre nodos y antinodos.

6. ¿La temperatura influye a la hora de calcular la velocidad del sonido?

Si porque a mayor temperatura, mayor velocidad porque la densidad del aire disminuye

Anexo I. Encuesta de satisfacción

La siguiente encuesta tiene como propósito apreciar la valoración que usted como estudiante hace a la intervención realizada de la cual hizo parte. Conteste con honestidad y tranquilidad.

Marque con una X la valoración que usted crea conveniente según cada pregunta, donde 1 es poco satisfecho y 5 muy satisfecho.

	Escala de valoración				
	1	2	3	4	5
Los temas tratados durante la intervención fueron interesantes y fáciles de comprender.					
En la intervención se usó adecuadamente la denominada cultura Maker desde la filosofía DIY (hazlo tu mismo).					
Las actividades realizadas fueron interesantes.					
Fue agradable la construcción del tuvo de Kundt desde el trabajo colaborativo.					
Los materiales eran fáciles de manipular.					
Durante la intervención logró evidenciar como se aplicaba el concepto de onda estacionaria.					
La metodología empleada durante toda la intervención fue apropiada,					
El docente guio adecuadamente cada una de las etapas de la intervención.					
Creas que la experimentación favoreció tu aprendizaje en física.					

Observaciones generales

Para mantener:

Para mejorar:

Anexo J. Respuestas de algunos estudiantes sobre la encuesta de satisfacción.

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

La siguiente encuesta tiene como propósito apreciar la valoración que usted como estudiante hace a la intervención realizada de la cual hizo parte. Conteste con honestidad y tranquilidad.

Marque con una X la valoración que usted crea conveniente según cada pregunta, donde 1 es poco satisfecho y 5 muy satisfecho.

	Escala de valoración				
	1	2	3	4	5
Los temas tratados durante la intervención fueron interesantes y fáciles de comprender.					X
En la intervención se usó adecuadamente la denominada cultura Maker desde la filosofía DIY (hazlo tu mismo).			X		
Las actividades realizadas fueron interesantes.				X	
Fue agradable la construcción del tubo de Kundt desde el trabajo colaborativo.				X	
Los materiales eran fáciles de manipular.				X	
Durante la intervención logró evidenciar como se aplicaba el concepto de onda estacionaria.				X	
La metodología empleada durante toda la intervención fue apropiada.				X	
El docente guio adecuadamente cada una de las etapas de la intervención.				X	
Crees que la experimentación favoreció tu aprendizaje en física.				X	

Observaciones generales

Para mantener:
La metodología empleada

Para mejorar:
Los pocos espacios que tuvimos

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

La siguiente encuesta tiene como propósito apreciar la valoración que usted como estudiante hace a la intervención realizada de la cual hizo parte. Conteste con honestidad y tranquilidad.

Marque con una X la valoración que usted crea conveniente según cada pregunta, donde 1 es poco satisfecho y 5 muy satisfecho.

	Escala de valoración				
	1	2	3	4	5
Los temas tratados durante la intervención fueron interesantes y fáciles de comprender.					X
En la intervención se usó adecuadamente la denominada cultura Maker desde la filosofía DIY (hazlo tu mismo).				X	
Las actividades realizadas fueron interesantes.				X	
Fue agradable la construcción del tubo de Kundt desde el trabajo colaborativo.				X	
Los materiales eran fáciles de manipular.				X	
Durante la intervención logró evidenciar como se aplicaba el concepto de onda estacionaria.			X		
La metodología empleada durante toda la intervención fue apropiada.				X	
El docente guio adecuadamente cada una de las etapas de la intervención.				X	
Crees que la experimentación favoreció tu aprendizaje en física.				X	

Observaciones generales

Para mantener:
Muy divertido, materiales interesantes, instrucciones claras y muy amables

Para mejorar:
Más tiempo de explicación y de como se relaciona el proyecto con las ondas

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

La siguiente encuesta tiene como propósito apreciar la valoración que usted como estudiante hace a la intervención realizada de la cual hizo parte. Conteste con honestidad y tranquilidad.

Marque con una X la valoración que usted crea conveniente según cada pregunta, donde 1 es poco satisfecho y 5 muy satisfecho.

	Escala de valoración				
	1	2	3	4	5
Los temas tratados durante la intervención fueron interesantes y fáciles de comprender.					X
En la intervención se usó adecuadamente la denominada cultura Maker desde la filosofía DIY (hazlo tu mismo).					X
Las actividades realizadas fueron interesantes.				X	
Fue agradable la construcción del tubo de Kundt desde el trabajo colaborativo.				X	
Los materiales eran fáciles de manipular.				X	
Durante la intervención logró evidenciar como se aplicaba el concepto de onda estacionaria.				X	
La metodología empleada durante toda la intervención fue apropiada.				X	
El docente guio adecuadamente cada una de las etapas de la intervención.				X	
Crees que la experimentación favoreció tu aprendizaje en física.				X	

Observaciones generales

Para mantener:
Todo

Para mejorar:
Los tiempos y espacios

Anexo K. Fotografías de la intervención de la propuesta de investigación.