



Uso de simulaciones computacionales para favorecer el aprendizaje de las ondas sonoras en secundaria: un enfoque en el Diseño Universal de Aprendizaje y la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

Christian Johan Vallejo Quintero

Jenifer Muñoz López

Trabajo de grado presentado para optar al título de Licenciado y Licenciada en Física

Asesoras

Vanessa Arias Gil, Doctora (PhD) en Educación

Mónica Eliana Cardona Zapata, Magíster (MSc) en Educación en Ciencias Naturales

Universidad de Antioquia

Facultad de Educación

Licenciatura en Física

Medellín, Antioquia, Colombia

2024

Cita	(Vallejo-Quintero & Muñoz-López, 2024)
Referencia	Vallejo-Quintero, C. J., & Muñoz-López, J. (2024). <i>Uso de simulaciones computacionales para favorecer el aprendizaje de las ondas sonoras en secundaria: un enfoque en el Diseño Universal de Aprendizaje y la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Línea de investigación Tecnologías de la Información y la Comunicación para la Enseñanza de las Ciencias y las Matemáticas



Centro de Documentación Educación

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Primeramente, dedicamos este trabajo a nosotros mismos, porque solo nosotros sabemos lo difícil que ha sido este proceso; a pesar de eso, rescatamos la linda amistad que pudo surgir en este camino universitario en virtud de los momentos difíciles y gratos que vivimos.

A nuestra familia por su apoyo constante y creer en nosotros, otorgando el ánimo necesario para no desistir. A nuestras asesoras por guiar nuestro proceso formativo en varias etapas de él, especialmente en este trayecto final; en la vida siempre se necesita quien nos guíe y nos acompañe. A todos los amigos y profesores que marcaron nuestro ser, transformando nuestras vidas.

A la Universidad de Antioquia por ser partícipe y por darnos la opción, el apoyo y la comprensión para dar pasos... pasos de gigante.

Agradecimientos

En primer lugar, le agradezco a Dios por guiarme en este proceso de formación, por brindarme la fortaleza necesaria para seguir adelante a pesar de los momentos de dificultad y por siempre estar a mi lado. Agradezco a mi mamá, esposa e hija por ser mi motivación constante, por apoyarme y por estar presentes en los buenos y no tan buenos momentos. Agradezco a mis asesoras Vanessa y Mónica, quienes con su experiencia, conocimiento, cariño y vocación me orientaron durante todo el transcurso de mi carrera. Nuevamente, le agradezco a Dios, por permitirme hacer este significativo trabajo con Jenifer Muñoz, agradecerle a ella por creer en mí, por su paciencia y ayuda, por estar presente y extenderme su mano en los momentos más difíciles, y sobre todo por brindarme su valiosa amistad. Agradezco a mi familia, mis compañeros y profesores que de alguna manera aportaron a este gran logro, pero sobre todo agradezco a los amigos que la universidad me regaló, en muchos momentos fueron mi apoyo, muchas gracias. Agradezco al profesor cooperador, a los estudiantes y a la institución donde realice las prácticas, me permitieron construir mis primeros pinos como profesor, además de crecer como persona. Agradezco enormemente a la Universidad de Antioquia por ser ese espacio donde me formé integralmente y por ser mi refugio en esos momentos que no tenía.

Por último, pero no menos importante, gracias a las personas que no creyeron en mí, pues ayudaron a fortalecer mi espíritu para nunca rendirme, así que me agradezco a mí mismo por nunca darme por vencido, por levantarme ante tantas caídas y por siempre luchar por mis sueños.

Christian Johan Vallejo Quintero

Me agradezco a mí por los esfuerzos hechos durante este proceso de formación, a mi familia por brindarme el apoyo para ser profesional, donde cada uno de los miembros me aportó de una manera singular. Agradezco a mis asesoras Mónica y Vanessa quienes más que las guías de este camino han sido un ejemplo a seguir. A mi amigo Christian por ser mi confidente. A Alejandro quien colaboró en momentos difíciles. A Jhordan por ser mi par guía y a mis compañeros Laura, Sebas y Ana que de alguna manera dieron aliento para seguir. Al docente cooperador Robinson Patiño, quien me recibió con los brazos abiertos y acogió con su paciencia y amor por la enseñanza. A la Institución Educativa Alfredo Cock Arango por permitirme formarme en mis prácticas profesionales y a todos los participantes de esta investigación. Finalmente, a la Universidad de Antioquia por formarme como sujeto integral y permitirme cumplir el sueño de ser parte de ella.

Jenifer Muñoz López

Tabla de contenido

Resumen	11
Abstract	12
1 Planteamiento del problema	13
2 Objetivos	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3 Revisión de literatura	19
3.1 Asuntos metodológicos de la revisión de literatura	19
3.2 Inclusión educativa en la enseñanza de la matemática y la física	24
3.3 Enseñanza de ondas sonoras y simulaciones computacionales en secundaria.....	29
3.4 TASC en la enseñanza de la matemática y la física	30
4 Marco teórico	33
4.1 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico	33
4.1.1 Principio del conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos	34
4.1.2 Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas	34
4.1.3 Principio de la no centralización en el libro de texto. Del uso de documentos artículos y otros materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos	35
4.1.4 Principio del aprendiz como perceptor representador	35
4.1.5 Principio del conocimiento como lenguaje.....	35
4.1.6 Principio de la conciencia semántica	36
4.1.7 Principio del aprendizaje por error	36
4.1.8 Principio del desaprendizaje	36
4.1.9 Principio de la incertidumbre del conocimiento	36

4.1.10 Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza	37
4.1.11 Principio del abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable.....	37
4.2 Las TIC en la educación.....	39
4.2.1 TIC en la enseñanza de la física y la matemática	41
4.2.2 Simulaciones computacionales para la enseñanza de la física.....	42
4.3 Diseño Universal para el Aprendizaje.....	43
4.3.1 El DUA y las TIC	45
4.3.2 Los principios del DUA	46
4.4 Relaciones establecidas entre los referentes teóricos	49
5 Marco metodológico	51
5.1 Enfoque de la investigación	51
5.2 Tipo de estudio	51
5.3 Contexto y participantes.....	52
5.4 Consideraciones éticas	52
5.5 Técnicas e instrumentos de recolección	53
5.5.1 La observación participante y el diario de campo	53
5.5.2 La entrevista no estructurada	54
5.5.3 Las actividades.....	54
5.6 Propuesta de enseñanza.....	55
5.6.1 El tendedero ondulatorio.....	57
5.6.2 Propagación de ondas sonoras	58
5.6.3 Variación de la gráfica de la onda y sus elementos	60
5.6.4 Simulaciones computacionales y ondas sonoras.....	62
5.6.5 Produciendo una onda de sonido en CloudLabs	63

5.7 Procesos para el análisis de información.....	64
5.7.1 Categorización	65
5.7.2 Codificación.....	66
5.7.3 Triangulación hermenéutica.....	66
5.7.4 Análisis de contenido.....	67
5.7.5 Criterios de confiabilidad y validez	67
5.8 Matriz metodológica	68
6 Resultados y análisis	70
6.1 Aporte de los principios del DUA en el diseño metodológico.....	71
6.2 Identificación de los principios facilitadores de la TASC.....	74
6.2.1 Análisis Tendedero ondulatorio	75
6.2.2 Análisis Propagación de ondas sonoras	85
6.2.3 Análisis Variación de la gráfica de la onda y sus elementos	95
6.3 Contribución de las simulaciones computacionales utilizadas para la enseñanza y el aprendizaje de ondas sonoras	97
6.3.1 Análisis Simulaciones computacionales y ondas sonoras	98
6.3.2 Análisis Produciendo una onda de sonido en CloudLabs.....	108
7 Conclusiones	112
8 Recomendaciones.....	116
Referencias	118
Anexos.....	127

Lista de tablas

Tabla 1 Revistas seleccionadas para la revisión de literatura, país y cuartil en el que están ubicadas	21
Tabla 2 Artículos encontrados por núcleo temático en revistas	23
Tabla 3 Artículos encontrados con ecuaciones de búsqueda en bases de datos	24
Tabla 4 Explicación de las pautas y los puntos de verificación a tener en cuenta	47
Tabla 5 Resumen de las sesiones de la implementación	56
Tabla 6 Definición de las categorías de análisis de información en relación con los instrumentos de recolección de información	68
Tabla 7 Codificación de los instrumentos de recolección	70
Tabla 8 Análisis del aporte de cada pauta del DUA al diseño metodológico	71
Tabla 9 Representaciones por cada participante en TO1	76
Tabla 10 Representaciones posteriores a la socialización en TO2.....	80
Tabla 11 Definiciones de algunos elementos de la onda en TO2	81
Tabla 12 Respuestas de los participantes a las preguntas de ADG	95
Tabla 13 Evidencias de las subcategorías correspondientes a las simulaciones computacionales.....	97
Tabla 14 La simulación en cuanto a la propagación de las ondas sonoras	98
Tabla 15 Comportamiento de las partículas de una onda sonora con ayuda de la simulación computacional	100
Tabla 16 Anotaciones sobre el cambio en la amplitud y su relación con el sonido.....	108
Tabla 17 Explicación final sobre ¿qué es el sonido?.....	110

Lista de figuras

Figura 1 Criterios para la selección de revistas para la revisión de literatura.....	20
Figura 2 Áreas admitidas para la selección de revistas.....	21
Figura 3 Relación de los elementos que constituyen el marco teórico	50
Figura 4 Evidencia de actividad de tendadero hecha con los estudiantes.....	57
Figura 5 Actividad de palabras utilizadas cuando se habla de ondas sonoras	59
Figura 6 Representación gráfica de una onda en GeoGebra	61
Figura 7 Vista del simulador de ondas sonoras de PhET.....	62
Figura 8 Vista de la actividad Produciendo una onda de sonido en CloudLabs	63
Figura 9 Resumen del proceso de análisis de datos cualitativos para investigaciones sociales cualitativas. Tomado de: Rodriguez et al. (2005)	65
Figura 10 Evidencias de las subcategorías y su codificación correspondiente.....	74
Figura 11 Respuestas a definición de conceptos principales en TO2	82
Figura 12 Representación de las ondas sonoras en el experimento de la varilla y el martillo.....	86
Figura 13 Representación de las ondas sonoras en el experimento del diapasón	87
Figura 14 Respuestas sobre sonido y propagación del sonido en AEF.....	88
Figura 15 Propagación y sonido según EM	90
Figura 16 Palabras que usan los participantes para hablar de ondas sonoras	91
Figura 17 Opiniones cada uno de los participantes sobre el experimento que más le gustó	93
Figura 18 Cambios al modificar la amplitud y la frecuencia	102
Figura 19 Instrumento ENE del participante EM	104
Figura 20 Instrumento ENE del participante ED	106
Figura 21 Instrumento ENE del participante EN	107
Figura 22 Elección del diapasón dependiendo de su periodo y frecuencia.....	109

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AS	Aprendizaje Significativo
ASC	Aprendizaje Significativo y Crítico
DU	Diseño Universal
DUA	Diseño Universal para el Aprendizaje
MEN	Ministerio de Educación Nacional
MSc	Magister Scientiae
NEE	Necesidad (es) Educativa (s) Especial (es)
PhD	Philosophiae Doctor
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SJR	Scimago Journal & Country Rank
TAS	Teoría del Aprendizaje Significativo
TASC	Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico
TIC	Tecnologías de la información y la(s) comunicación(es)
UdeA	Universidad de Antioquia
UEPS	Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo integrar las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la educación, con la intención de evitar el uso de carácter instrumental que en la mayoría de los casos se les otorga a estas herramientas tecnológicas. Para esto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el aporte de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de las ondas sonoras en relación con la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y el Diseño Universal de Aprendizaje? Se realiza inicialmente una revisión de literatura sistemática que permite establecer un diagnóstico sobre los elementos principales del trabajo; también, se estructura el marco teórico con base a la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, las simulaciones computacionales para la enseñanza de la física y los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje. Posteriormente, se desarrolla una propuesta de enseñanza que apunta a la recolección de información a través de diferentes instrumentos, basado en un estudio colectivo de casos. Los resultados permiten reconocer el aporte de los principios de la TASC en cuanto a la construcción de conocimiento y la progresión de los aprendizajes con relación a las ondas sonoras; además de valorar el aporte del DUA en el diseño de una propuesta pedagógica, analizando los recursos y métodos a utilizar, junto con las respuestas recolectadas con actividades diversas; y finalmente, la valoración de las simulaciones computacionales como potenciales para el aprendizaje de las ondas sonoras en cuanto a que permiten la interacción, la visualización y escucha del fenómeno.

Palabras clave: simulaciones computacionales, Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, Diseño Universal para el Aprendizaje, enseñanza de la física.

Abstract

The objective of this research is to integrate Information and Communication Technologies (ICT) in education, with the intention of avoiding the instrumental use that in most cases is given to technological tools. To this end, the research question arises: What is the contribution of computational simulations in the learning of sound waves in relation to the Theory of Critical Meaningful Learning (TASC) and the Universal Design of Learning? A systematic literature review is carried out to find a diagnosis of each elements of the work; Also, the theoretical framework is structured based on the Theory of Critical Significant Learning, computational simulations for the teaching of physics and the principles of Universal Design for Learning (UDL). Subsequently, a teaching proposal is developed that aims at the collection of information through different instruments, based on a collective case study. The results allow us to recognize the contribution of the principles of the TASC in terms of the construction of knowledge and the progression of learning in relation to sound waves; in addition to valuing the contribution of UDL in the design of a pedagogical proposal, analyzing the resources and methods to be used, along with the responses collected with various activities; and finally, the assessment of computer simulations as potential for the learning of sound waves in that they allow interaction, visualization and listening to the phenomenon.

Keywords: computational simulations, Critical Meaningful Learning Theory, Universal Design for Learning, teaching physics.

1 Planteamiento del problema

El Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2013) plantea que el mejoramiento de la calidad educativa involucra la transformación de prácticas pedagógicas con apoyo de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y estrategias que involucren a los estudiantes hacia el uso de estas, con ayuda de un docente preparado para lograr la transformación y fortalecimiento de las instituciones educativas.

El mejoramiento de la calidad educativa también pretende transformar las prácticas provenientes del paradigma conductista, que han permanecido con el paso de los años y han sido centro de innumerables críticas por imponer la transferencia de conocimiento de forma unidireccional; en este caso, del profesor hacia los estudiantes; en lugar de brindar la oportunidad de una construcción del conocimiento de manera conjunta, es decir, entre estudiantes y profesores.

De tal manera que existe la necesidad de cambiar esas prácticas para construir una educación para todos, en la que se reconozca al estudiante como sujeto de saber para brindar posibles soluciones con propuestas de enseñanza más actuales, instauradas en el paradigma del constructivismo y en la utilización de las TIC.

Esta investigación se sitúa en el marco del constructivismo con la utilización de las TIC, donde los protagonistas en la educación son los estudiantes, siendo reconocidos como sujetos de saber y llenos de experiencias que pueden utilizar en la construcción de nuevo conocimiento a partir de lo que conocen y lo que la educación pueda brindarles. Marques (como se citó en Sebastião, 2021) apoya esta idea cuando nos afirma que la sociedad de la información exige una reducción de las prácticas memorísticas-reproductivas a favor de prácticas socio-constructivistas centradas en el alumnado y el aprendizaje autónomo y colaborativo.

Por esta razón, las prácticas y herramientas educativas tradicionales se han ido articulando con tecnologías que permiten nuevas formas de presentar y de interactuar con el conocimiento y favorecen la representaciones de figuras, diagramas, tablas, dibujos, resolución de preguntas, calificación de tareas; a través de herramientas de texto, diapositivas, presentaciones, hojas de cálculo, páginas web, *software* matemáticos, entre muchos otros; que se incorporan a la escuela con fines de transformación y actualización, como el desarrollo de nuevas habilidades, la optimización de procesos y la formación de la sociedad del conocimiento.

La llegada de estas nuevas herramientas a las aulas ha permitido la visualización del tablero y de la forma de enseñanza de manera diferente; a pesar de eso, la educación avanza lentamente en comparación con el ritmo de la tecnología, por razones como la formación, la capacitación de docentes, la inversión en infraestructura, la desactualización del currículo, la falta de creatividad, la comodidad que ofrecen las prácticas educativas clásicas y el desconocimiento sobre herramientas digitales que permitan el diseño de una estrategia de enseñanza innovadora.

Debido a esto, estas tecnologías hacen presencia de manera más concurrente en las aulas de clase y los docentes optan por utilizarlas, pero en muchas ocasiones se le llama incorporación de las TIC a los procesos de enseñanza que transmiten información por medio de ellas, cuando no se suma al currículo, sino que sigue siendo algo externo a él, dejando de lado otros procesos presentes en el acto educativo (Cabero, 2015; Cabero y Barroso, 2015); es decir, que “la tecnología, en lugar de ser considerada como un campo de estudio, se ha reducido en muchos casos a una mera herramienta al servicio de la enseñanza de las ciencias” (Hennessy et al. como se citó en Toma y García-Carmona, 2021, p. 72).

Lo mencionado anteriormente, se convierte en una problemática desde la cual los procesos de formación en las escuelas no están cambiando con el avance tecnológico, sino que se mantienen estáticas con cambios de sus herramientas clásicas (tablero, marcador, libro de texto) por otras emergentes (diapositivas, tableros digitales, videos) apoyando de igual manera las prácticas memorísticas. De esta manera, no se cambia la manera de enseñar, sino que se camufla tras las nuevas herramientas, impidiendo aprovecharlas al máximo para aportar a una formación centrada en el alumno, en oposición a la práctica de las TIC como una herramienta para el docente (Cabero, 2015). El uso de TIC debe tener propósitos diferentes a la memorización de contenido y, además, centrados en el alumno; por ejemplo, que este se involucre más en el proceso, desarrollar el pensamiento crítico, integrar los aprendizajes adquiridos y fomentar un aprendizaje significativo (Esteve y Gisbert, 2011).

Lo anterior, implica reconocer que las TIC por sí solas no mejoran los procesos de enseñanza y aprendizaje, si no se tiene una buena planificación e intencionalidad. Para que sean provechosas en la educación deben estar acompañadas de métodos y estrategias que las fundamenten y permitan articularlas con los propósitos pedagógicos en la enseñanza, de lo contrario el estudiante puede perderse en el proceso de aprendizaje (Alcántara, 2009; Sebastião, 2021; Lugo y Kelly, 2010). En otras palabras:

La innovación no implica simplemente la incorporación de recursos tecnológicos en las aulas. Significa una transformación cultural en la manera de gestionar y construir el conocimiento, en las estrategias de enseñanza, en las nuevas configuraciones institucionales, en los roles de los profesores y los alumnos, e incluso en la manera creativa de pensar la educación, la tecnología y las escuelas. (Lugo y Kelly, 2010, p. 4)

Se puede adicionar que no se mejoran los procesos de enseñanza y aprendizaje cuando no se tiene un sentido pedagógico con la tecnología, es decir, no se da cuenta de una apropiación en relación con su uso educativo, ni se autoevalúa el proceso de implementación de acuerdo a competencias como las propuestas por el MEN (2013), en el cual el sentido pedagógico lo otorga el maestro cuando se autoevalúa en diferentes niveles, en cuanto al desarrollo de competencias tecnológicas, comunicativas, pedagógicas, de gestión e investigativas.

Si bien se reconoce en el uso fundamentado de las TIC un importante potencial para la enseñanza y el aprendizaje, es importante tener en cuenta que su utilización en el aula favorece principalmente el acceso a recursos de forma visual. Esto supone una educación que no es del todo inclusiva porque se sitúan barreras para personas que tienen otro estilo de aprendizaje o que tienen alguna discapacidad. Según la UNESCO (2008a), la educación inclusiva ha tenido diversas definiciones; una de ellas es la que tiene instaurado el pensamiento de que es una educación solo para personas con discapacidad. Sin embargo, otra versión más acorde es la que entiende a la educación inclusiva “como un principio rector destinado a alcanzar niveles razonables de integración escolar de todos los estudiantes” (UNESCO, 2008a, p. 10).

Esto hace necesario el diseño de estrategias didácticas en las que se articule el uso de las herramientas digitales con los principios del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) para que la enseñanza pueda ser más universal, ya que “el mero uso de la tecnología no garantiza la atención a la diversidad ni las mejoras en el aprendizaje del alumnado” (Alba et al., 2014, p.17).

Por otro lado, la educación en ciencias en Colombia es guiada a través de documentos oficiales propuestos por el MEN; uno de ellos es el de los Lineamientos curriculares de Ciencias Naturales y Educación Ambiental (1998), el cual comprende la enseñanza de las ciencias como una enseñanza desde el concepto de mundo de la vida, utilizado por Edmund Husserl; quien menciona las teorías científicas que vienen del mundo en el cual está inmerso el sujeto. Sumado a ello, se toma al sujeto como portador de conocimiento, adquirido gracias a su experiencia y a las interacciones sociales que ha tenido a lo largo de su vida. Esto en la misma perspectiva del

constructivismo y de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC) que permite al sujeto proponer desde lo que sabe y ser creador de nuevo conocimiento. La educación en ciencias, entonces, permite la integración de saberes comunes, científicos y tecnológicos para que el sujeto pueda ganar comprensión del mundo y los fenómenos de la vida cotidiana.

La enseñanza de la física debe estar encaminada al mejoramiento de la calidad educativa (como lo mencionado por el MEN), además de tener unas prácticas inclusivas y comprender la vida cotidiana. Desde este punto, se pretenden incorporar estos elementos desde la enseñanza de las ondas sonoras comprendida en el grado undécimo de los Derechos Básicos de Aprendizaje (DBA), con el fin de comprender la propagación del sonido y en general los fenómenos ondulatorios (MEN, 2016). De ahí se parte que estas temáticas puedan abordarse en aras de inclusión mediante actividades experimentales. Las ondas mecánicas, que aunque vienen de una teoría científica que a su vez proviene del mundo de la vida, puede traer consigo una dificultad, debido a que permite diversos experimentos donde se muestran los armónicos, las ondas estacionarias, la visualización de los nodos, el movimiento transversal y longitudinal de la materia y la longitud de onda; sin embargo, requieren materiales y montajes que no se encuentran en todas las Instituciones Educativas, además que estos experimentos son en su mayoría visuales, por lo que se necesita la creación de estrategias que permitan su aprendizaje con otras formas de representación.

En particular, la Institución Educativa Alfredo Cock Arango, donde se identifica el problema, es una institución de carácter público ubicada en el barrio Castilla de la ciudad de Medellín, donde se atiende la población de estratos socioeconómicos 1,2 y 3. Allí, se trabaja el enfoque de la pregunta, apuntándole a despertar la curiosidad y trabajar contenidos no secuenciales, es decir, que no llevan una línea recta de enseñanza de contenidos, si no que se utilizan los conceptos regidos por las necesidades de la pregunta.

En relación a materiales o espacios para la enseñanza de las ondas, es una institución que cuenta con un espacio de laboratorio; sin embargo, no posee los implementos necesarios para realizar experimentos de ondas sonoras que atiendan a una educación inclusiva, por lo que es necesario tener una buena planificación a la hora de organizar una actividad experimental y buscar la manera de complementar estas actividades con el uso de las TIC, con el fin de desarrollar nuevas competencias y apoyarse del uso de *software*. Algunas de ellas pueden ser las simulaciones computacionales, que pueden apoyar la inclusión en el aula, permitiendo que la intervención

didáctica relacione de manera intencionada las TIC con la educación y así mismo hacerle frente a la instrumentalización de ellas en la enseñanza.

Con este panorama de la institución, es posible pensar en una enseñanza de la física donde se haga uso de la tecnología, debido a que la institución cuenta con salas de Medellín digital, dotada de computadores portátiles y acceso a internet para dejar atrás las prácticas tradicionales de enseñanza, además de pensar en diversas maneras de presentar y enseñar el conocimiento, donde todos los estudiantes puedan acercarse a este saber de manera diferente.

Con base en lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el aporte de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de las ondas sonoras en relación con la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y el Diseño Universal de Aprendizaje en grado undécimo?

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar los aportes de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de las ondas sonoras a partir de una propuesta de enseñanza basada en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y el Diseño Universal para el Aprendizaje.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar el aporte de los principios del DUA en la enseñanza de la física para la inclusión educativa.
- Reconocer el aporte de los principios de la TASC en la enseñanza de las ondas sonoras.
- Valorar las simulaciones computacionales utilizadas para la representación de ondas sonoras.

3 Revisión de literatura

Con el fin de realizar una indagación en la problemática abordada para conocer el estado actual de la investigación sobre el aporte de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de las ondas sonoras e ilustrar cómo está la investigación educativa en cuanto a la TASC y la inclusión educativa en la enseñanza de la física y la matemática, se hace necesaria la revisión de literatura en revistas de educación y bases de datos, las cuales se especifican en el siguiente apartado.

3.1 Asuntos metodológicos de la revisión de literatura

Este proceso está apoyado en el modelo de Hoyos (2000), donde se define una revisión de literatura como un proceso hermenéutico de unidades de análisis escogidas sistemáticamente a través de criterios y propósitos de la investigación. Para ello, se define como período de búsqueda los últimos 5 años, desde 2018 hasta 2022, y el primer semestre del 2023, para tener un análisis hermenéutico lo más actualizado posible. Adicionalmente, se definieron seis palabras clave: Ondas sonoras, simulaciones computacionales, Diseño Universal para el Aprendizaje, Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico, enseñanza de la física y enseñanza de la matemática; de ellas, nacen los siguientes núcleos temáticos que definen el proceso analítico:

- Inclusión educativa en la enseñanza de la matemática y la física.
- Enseñanza de ondas sonoras y simulaciones computacionales.
- TASC en la enseñanza de la matemática y la física.

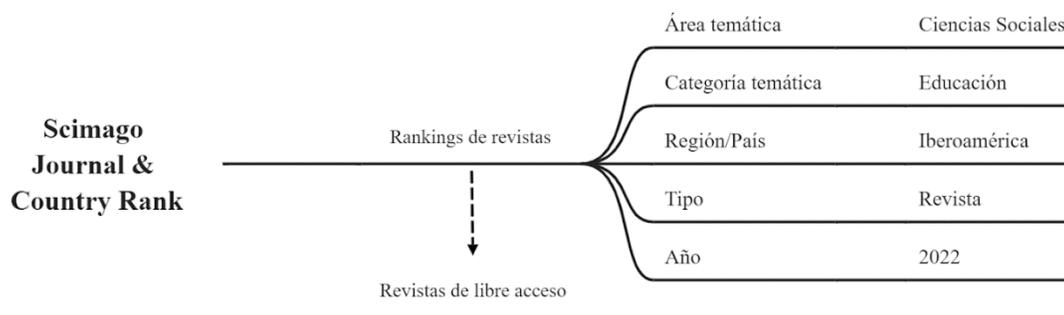
Para la revisión y selección de las unidades de análisis, se llevan a cabo dos procesos. El primero es la selección de revistas apoyado en el portal Scimago Journal & Country Rank (SJR), donde se examina revista por revista y volumen por volumen; el segundo proceso, usando las bases de datos Scopus, Redalyc, SciELO y como excepción del segundo núcleo temático Google Académico y se identifican los artículos por medio de ecuaciones de búsqueda.

Para la elección de las revistas, se hace uso del portal SJR, con el fin de seleccionar las mejores rankeadas, es decir aquellas revistas que se encuentran indexadas en la base de datos

Scopus¹. En dicho portal, se toma como primer filtro la delimitación en cuanto a área temática, categoría temática, región, tipo y año de indexación. En la **Figura 1** se presentan los criterios establecidos para la selección de las revistas en SJR. Se opta por la región de Iberoamérica por su producción académica en educación y similitudes con el contexto colombiano en materia de investigación educativa.

Figura 1

Criterios para la selección de revistas para la revisión de literatura



Presented with xmind

Nota. Esta figura contiene la marca de agua *Presented with xmind*, ya que fue elaborada con ayuda del *software* Xmind en una versión gratuita. En adelante, las figuras creadas con ayuda de dicho *software* conservan la marca de agua de acuerdo con lo estipulado en la versión gratuita.

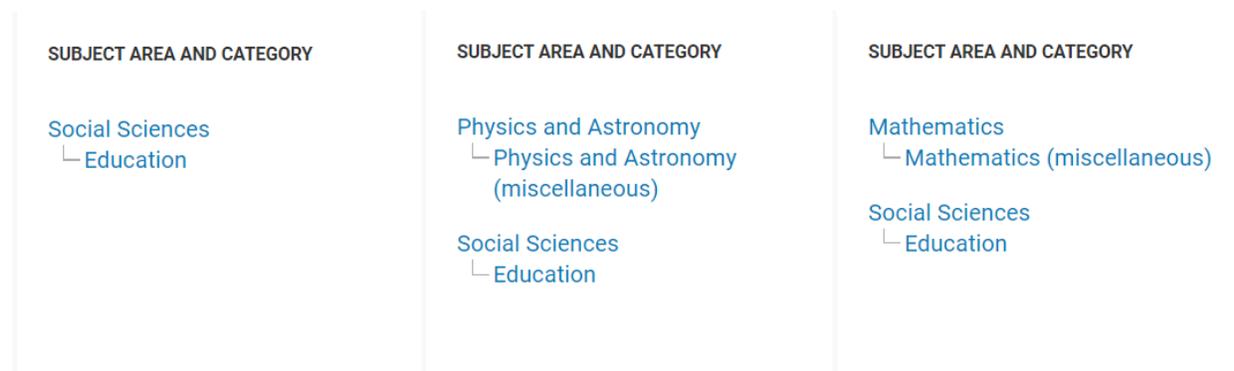
Con base en estos criterios, se obtuvieron 128 resultados de los cuales se seleccionan las revistas del primer, segundo y tercer cuartil, que son las que están clasificadas como A1, A2 y B respectivamente. Después de esta selección quedan 81 revistas que se reducen a 33 cuando se seleccionan las marcadas en área temática y categoría con sólo educación, como se muestra en la **Figura 2**, teniendo la excepción de admitir las que estén en otras áreas pero que tengan relación con el objeto de estudio. Esta selección permite descartar revistas de educación en áreas o categorías como historia, comunicación, psicología, sociología, psicopedagogía, música y arte,

¹ Scopus es la más grande base de datos de referencias bibliográficas, citas de artículos de revistas y resúmenes, con herramientas para el seguimiento, análisis y visualización de la investigación académica. Scopus, F. B. E. (2017). Scopus.

lenguaje y lingüística, idiomas, medicina, administración de empresas, entre otras; ya que no son motivo del objeto de estudio.

Figura 2

Áreas admitidas para la selección de revistas



Por otro lado, debido a los pocos resultados obtenidos de artículos relacionados con la TASC y la enseñanza de la física especialmente y con el fin de ampliar la búsqueda a revistas específicas del área de física que son un poco más utilizadas por los docentes de esta área, se hace la búsqueda de las unidades de análisis en las revistas *Física na Escola*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* y *Revista de enseñanza de la física* como excepciones. La búsqueda de artículos en las revistas se realiza de manera manual, ingresando a cada una de las revistas y revisando volumen a volumen desde el 2018 hasta el 2023. El primer criterio a tener en cuenta para la selección de textos es que el título lo conformen por lo menos dos de las palabras claves, después de obtener estos artículos eran sometidos a una verificación más minuciosa centrada en el resumen, verificando que el contenido del trabajo si este relacionado con los núcleos temáticos del presente trabajo investigativo.

En la **Tabla 1** se muestran las revistas seleccionadas desde el portal SJR y las excepciones, teniendo en cuenta inicialmente el cuartil y el país de origen, la calificación y la cantidad de artículos encontrados en ellas de acuerdo con los núcleos temáticos.

Tabla 1

Revistas seleccionadas para la revisión de literatura, país y cuartil en el que están ubicadas

Cuartil	País de la revista	Revistas	Número de artículos
Q1	España	Journal of New Approaches in Educational Research Educación XX1	0
Q2	España	Revista de Investigación Educativa Profesorado Enseñanza de las Ciencias Revista Electrónica Interuniversitaria de formación del profesorado Estudios Sobre Educación Revista Española de Pedagogía RELIEVE - Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa Revista Complutense de Educación Teoría de la Educación	0
Q3	Brasil	Ensaio Educação e sociedade Bolema - Mathematics Education Bulletin Revista Brasileira de Educação Movimento Educação e Pesquisa Revista Brasileira de Ensino de Física	0
	México	Revista Electrónica de Investigación Educativa Revista Mexicana de Física Perfiles Educativos Revista Iberoamericana de Educación superior Revista Mexicana de Investigación Educativa	0
	España	Aula Abierta PNA Revista Eureka Foro de Educación	0
	Chile	Formación Universitaria Estudios Pedagógicos	2
	Colombia	Magis	0
	Costa Rica	Revista Electrónica Educare	1
	Portugal	Revista Portuguesa de Educação	0
	Brasil	Física na Escola (excepción) Caderno Brasileiro de Ensino de Física (excepción)	5
	Argentina	Revista de enseñanza de la física (excepción)	4

De la tabla anterior se puede identificar que en las revistas indexadas en Scopus, solamente tres artículos cumplieron con los criterios de búsqueda de la revisión de literatura. Sin embargo, en las revistas que aparecen como excepción, se encuentran también nueve artículos de interés para el análisis de los núcleos temáticos. En la **Tabla 2** se presentan los autores de dichos textos seleccionados con relación al núcleo temático.

Tabla 2

Artículos encontrados por núcleo temático en revistas

Núcleo temático	Subcategoría	Artículos encontrados
Inclusión educativa en la enseñanza de la matemática y la física.	Física	Barbosa-Lima (2020), Alves et al. (2021), Vaz de Acevedo et al. (2021), Santos y Costa Nunes (2021), Castro et al. (2021), Oliveira et al. (2022)
	Matemáticas	Gutiérrez-Saldivia et al. (2020), Filippi-Peredo y Aravena-Díaz (2021), Otondo et al. (2022)
Enseñanza de ondas sonoras y simulaciones computacionales.		
TASC en la enseñanza de la matemática y la física.	Física	Palandi et al. (2019), Lima y Damasio (2019), Santos y Monteiro (2020)

Posterior a la identificación de las revistas, se lleva a cabo la búsqueda de unidades de análisis en bases de datos. Se hace el rastreo en Scopus, Redalyc y SciELO, ya que son de las bases de datos más completas y usadas por la comunidad académica de investigación educativa, además de ser proporcionadas por la Universidad de Antioquia (UdeA). Para ello, se crean unas ecuaciones de búsqueda, las cuales están diseñadas para relacionar las palabras claves y los sinónimos de los núcleos temáticos, para así delimitar los hallazgos y poder obtener resultados que sirvan como estudio para esta investigación. Seguido a ello, se optó por buscar en portugués e inglés para garantizar una correspondencia con la búsqueda en Iberoamérica. En la **Tabla 3** se da cuenta de los artículos que se encontraron con las ecuaciones de búsqueda diseñadas por núcleo temático, donde se realizó la misma dinámica de selección de artículos que en las revistas. Cabe aclarar que la búsqueda del segundo núcleo temático, donde se relaciona la acústica y las simulaciones se realizó en Google académico, debido a que en las bases de datos ya mencionadas ingresando la

ecuación de búsqueda relacionada con este núcleo y algunas variaciones de esta, no se obtuvieron resultados.

Tabla 3

Artículos encontrados con ecuaciones de búsqueda en bases de datos

Ecuaciones de búsqueda por núcleo temático	Base de datos	Nº de artículos encontrados	Nº de artículos seleccionados	Artículos seleccionados
("inclusión educativa" OR "Inclusao educacional" OR "Inclusive education") AND ("enseñanza de la física" OR "ensino de física" OR "teaching physics")	Scopus	29	0	Cozendey y da Costa (2018), Dos santos et al. (2019), Coelho y Góes (2021), Batista y Ustra (2022)
	Redalyc	21	4	
	SciELO	3	0	
("enseñanza de ondas sonoras" OR "enseñanza de la acústica" OR "ensino de acústica") AND ("simulaciones computacionales" OR "simulações")	Google académico	33	4	Ferrera et al. (2019), Menezes et al. (2020), Botari et al. (2022), Brito da Silva júnior (2023)
("Aprendizaje Significativo Crítico" OR "Aprendizagem significativa critica" OR "TASC" OR "critical meaningful learning") AND ("enseñanza de la física" OR "ensino de física" OR "teaching physics")	Scopus	16	0	Cândido et al. (2020)
	Redalyc	16	0	
	SciELO	3	1	

Después de percibir el panorama investigativo existente alrededor de estas temáticas a nivel de Iberoamérica, se exhiben a continuación por cada núcleo temático las ideas principales de los autores y las relaciones existentes entre sus trabajos.

3.2 Inclusión educativa en la enseñanza de la matemática y la física

Con respecto a este núcleo temático, la revisión de literatura posibilita conocer las posturas de algunos autores en relación con la inclusión y el ámbito escolar, particularmente de la enseñanza de la física y las matemáticas, permitiendo así encontrar algunos aspectos de interés para la investigación; entre ellos, están algunas definiciones, conexiones, prácticas educativas,

problemáticas, metodologías, temáticas, entre otros. Como resultado de lo anterior, se permite sondear en los últimos años qué tanta relación existe entre la enseñanza de las ciencias (física), las matemáticas y la inclusión, hallando posturas que dan importancia a la realización de prácticas de enseñanza diferentes, apuntando a crear un espacio inclusivo, es decir, que estas prácticas puedan permitir el acceso de todos al conocimiento.

En concordancia con lo anterior, se logran agrupar algunas concepciones referidas a prácticas educativas inclusivas, donde los autores Batista y Ustra (2022), dos Santos et al. (2019), Coelho y Góes (2021), Barbosa-Lima (2020), Otondo et al. (2022), Filippi-Peredo y Aravena-Díaz (2021) y Cozendey y da Costa (2018), concuerdan en que la finalidad de las prácticas educativas inclusivas es que el aprendizaje y el conocimiento esté disponible para todos, por lo que es de gran importancia realizar adaptaciones en el contexto que posibiliten las mismas oportunidades de accesibilidad y permanencia de todos los estudiantes en los espacios escolares, sin importar si el estudiante tiene o no alguna discapacidad o necesidad educativa especial (NEE), es decir, que todos los estudiantes puedan convivir en el mismo espacio de aprendizaje, contemplando prácticas educativas que no tengan excepciones en algunos estudiantes, cayendo así en prácticas excluyentes.

En el estudio realizado por Santos y Costa Nunes (2021), se implementaron adaptaciones en un juego educativo, haciendo uso de un material versátil que puede ser utilizado tanto por estudiantes con discapacidad visual como por aquellos sin dicha discapacidad. Esta innovación fomenta un entorno de aprendizaje más interactivo y dinámico, facilitando la integración plena de todos los estudiantes. Este enfoque contrasta significativamente con la estrategia convencional de utilizar dos conjuntos de materiales distintos: uno diseñado para estudiantes sin discapacidades y otro adaptado específicamente para aquellos con discapacidades visuales. Dicha estrategia convencional puede llevar a que los estudiantes, independientemente de tener o no una discapacidad visual, experimenten sentimientos de exclusión y aislamiento en relación con las actividades compartidas.

Del mismo modo, Castro et al. (2021) enfatizan la importancia de integrar actividades de experimentación e investigación en las clases de física dirigidas a estudiantes con discapacidad visual. Argumentan que estas prácticas son fundamentales para el desarrollo de las percepciones táctiles y auditivas, y destacan que benefician igualmente a los estudiantes sin discapacidad, mejorando su comprensión y enriqueciendo el proceso de aprendizaje colectivo.

En cuanto al papel del profesor en prácticas inclusivas, Otondo et al. (2022) y Filippi-Peredo y Aravena-Díaz (2021) expresan la responsabilidad del profesorado de contar con las competencias necesarias para atender las diversidades presentes en el aula de clase, aunque otros autores coinciden en atribuir al profesor una responsabilidad significativa en el manejo de las diferencias dentro del aula, también destacan la carencia de apoyo por parte de la comunidad educativa en general en la gestión adecuada de la diversidad, como lo expresa Vaz de Azevedo et al. (2021), “*Os professores ainda se mostram com preconceitos quanto as pessoas com deficiência. Em suma, em sua formação não tiveram a formação adequada para lidar com as atuais circunstâncias e não recebem apoio que os permita modificar suas práticas*” (p. 527), lo que genera a su vez, una carencia de capacitación en los docentes para la producción de materiales adaptados para las personas con discapacidad (Castro et al., 2021). Además, Coelho y Góes (2021), señalan que la escuela desde sus inicios no estaba pensada para atender personas con discapacidad, por lo que es necesario que esta también se adapte para así aportar a la inclusión educativa.

Del mismo modo, se pretende identificar algunas metodologías usadas para la inclusión educativa, con el fin de conocer lo que hacen los profesores de física a la hora de atender la diversidad de los estudiantes del aula de clase. Entre ellas Gutiérrez-Saldivia et al. (2020) y Coelho y Góes (2021), destacan el uso del Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) como una metodología que aporta a la planificación de prácticas inclusiva considerando la diversidad existente, donde las instituciones educativas tienen el deber de crear estrategias que permitan la accesibilidad de los estudiantes al aprendizaje, teniendo en cuenta que el DUA se caracteriza por poseer la intención de eliminar aquellos obstáculos y así favorecer la inclusión; sin embargo, también son usadas otras metodologías.

En el trabajo de autores como Alves et al. (2021), las *Potentially Significant Teaching Units* o UEPS toman el protagonismo para diseñar propuestas con material de aprendizaje potencialmente significativo soportados sobre la teoría del Aprendizaje Significativo (AS) de Ausubel debido a que tienen potencial para la inclusión y para generar un aprendizaje significativo. Así mismo Santos y Costa Nunes (2021), justificó la aplicación de materiales físicos adaptados en contextos educativos para estudiantes con discapacidad visual, desde el concepto de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) de Vygotsky, teniendo en cuenta lo que el estudiante con discapacidad visual es capaz de aprender por su cuenta y lo que podría aprender con ayuda. Por otro lado, Oliveira et al. (2022) destaca la feria de ciencias como recurso didáctico con ayuda de recursos multifuncionales

en la fase investigativa. Por lo anterior, el autor apoya la realización de modelos o experimentos para favorecer a la población sorda con los recursos visuales y a las personas con discapacidad visual para que les permita sentir lo que se quiso representar con el producto final de la feria de ciencias.

En el mismo orden de ideas, es de gran importancia para esta investigación, establecer las problemáticas que los autores pudieron identificar en cada uno de sus trabajos, en cuanto a la inclusión educativa y la enseñanza de la física y las matemáticas, debido a que proporciona información de gran importancia en virtud de conocer prácticas que imposibilitan una verdadera inclusión educativa en la enseñanza de estas áreas, además de conocer otras posibles causas que no favorecen la inclusión, como lo es por ejemplo la poca formación en temas de inclusión que se le da a los futuros maestros, como lo resalta Batista y Ustra (2022), *“Há um déficit na formação inicial de professores com relação à prática docente em turmas diversificadas, revelando-se a percepção das diferenças e das potencialidades de cada estudante como principal desafio, comprometendo a aprendizagem de todos”* (p. 3).

A su vez, Otondo et al. (2022), señala que la inclusión se queda solo en el discurso mas no en la implementación de las prácticas educativas; teniendo como consecuencia que a la hora de ejercer su profesión no tengan en cuenta la diversidad existente en el aula, donde sus estudiantes poseen gran variedad de habilidades y dificultades que deben ser tenidas en cuenta a la hora de intervenir en las clases, es decir, los maestros terminan sus estudios sin saber cómo atender (por poner un ejemplo), a la población sorda (Oliveira et al., 2022). Es así como se deja la responsabilidad de la inclusión en manos de los educadores especiales (Filippi-Peredo y Aravena-Díaz, 2021).

Desde otra perspectiva, dos Santos et al. (2019) percibe que las personas con discapacidad intelectual poseen limitaciones en el aprendizaje y es necesario que sean motivadas para que haya un desarrollo cognitivo, además de conocer su historia de vida, supervisar sus capacidades y obstáculos, para así comprender de una mejor manera a estas personas; en apoyo a esta idea, se encuentra el trabajo realizado por Batista y Ustra (2022), en el que conocer el entorno del estudiante permite explorar posibles actividades que permitan al estudiante acercarse de mejor manera al conocimiento e identificar potencialidades. Por este motivo, es de gran importancia que además del profesor, toda la comunidad que rodea a los estudiantes estén al tanto de las necesidades

específicas que tienen, como también conocer las potencialidades que dicha persona tiene, para así brindar un acompañamiento integral y constante.

De otro modo, se puede afirmar que en cuanto a la enseñanza en general, en especial en la enseñanza de la física y las matemáticas, el uso de la metodología tradicional no favorece la inclusión educativa, debido a que estas ciencias son vistas con el fin de realizar una acumulación de conocimiento, donde solo importe la información que el profesor brinda, la utilización de fórmulas y resolver ejercicios, prescindiendo de las necesidades de los estudiantes y sin tener en cuenta que la enseñanza de estas ciencias desde una perspectiva inclusiva, pueden generar en los estudiantes que estos conocimientos tengan algún tipo de significado desde su entorno, priorizando así la capacidad intelectual de los estudiantes (Gutiérrez-Saldivia et al., 2020; dos Santos et al., 2019).

Además de la formación de maestros y las metodologías tradicionales como obstáculos para las prácticas inclusivas, se encontró en Cozendey y da Costa (2018) que los materiales visuales (videos, simulaciones, entre otros) son una barrera para contribuir al aprendizaje y entendimiento de personas con discapacidad visual; mientras que recursos como la Audio descripción (AD), Audio descripción didáctica (ADD) y juego didáctico empleado por Santos y Costa Nunes (2021) y el relato de cuentos utilizado por Barbosa-Lima (2020), contribuye a prácticas inclusivas, siendo así estrategias didácticas que buscan potencializar la imaginación y creatividad en los estudiantes, demostrando ser accesibles para personas con y sin discapacidad visual, contribuyendo al aprendizaje de todos. En Coelho y Góes (2021) y Alves et al. (2021) se valoran los materiales manipulables; en el primer caso para favorecer la comprensión de los estudiantes y contribuir a otras maneras de representación como en el caso de las figuras geométricas; y en el segundo caso, para la inclusión de personas con discapacidad visual con materiales de bajo costo (como el cartón) y accesibles en temas como las leyes de Newton, donde los contenidos son representados en su mayoría con recursos visuales. Algunos recursos usados en el diseño de la unidad didáctica de Alves et al. (2021) son la impresión 3D, el *software* Braille Easy, los subtítulos en braille y Paint 3D.

Para el desarrollo de este trabajo se retoma la definición de educación inclusiva como una educación para todos atendiendo a la diversidad, incluyendo, por ejemplo, materiales que pueden ser utilizados por personas con y sin discapacidad siendo el mismo material; es decir, sin necesidad de hacer adaptaciones por el hecho de estar planificados para todos.

Por otro lado, se adoptan los principios del DUA para reducir las barreras de aprendizaje en todos los estudiantes. Finalmente, se adoptan las simulaciones computacionales a pesar de que se dice que no favorece a las personas con discapacidad visual; no obstante, en el tema específico de ondas sonoras, ofrece alternativas de mucho valor, como la auditiva para percibir el fenómeno.

3.3 Enseñanza de ondas sonoras y simulaciones computacionales en secundaria

Como se mencionó anteriormente, los hallazgos de este núcleo temático emergen de Google Académico, ya que la ecuación de búsqueda no arrojó resultados en las bases de datos utilizadas (Scopus, Redalyc, SciELO) y en las revistas indexadas de la **Tabla 1**, en algunos artículos se relacionan las ondas sonoras con otras tecnologías digitales o con simulaciones no computacionales, pero no directamente con simulaciones computacionales. En los trabajos de Menezes et al. (2020), Brito da Silva et al. (2023) y Botari et al. (2022) se puede observar que comparten la necesidad de tener en cuenta la contextualización de las ondas sonoras a la hora de ser enseñadas, en sus trabajos se identifica la importancia de las experiencias personales de los estudiantes con la acústica y que esta no debe ser enseñada de manera aislada, lo que a su vez determina otra característica en común y es el hecho de demostrar gran interés por los conocimientos previos que tienen los estudiantes, enfatizando en lo pertinente que es para la enseñanza de las ondas sonoras ejemplificar este fenómeno con situaciones de la vida diaria, como por ejemplo, la presencia del sonido en un concierto o en unos audífonos.

En ese sentido, Menezes et al. (2020), propone una secuencia didáctica para la enseñanza del sonido, en donde este se presenta desde lo que este puede producir en el cuerpo y el desarrollo de la escucha y no solo desde sus contenidos; se centra en el uso del oído como la herramienta que percibe y no se pone de protagonista la vista; se espera la relación del sonido con la cotidianidad del estudiante y el mundo de la vida, es decir, momentos comunes en la sociedad o en la vida cotidiana, como por ejemplo la contaminación acústica. Esto, con la ayuda de la exploración y la superposición de sonidos en aplicaciones y uso de TIC (simulaciones computacionales, software, videos, páginas web, aplicaciones móviles).

Las herramientas tecnológicas que se utilizan para la enseñanza de las ondas sonoras o acústica en los trabajos de Lima y Damasio (2019), Menezes et al. (2020), Brito da Silva et al. (2023) y Botari et al. (2022) pueden variar un poco, puesto que se han empleado, generadores de

ondas, aplicaciones móviles y software para la visualización de gráficas, sin embargo, la utilización de las simulaciones de PhET son en las que convergen y discrepando en otros simuladores como por ejemplo (wave interference, sound, el sonido, intro de ondas, simulador walter fendt² y simulador the physics classroom³), algunas simulaciones de PhET son Ondas en una cuerda⁴ y sonido⁵, las cuales se muestran como un instrumento para exponer partes, magnitudes que intervienen, cambio de variables iniciales, tipo de onda y la visualización del fenómeno (oír y observar), ya que no se hace mención a que los estudiantes tengan un papel activo con la herramienta y no se usa para la evaluación. No está de más preguntarse ¿cómo se valora la simulación computacional para la enseñanza del sonido y cómo se relaciona con la enseñanza de las matemáticas?

Por su parte, Ferrera et al. (2019) se unen a los ya anteriormente mencionados Brito da Silva et al. (2023) y Botari et al. (2022) abordando la enseñanza de la acústica desde el fundamento teórico del Aprendizaje Significativo de Ausubel, pero con diferentes metodologías, como lo son en el mismo orden: los modelos mentales a través de las TIC, mapas conceptuales y cuestionarios pre y post intervención. A su vez Ferrera et al. (2019) coinciden con Menezes et al. (2020), en el software audacity, que sirve para la edición y grabación de audio. En cuanto a simuladores computacionales, se proporcionan dos para la visualización del comportamiento de las ondas y el principio de superposición.

Desde las herramientas utilizadas para abordar los conceptos de las ondas sonoras, sonido o acústica, se converge en ocasiones con la de PhET, por lo que es la simulación elegida para valorar en el proyecto de investigación.

3.4 TASC en la enseñanza de la matemática y la física

En los hallazgos, se trabaja la TASC con diferentes metodologías y teorías, como la metodología de la indagación, las Unidades de Enseñanza Potencialmente Significativas (UEPS) y la teoría de la filosofía de la ciencia de Paul Feyerabend. En el caso de Cândido et al. (2020), se asocia la TASC con la metodología de la indagación, debido a que esta metodología permite

² [Standing wave \(explanation by superposition with the reflected wave\) \(walter-fendt.de\)](http://walter-fendt.de)

³ [Physics Simulation: Standing Wave Patterns \(physicsclassroom.com\)](http://physicsclassroom.com)

⁴ [Wave on a String - Waves | Frequency | Amplitude - PhET Interactive Simulations \(colorado.edu\)](http://colorado.edu)

⁵ [Sound - Sound | Waves - PhET Interactive Simulations \(colorado.edu\)](http://colorado.edu)

favorecer la interacción social, la motivación, la comprensión y adquisición de conceptos que son necesarios para el quehacer científico; además, se le da un papel activo al estudiante, dejando de un lado la transmisión de conocimientos y reivindicando el papel del profesor y el estudiante en el aula, donde por medio de la enseñanza de la termodinámica en primaria, se hace una actividad experimental sobre el calor como responsable en los cambios físicos del agua, tocando conceptos como condensación, vaporización y calor. Lo anterior, con el propósito de que la TASC sirva para superar la idea de la ciencia como un saber absoluto y se centre en la comprensión de la ciencia como una construcción de conocimiento.

En concordancia con lo anterior, el trabajo realizado por Lima y Damasio (2019), busca relacionar la TASC con teoría de la filosofía de la ciencia de Paul Feyerabend, donde se requiere justamente la visión de la ciencia como un conocimiento construido a través de episodios históricos coherentes con la teoría de aprendizaje y discusiones sobre asuntos epistémicos y no epistémicos de las ciencias, ya que logra una enseñanza crítica de las ciencias, aprender ciencia y aprender sobre ciencias. Este trabajo se apoya en la metodología de las UEPS para la enseñanza de la acústica y cualidades del sonido. Del mismo modo Palandi et al. (2019) utiliza la UEPS, entendidas como secuencias de enseñanza que tienen la finalidad de facilitar el aprendizaje, especialmente el AS, a través de actividades que permitan a los estudiantes tener un papel más protagónico, teniendo en cuenta sus saberes previos además de fomentar la participación de los estudiantes de una manera más activa. Cabe aclarar que Santos y Monteiro (2020) no explicitan la metodología que utilizaron, aunque se puede inferir que está relacionada con proponer situaciones problematizadoras, buscando la enseñanza de la física de una manera contextualizada.

En cuanto a los once principios propuestos por Moreira en la TASC, se identifica la tendencia de utilizar los principios de la no centralización en el libro de texto y la no utilización de la pizarra. Como lo expresan Santos y Monteiro (2020) en su trabajo al escoger estos dos principios como fundamentación del marco teórico. Así como se logra reconocer que Cândido et al. (2020), toma el principio de conocimiento previo, del aprendizaje por error, el principio de la interacción social y del cuestionamiento, con el fin de favorecer la incertidumbre del conocimiento científico y el aprendizaje de conocimientos anteriores; asimismo, se toma el principio del conocimiento como lenguaje, ya que se aporta al aprendizaje de palabras y conceptos propios de la física en una rama como la termodinámica. Mientras que Lima y Damasio (2019), optan por seguir principios de la TASC que tomen en cuenta la activación de conocimientos previos con puentes cognitivos,

apoyen las clases no tradicionales con diversos materiales, donde se potencie la integración y socialización de los estudiantes, favoreciendo el principio de interacción social. Así, se resalta el uso de modelos matemáticos para la enseñanza de la acústica, la utilización del software de Fourier y la simulación sound de PhET, las actividades experimentales para despertar la curiosidad como de ondas en una cuerda y la contextualización de la temática a través de la unión interacción física-instrumentos musicales, como la guitarra.

Particularmente Palandi et al. (2019) deciden utilizar los once principios para relacionar la implementación y las estrategias didácticas, además de reconocer de qué manera los principios de la TASC se conectan con la realización de la UEPS.

Entre otros aspectos importantes se tienen las técnicas e instrumentos de recolección de datos para validar el Aprendizaje Significativo Crítico (ASC) a través de los principios elegidos. En la investigación de Cândido et al. (2020), se hizo una evaluación formativa con instrumentos como observación participante y producción escrita por parte de los participantes relacionada con la metodología de indagación. A diferencia de Lima y Damasio (2019), donde se utiliza el guion experimental, el cuaderno bitácora, la prueba anterior y posterior a la implementación y la evaluación sumativa como instrumentos; de otro modo, Palandi et al. (2019) realizaron al final de la intervención una evaluación individual del aprendizaje que constaba de preguntas abiertas y cerradas, además de la realización de un mapa conceptual para evaluar el aprendizaje de la UEPS.

Diversidad de principios se crean para la implementación de propuestas, cada uno o cada grupo de principios adoptados con una finalidad específica. En el presente trabajo de investigación se pretender abordar los principios de la no centralización en el libro de texto y la no utilización de la pizarra, además del principio del abandono de la narrativa, el principio del conocimiento previo, el principio del aprendiz como perceptor representador y el principio del conocimiento como lenguaje, debido a la necesidad de la activación y reconocimiento de los conocimientos previos reconociendo el sujeto como portador de saber y esperando un dominio conceptual de la disciplina como cuando se evidencia a través de las palabras y representaciones.

4 Marco teórico

A continuación, se presentan las consideraciones teóricas en las que se sustenta la presente investigación, detallando algunas relaciones existentes entre ellas; en primera instancia se aborda la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC), seguido de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y finalizando con el Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA).

Teniendo en cuenta lo anterior, la TASC se define desde Moreira (2000; 2005; 2010), enunciando todos los principios de la teoría y enfatizando en aquellos que se retoman en la investigación; para las TIC se plasman algunas definiciones desde la UNESCO y los documentos rectores que rigen la educación colombiana, además se detalla el papel de las TIC en la enseñanza de la física y la matemática, y por último se enfatiza en las simulaciones computacionales como objeto de interés de este trabajo. En cuanto al DUA, se precisa su definición desde el documento de Alba et al. (2014) y Alba (2019), especificando los principios, pautas y puntos de verificación de los cuales trata; en correspondencia con lo anterior, se explicitan las pautas que van a ser abordadas en la intervención.

4.1 Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico

Nos encontramos frente a una teoría que emerge del Aprendizaje Significativo (AS) de Ausubel (1963) y la enseñanza como una actividad subversiva de Postman y Weingartner (1969). Desde el AS porque visualiza al estudiante como un sujeto que percibe desde sus conocimientos previos; consecuentemente se tiene un sujeto constructor de conocimiento. Sin embargo, esta construcción requiere de elementos (según esta teoría) que van a definir el rumbo del aprendizaje, como lo es la relevancia que el sujeto otorgue a la información que llega y la disposición para el aprendizaje (Moreira, 2010). En cuanto al otro punto que fundamenta la TASC, se entiende que la enseñanza debe ser una actividad subversiva, donde en un mundo que cambia y avanza rápidamente, los focos de aprendizaje deben ser diferentes a los que se han transmitido y pasar a centrarse en un sujeto crítico que se cuestione el mundo. Como propuesta de concreción de estas ideas sobre enseñanza subversiva y sobre el aprendizaje significativo, nace la TASC, en la que se sugiere que el sujeto debe "estar en la cultura, pero al mismo tiempo fuera de ella" (Moreira, 2005,

p. 88); lo anterior se refiere a un sujeto que pertenece a la cultura, pero es consciente del avance del mundo, de los conocimientos construidos, crítico de la sociedad y de las ideologías, para así, poder salir de esa cultura con sus capacidades. Para ello, se plantean desde Moreira (2000; 2005; 2010), 11 principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico.

4.1.1 Principio del conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos

Este principio otorga real importancia al conjunto de saberes que cada sujeto ha construido a lo largo de su vida, su forma de percibir el mundo a través de representaciones, esquemas, modelos mentales, entre otros; en este sentido, el sujeto se considera portador de conocimiento. Se argumenta desde la teoría del Aprendizaje Significativo, la Psicología Cognitiva Contemporánea y desde autores como Moreira (2005), Postman y Weingartner (1969), Paulo Freire y en general desde la corriente pedagógica del constructivismo.

El conocimiento previo tiene su origen en un contexto socio temporal específico y requiere ser un aprendizaje significativo para relacionarlo con el nuevo que está llegando, es decir, para que haya un nuevo aprendizaje o una nueva adquisición de conocimientos. Desde allí, se reconoce que la capacidad de aprender está directamente vinculada con el conocimiento previo.

4.1.2 Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas

En los procesos de enseñanza es fundamental la interacción social en la cual se negocian los significados de una disciplina. Sin embargo, esta interacción no debe basarse en la enseñanza transmisiva y el aprendizaje mecánico que no permite tener una mirada crítica, sino más bien en el fomento de la habilidad de formular preguntas con sentido y enseñar a cuestionar.

Esto se convierte en una muestra de aprendizaje significativo ya que permite evidenciar los conocimientos previos. Además, se promueve la capacidad de cuestionar la cultura e indagar sobre la información, evitando caer en un modelo de enseñanza donde la dinámica de preguntas y respuestas transmite una imagen de verdad absoluta y preguntas acabadas.

4.1.3 Principio de la no centralización en el libro de texto. Del uso de documentos artículos y otros materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos

La centralización en el libro de texto es una práctica que no problematiza el conocimiento y desde el cual se presenta información como definitiva, convirtiendo el libro en la única fuente de conocimiento. El problema con este método de enseñanza radica en aceptar la información de los textos sin cuestionar ni reflexionar sobre su contenido, limitando así la amplia gama de recursos disponibles que podrían enriquecer el proceso educativo.

Por tal motivo, no centrar la atención solamente en los libros de texto, favorece el uso de diversas herramientas educativas que pueden ser utilizadas para una enseñanza subversiva y, por tanto, para promover un Aprendizaje Significativo Crítico (ASC).

4.1.4 Principio del aprendiz como perceptor representador

Este principio implica considerar al sujeto como un ser que no solo percibe el mundo, sino que también lo representa a través de procesos cognitivos. Este principio se respalda en la psicología cognitiva, la cual sostiene que los seres humanos crean representaciones internas del mundo que los rodea. Este cambio de perspectiva desplaza la noción de que el estudiante es un ser que recibe información, hacia un ser que representa el mundo tal cual lo percibe como producto de sus interpretaciones.

Este enfoque facilita el proceso de aprendizaje al abandonar percepciones previas que no representan de manera adecuada el conocimiento de acuerdo con la negociación de significados, permitiendo la adopción de representaciones más precisas y ajustadas de lo que entendemos como realidad.

4.1.5 Principio del conocimiento como lenguaje

Este principio invita a considerar que cada disciplina es en sí misma un lenguaje que representa una forma particular de percibir el mundo. La comprensión y dominio de este lenguaje, a través de las palabras, símbolos y procedimientos propios de cada campo son fundamentales para alcanzar un ASC. Desde esta perspectiva, el sujeto refleja su comprensión de una disciplina y su

percepción de la realidad cuando se expresa en el lenguaje específico asociado a esa disciplina, principalmente en forma de palabras.

4.1.6 Principio de la conciencia semántica

Este principio aborda al conocimiento como una construcción social que implica la comprensión de que las palabras que definen una cosa no son la cosa en sí; es decir, que el significado es otorgado por los sujetos desde lo que conocen previamente y desde los significados que se negocian culturalmente; entender que el significado está en las palabras, que el mundo es cambiante y que la palabra es una aproximación a la realidad favorece un ASC.

4.1.7 Principio del aprendizaje por error

Los avances y procesos eficientes se hacen encima de otros que se van quedando atrás cuando se reconoce qué puede mejorarse y cómo. Este principio destaca la idea de reconocer el error como una acción natural del ser humano que permite la superación, lo que implica el cambio constante de las maneras de ver el mundo y reflejando así una imagen de ciencia como un conocimiento cambiante. Reconocer y corregir un error demanda una mirada crítica, ya que esto solo es posible a través del dominio y la comprensión del conocimiento construido.

4.1.8 Principio del desaprendizaje

El ASC desde este principio facilitador se fundamenta en dos elementos. En el primero, el desaprendizaje se manifiesta como una interacción entre los conocimientos previos y los nuevos. Esto implica no olvidar lo que se ha aprendido, y a su vez no permitir que lo aprendido previamente se convierta en un obstáculo para el nuevo conocimiento. El segundo se refiere a la selección no arbitraria del conocimiento en un mundo cambiante para la supervivencia; es decir, escoger de lo que se queda atrás para aprender lo nuevo que se requiere.

4.1.9 Principio de la incertidumbre del conocimiento

La visión del conocimiento desde una perspectiva sociocultural se apoya en que el conocimiento depende de los sujetos, de las preguntas que nos hacemos, de los consensos entre comunidades y del lenguaje que usamos en común. De esta construcción social, es preciso entender que el conocimiento es incierto porque es construido, por lo que las definiciones que le damos a las cosas son producto de la invención de las personas. Entender un campo de conocimiento es no tomar todo literal y reconocer que el lenguaje representa lo que construimos y, por ende, que es finito y falible.

4.1.10 Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza

Este principio representa la necesidad de utilizar diversidad de estrategias de enseñanza. Esto requiere no utilizar la pizarra como única fuente de formación, ya que ha sido utilizada para que el profesor sea el protagonista dueño de lo que allí se plasma, sin cuestionar. La no utilización de la pizarra es una excusa para que la enseñanza esté centrada en el alumno con estrategias diferentes a las tradicionales.

4.1.11 Principio del abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable

Habitualmente, el profesor es quien expone el conocimiento para ser depositado en los estudiantes. Este principio propone la necesidad de abandonar la narración y el protagonismo que está normalizado en la escuela y que no promueve el aprendizaje significativo y crítico. Es así como el profesor debe convertirse en un mediador, para que, a su vez, el alumno adquiera el protagonismo, cuestione el conocimiento, intérprete conceptos y sea un sujeto activo que comunica; de esta manera fomentar un aprendizaje significativo y potenciar la criticidad.

Leer la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico es entender que los principios facilitadores establecen correlaciones entre sí, que cuando se habla de un principio, está implicado otro. Sin embargo, para los fines de este trabajo se retoman los principios del conocimiento previo, de la no centralización en el libro de texto, del aprendiz como perceptor/representador, del conocimiento como lenguaje, de la no utilización de la pizarra y del abandono de la narrativa; desde

los cuales se establecen las siguientes relaciones donde se denotan características que convergen y se complementan entre sí.

A continuación, se presentan los seis principios adoptados para los propósitos de este trabajo, los cuales están separados en dos grupos debido a que son tenidos en cuenta para diferentes propósitos en el diseño metodológico.

- **Principio del conocimiento previo, Principio del aprendiz como perceptor/representador y Principio del conocimiento como lenguaje:** el punto de partida del aprendizaje significativo son los conocimientos previos, desde allí, la mirada a partir de la cual se reconoce al sujeto que aprende como portador de conocimiento, que ha adquirido a través de sus percepciones y manifestado con sus representaciones. Estas representaciones reflejan su manera de ver el mundo y van a ser cambiantes en la medida que haya una transformación de las percepciones previas para construir un nuevo aprendizaje. De esas representaciones, emergen las concepciones de los sujetos ante un conocimiento específico, que es reflejado a través del dominio del lenguaje de una disciplina. En la medida que el estudiante domine los símbolos y palabras de una materia en cuestión, este refleja representaciones más complejas que utilizan el lenguaje. Es así como se va construyendo una relación de percepciones, representaciones previas y nuevas y lenguaje propio de alguna disciplina a través de dichos principios facilitadores, reflejando un AS que en tanto se perciba el lenguaje como una nueva manera de ver el mundo, se le otorga su carácter crítico.
- **Principio de la no centralización en el libro de texto, Principio de la no utilización de la pizarra y Principio del abandono de la narrativa:** las relaciones entre estos principios radican en el cambio de la enseñanza transmisiva, el conocimiento visto como absoluto desde el uso de la pizarra, el libro de texto y la instrucción del profesor por una enseñanza receptiva. Diferente a otorgar protagonismo a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y problematización del conocimiento. Esto con el fin de cambiar la enseñanza normalizada por otras metodologías que involucren diversidad de materiales educativos, diversidad de estrategias instruccionales (metodologías) donde el papel del estudiante sea activo.

Lo anteriormente expuesto, da pie a incluir en la discusión las TIC en la enseñanza de la matemática y la física, que justamente es la línea en la que se enmarca esta investigación, para llevar a cabo una propuesta de intervención pedagógica que esté en la misma línea de la relación

establecida entre los principios facilitadores, junto con otros materiales y actividades que den cuenta del seguimiento de esta teoría de aprendizaje.

4.2 Las TIC en la educación

En el ámbito educativo, es ampliamente reconocido que existe un deseo de transformar las prácticas educativas tradicionales en enfoques más innovadores. Este cambio busca beneficiar a los actores clave, es decir, profesores y estudiantes, para que los procesos de enseñanza-aprendizaje sean más efectivos.

Para llevar a cabo esta evolución, se han realizado investigaciones y reflexiones exhaustivas, que han dado lugar al surgimiento de teorías, consensos y estrategias como el constructivismo y el cognitivismo. Estas teorías han aportado dinamismo a las clases a través de actividades interactivas. Además, han permitido cambiar los roles de los participantes, desplazando al profesor de ser la única fuente de conocimiento para dar a los estudiantes un papel más protagónico en el proceso de aprendizaje.

En las últimas décadas, estas prácticas se han apoyado con herramientas tecnológicas debido a las demandas actuales. La tecnología desempeña un papel crucial en la educación, al igual que en otros aspectos de la sociedad.

Para la inclusión de las TIC en el aula es necesaria una formación docente desde la cual se define la innovación como “un proceso intencional y planeado, que se sustenta en la teoría y en la reflexión y que responde a las necesidades de transformación de las prácticas a través de la vinculación de las TIC como recurso fundamental para el aprendizaje” (MEN, 2013, p. 24).

La diferenciación entre simplemente utilizar herramientas tecnológicas en el ámbito educativo y la innovación educativa es que la innovación educativa sugiere una serie de cambios de las prácticas pedagógicas donde la utilización de las TIC concede un beneficio y apoyo en las experiencias de los estudiantes. Lo anterior permite considerar el papel tan fundamental que los profesores tienen en este proceso de integrar las TIC a la educación, sobrepasando la mera utilización de herramientas digitales como proceso de complementar las clases tradicionales. En lugar de ello, se deben planificar estrategias didácticas que involucren las TIC para fomentar un aprendizaje más dinámico, cooperativo y centrado en el estudiante. De esta manera se facilita mucho más una verdadera innovación escolar, debido a que la utilización de las TIC ayuda a que

los estudiantes cambien de entorno y puedan permitirse explorar, investigar y obtener diversas competencias necesarias para el presente siglo.

Por lo tanto, la formación docente en el uso de las TIC debe centrarse no sólo en el dominio técnico de determinadas herramientas, sino también en el desarrollo de competencias pedagógicas que permitan a los docentes diseñar experiencias de aprendizaje significativas y relevantes. Esto requiere una comprensión profunda de cómo las TIC pueden facilitar el acceso a la información, la comunicación y la colaboración de maneras que transformen la enseñanza y el aprendizaje.

En este contexto, la clave está en reconocer que la tecnología por sí sola no es una solución; su verdadero valor reside en cómo se integra en prácticas pedagógicas que promueven el desarrollo integral de los estudiantes.

No obstante, cuando abordamos el tema de las TIC, es importante reconocer que existen diversas interpretaciones sobre lo que tratan. Algunas de estas interpretaciones están alineadas con la concepción tradicional de las TIC en la que se incluyen dispositivos y servicios digitales para la comunicación y el procesamiento de información. Por otro lado, existen concepciones que asumen erróneamente que cualquier herramienta o aplicación que involucre el uso de computadoras cae bajo la categoría de TIC. Es de gran importancia diferenciar entre el uso general de tecnología informática y aquellas tecnologías específicas diseñadas para facilitar la comunicación y el manejo de información, para así comprender y aplicar adecuadamente las TIC en su contexto pertinente.

Para precisar esto, se presenta una definición que se ofrece desde la ley 1978 de 2019 de la república de Colombia, en donde se tiene que “las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [...] son el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como voz, datos, texto, video e imágenes” (Art. 6 Ley 1978 de 2019).

La anterior definición, es acogida por el documento Competencias TIC Para el Desarrollo Profesional Docente, desde el cual las TIC constituyen un papel importante para la innovación educativa, ya que son facilitadoras de aprendizaje, la comunicación y el acceso a contenido científico (UNESCO, 2010; MEN, 2013).

Este enfoque se ve facilitado por el uso de las TIC, ya que ofrecen espacios versátiles y oportunos que permiten abordar la información desde diversas perspectivas. Además, estimulan la creatividad y proporcionan experiencias que mantienen el interés de los estudiantes en constante crecimiento.

4.2.1 TIC en la enseñanza de la física y la matemática

En este apartado se pretende dar continuidad al análisis del papel que desempeñan las TIC en la educación, pero de manera más específica, es decir, analizar de manera más precisa el uso de las TIC en la enseñanza de la física y la matemática. Esta precisión se realiza debido a que son las dos áreas de conocimiento que se trabajan en esta investigación, además de presentar constantemente dificultades en su enseñanza y comprensión.

Desde los lineamientos rectores en materia de Educación en Colombia, se sugiere que los profesores implementen estrategias pedagógicas novedosas, que preparen a los estudiantes con relación al conocimiento científico y tecnológico para afrontar los nuevos retos educativos y sociales, debido a la estrecha relación entre la tecnología y el ser humano (MEN, 2006).

Por lo anterior, es necesario que la educación prepare a los estudiantes y les brinde las herramientas necesarias para enfrentar los retos de la vida diaria debido principalmente, a la inmersión tecnológica en que se encuentran. En la misma línea, el MEN (1998) enfatiza que un estudiante debe construir un conocimiento científico para tener un buen desempeño en el mundo de hoy a partir de la educación en ciencias y en tecnología.

Esto demuestra la conexión existente entre la ciencia y la tecnología, además de la incursión de estas temáticas en la vida cotidiana. La tecnología es cambiante y tiene un constante avance, a su vez, la ciencia también lo hace, especialmente la física, debido a su dinamismo y al cambio que han tenido sus teorías al pasar los años (Arrieta, 1998). Así mismo, es fundamental que en las escuelas se enseñe y aprenda la física de manera dinámica, donde el conocimiento sea adquirido mediante múltiples estrategias pedagógicas que puedan ser relacionadas con el uso de las TIC. Dicha forma de enseñar física depende significativamente de los profesores, debido a que son ellos los encargados de planificar y llevar a cabo sus clases; es por eso que deben estar actualizados y ser conscientes de la cantidad de herramientas que la tecnología ofrece para enseñar los contenidos de diversas áreas a los estudiantes (Gascón, 2018). De lo anterior, es importante rescatar que los beneficios del uso de las tecnologías en la educación aplican para todas las áreas del conocimiento.

Gracias a lo anterior es posible pensar una educación diferente, alejada de la tradicional, donde las TIC tomen un protagonismo importante en las clases de física, permitiendo así realizar actividades innovadoras que generan un ambiente que favorece el ánimo y la disposición del

estudiante. Del mismo modo Sánchez (como se citó en Arrieta y Delgado, 2006) plantea que el entorno de los estudiantes puede ser motivante para obtener los conocimientos necesarios, gracias a la utilización de las TIC.

Por otro lado, para promover la motivación y la participación de los estudiantes en las clases de física y así realizar actividades diferentes, se han utilizado diversas herramientas tecnológicas que permiten estudiar un fenómeno o concepto determinado, como por ejemplo las simulaciones computacionales, los graficadores, las calculadoras de conversión, *software* para programación y algunas otras herramientas como las mencionadas en la revisión de literatura.

Como se dijo anteriormente, las TIC se pueden utilizar en cualquier área de la educación. Dicho uso se facilita en algunas áreas más que en otras, por ejemplo el uso de las TIC en la enseñanza de la física, genera un ambiente oportuno para estudiar los fenómenos desde diversas tecnologías, sin embargo existen algunas razones para desvalorizar el uso de las tecnologías en algunas otras áreas del conocimiento, como por ejemplo la matemática, debido a que históricamente es un área que necesita la escritura de teoría y la realización de ejercicios a mano, y se piensa que al utilizar las TIC es reemplazar aquellas prácticas manuales de ejercitar. Sin embargo, la idea de utilizar herramientas tecnológicas no es reemplazar ciertas metodologías o prácticas que funcionan, es más bien complementar, enriquecer y actualizar estas prácticas en pro de favorecer los procesos de aprendizaje de los estudiantes (MEN, 2003).

De esta manera, se puede concluir que la utilización de las TIC en la enseñanza de la física y las matemáticas puede ser favorable para los estudiantes debido a que, gracias a esas actividades o estrategias, la movilización de conocimientos se vuelve más dinámica permitiendo que las clases sean diferentes y alejadas de lo tradicional.

4.2.2 Simulaciones computacionales para la enseñanza de la física

Una de las herramientas que hace parte de las TIC, son las simulaciones computacionales que son utilizadas en diversos campos para contribuir a la comprensión de fenómenos y enseñanza de la ciencia. Estas van a ser utilizadas en el diseño de una propuesta para favorecer el aprendizaje de ondas sonoras, por lo que se explica en el siguiente apartado.

Las simulaciones se consideran representaciones o modelizaciones de sistemas que pueden imitar el comportamiento de un fenómeno que puede ser difícil de interpretar o comprender desde

la teoría sin esas representaciones; sin embargo, más allá de que sean animaciones, las simulaciones computacionales abarcan desde videos hasta realidad virtual donde dichas herramientas están sustentadas por un modelo teórico (Medeiros y Farias de Medeiros, 2002; Durán, 2015).

De acuerdo con Medeiros y Farias de Medeiros (2002) las simulaciones computacionales permiten al estudiante interactuar con variables o parámetros que podría tener el fenómeno físico, así como también se pueden utilizar en esos casos donde los experimentos pueden resultar costosos. Por esta razón, las simulaciones computacionales constituyen un potencial para la enseñanza de la física, debido a que distintos fenómenos que se explican en física no se pueden visualizar o son difíciles de comprender desde su teoría, sus modelos y sus expresiones algebraicas como lo es por ejemplo la enseñanza del electromagnetismo.

En línea con lo anterior, así como las simulaciones computacionales tienen potencialidades, también hay que tener en cuenta las limitaciones y cuidados que hay que tener con ellas. Por ejemplo, el carácter inclusivo, la representación de casos ideales del fenómeno, los obstáculos conceptuales que pueden transmitir, entre otros.

A la hora de la enseñanza, las simulaciones computacionales son un material potencial para pasar de la tradicional pizarra y el libro de texto a otros medios y herramientas posibles con la utilización de tecnologías, permitiendo que el alumno considere los cambios que puede sufrir un fenómeno dependiendo de sus condiciones. Adicionalmente, pueden aportar a la inclusión educativa según los cambios o ajustes que puedan realizarse para alumnos que tengan alguna condición de discapacidad o alguna preferencia en su proceso de aprendizaje. El DUA, por ejemplo, ofrece una serie de pautas y puntos de verificación que pueden ayudar a evaluar una simulación computacional en materia de inclusión y accesibilidad de los cuales se habla en el siguiente apartado.

4.3 Diseño Universal para el Aprendizaje

El currículo escolar está diseñado comúnmente de manera rígida para acoger a un gran número de estudiantes. El problema radica en que ese diseño ocasiona que algunos estudiantes que no están entre ese grupo de personas para el cual está diseñado, no puedan alcanzar algunos objetivos debido a los materiales utilizados, la manera de aprender del estudiante, la conexión por parte de los estudiantes con las prácticas educativas, entre otras; es por eso que el sistema educativo

debe preocuparse por cómo está estructurado el currículo y a su vez reflexionar sobre las prácticas educativas para que en conjunto puedan surgir gran variedad de estrategias, con el fin de reformular dicho currículo y así favorecer que el conocimiento pueda ser aprendido por cualquier estudiante.

El concepto de Diseño Universal (DU) nace en el campo de la arquitectura con la intención de crear entornos para todos, es decir, que, de manera planificada y anterior a la realización del producto, bien o servicio, todas las personas puedan utilizarlo sin necesidad de hacer adaptaciones (Alba, 2019). Ahora, situándonos en el campo de la educación, el diseño de actividades para la enseñanza e inclusión del currículo no contempla la diversidad de los estudiantes. Por esto, los profesores se ven obligados a hacer adaptaciones en su metodología a manera de atender las necesidades educativas especiales (NEE).

Es por ello por lo que se requiere garantizar el derecho a la educación, no solo desde el acceder a ella, sino también en cuestiones de adquisición de conocimiento. Como posible solución a esta problemática se acude al Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA), un enfoque metodológico que centra el interés en la estructuración y ejecución planificada de los programas escolares; con intenciones cercanas al DU, requiere que la enseñanza sea planificada a manera de atender a la diversidad del aula para que todos puedan tener oportunidades de aprender (Alba, 2019). Así, la educación inclusiva y el derecho fundamental a la educación, exige que todos los estudiantes presentes en el aula de clase, independientemente si presentan condiciones de discapacidad puedan ser parte de la sociedad como ciudadanos desarrollados y exitosos (Alba, 2019).

Por lo anterior, se otorga un papel fundamental a los profesores, debido a que son los encargados de promover la inclusión educativa, flexibilizar el currículo y minimizar las barreras que puedan obstaculizar el aprendizaje de cada uno de los estudiantes como lo es la exclusión (Alba, 2019). Para ello, se requiere el diseño de actividades que atiendan a todo tipo de estilos de aprendizaje y necesidades especiales; es decir, fomentar nuevas maneras de concebir la educación inclusiva, entendida según la UNESCO (como se citó en UNESCO, 2008b) como un “proceso que permite abordar y responder a la diversidad de las necesidades de todos los educandos a través de una mayor participación en el aprendizaje, las actividades culturales y comunitarias y reducir la exclusión dentro y fuera del sistema educativo” (p.8).

En otras palabras, lo que busca la educación inclusiva es la atención a la diversidad sin excepciones, permitiendo que “los maestros y estudiantes se sientan cómodos ante la diversidad y

la perciban no como un problema, sino como un desafío y una oportunidad para enriquecer el entorno de aprendizaje" (UNESCO como se citó en UNESCO, 2008b, p. 8).

4.3.1 El DUA y las TIC

El DUA, como estrategia metodológica para favorecer la educación inclusiva, tiene ahora una ventaja de realización debida a las TIC, que contemplan múltiples herramientas y diseños que pueden ser más accesibles por todos los estudiantes. En palabras de Alba et al. (2014) las TIC pueden favorecer la inclusión educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje “debido a las características de flexibilidad y versatilidad que poseen los medios digitales” (p.4).

La realización de prácticas docentes bien estructuradas con la ayuda de las TIC puede favorecer a esa flexibilidad que necesita la educación, en el sentido que existen diversas herramientas para presentar la información de manera diferente e interactuar con ellas para el desarrollo de habilidades, lo cual puede permitir un mejor acceso al conocimiento por parte de los estudiantes, además de ser una práctica que de ser bien diseñada se aleja de los métodos tradicionales de enseñanza como lo son: la práctica discursiva por parte del profesor, la centralización en un libro de texto y el seguimiento de solo una manera de enseñar. Mantener la enseñanza tradicional, no permite una exploración de nuevas maneras de enseñar, es por eso por lo que prácticas educativas tradicionales pueden ser beneficiosas para muchos estudiantes, pero para otros no, contradiciendo el propósito del DUA y por tanto de la educación inclusiva.

De lo anterior surge la necesidad de planear actividades que no sólo sean accesibles para la mayoría de los estudiantes sino para todos, de modo que la actividad pueda ser desarrollada de diferentes maneras y con diversos materiales. A manera de ejemplo, un profesor de matemáticas al enseñar las operaciones básicas entre fracciones desde la perspectiva tradicional, muestra el procedimiento a realizar para cada operación y realizará algunos ejemplos como dueño del conocimiento y en una práctica unidireccional, pero desde la perspectiva de la enseñanza no tradicional, con enfoque inclusivo y con la utilización de herramientas tecnológicas, puede utilizar la representación gráfica para observar las fracciones, utilizar material concreto para comprender lo que significa una fracción, proyectar un video que sea más comprensible para aquellos estudiantes que prefieren la información desde lo visual u oral, además se puede acudir a los subtítulos del video, favoreciendo a los estudiantes con alguna discapacidad auditiva o que

comprenden mejor desde la lectura; es decir, el uso de herramientas digitales puede favorecer a representar de múltiples maneras una misma información o diversas maneras de acercarse al conocimiento, lo que permite que haya una oportunidad de aprendizaje para todos los estudiantes.

Sin importar el área de interés se pueden utilizar múltiples estrategias para ampliar la acogida de la temática. En cuanto a la física, un ejemplo puede ser el equilibrio térmico, donde también pueden acompañarse de diferentes maneras algunos videos o simulaciones computacionales; acompañar con experimentos que permitan sentir los cambios en el fenómeno y ser una alternativa llamativa para los estudiantes; la lectura de fragmentos documentos de primera fuente, lo que puede aportar a los estudiantes que tienen como fortaleza el aprendizaje mediante la oralidad; la utilización de los Arduino y la programación para instalar sensores que identifiquen variables relacionadas con el equilibrio térmico, lo que permite favorecer a los estudiantes que les gusta crear y diseñar.

Es importante precisar que, aunque en la diversidad de estudiantes se encuentren también aquellos en condición de discapacidad, las estrategias diferentes que pueden basarse en principios del DUA planificadas para una educación para todos benefician tanto a estudiantes con necesidades educativas especiales, como estudiantes que no tengan dichas condiciones. El problema radica entonces en el currículo inflexible que pone barreras por los medios y materiales de enseñanza que evitan una educación para todos (Alba et al., 2014).

4.3.2 Los principios del DUA

El DUA contempla tres principios que están basados en tres grupos de redes neuronales (afectivas, de reconocimiento y estratégicas) (Alba, 2019); cada uno de ellos desarrolla en tres pautas de aplicación y tiene diferentes puntos de verificación. Este modelo permite entender que es de gran importancia que el ámbito educativo procure crear diversas opciones para que los estudiantes se puedan acercar al aprendizaje, como se puede observar en la definición de los tres principios.

- **Principio I. Proporcionar múltiples formas de representación:** es necesario entender que en el aula existe una gran diversidad de estilos en que los estudiantes aprenden, es por eso que surge la necesidad de identificar múltiples estrategias que permitan ofrecer el conocimiento de

varias maneras para que los estudiantes puedan acceder a él, anulando así la idea de que hay una única manera de brindar la información.

- **Principio II. Proporcionar múltiples formas de acción y expresión:** así como no existe una única manera de presentar la información a los estudiantes, tampoco lo hay en cuanto a estrategias didácticas para que los estudiantes den cuenta de sus conocimientos, es decir, hay que crear propuestas metodológicas que permitan al estudiante llevar a cabo las actividades de diferentes maneras, expresando así los saberes alcanzados.
- **Principio III. Proporcionar múltiples formas de implicación:** para que el estudiante se involucre en su propio aprendizaje es indispensable brindar actividades variadas, de modo que los estudiantes se motiven a participar desde sus preferencias e intereses propios.

A continuación, en la **Tabla 4** se detallan de manera más precisa las pautas de aplicación y seguidamente se mencionan los puntos de verificación entendiendo las pautas como aquellas estrategias pedagógicas que pueden ser utilizadas por los maestros para flexibilizar el currículo y así tratar de eliminar las barreras existentes que no permiten una participación equitativa por parte de todos los estudiantes. En cuanto a las claves o puntos de verificación, se refieren al conjunto de propuestas metodológicas puntuales que se obtienen de las experiencias de los docentes. En dicha tabla, se encuentran solo los puntos de verificación que se pretenden abarcar en el proyecto.

Tabla 4

Explicación de las pautas y los puntos de verificación a tener en cuenta

Principio	Pauta	Descripción	Puntos de verificación
I Proporcionar múltiples formas de representación	1 Proporcionar diferentes opciones para percibir la información	Concebir la información es un papel fundamental en la práctica de aprender. Por eso es de gran importancia buscar diferentes alternativas para acercar cierta información a los estudiantes.	1.1 Opciones que permitan modificar y personalizar la presentación de la información. 1.2 Ofrecer alternativas para la información auditiva. 1.3 Ofrecer alternativas para la información visual.

	2 Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y los símbolos	Existe una gran diversidad en el aula, por lo que utilizar un lenguaje o unos símbolos particulares, se puede convertir en una barrera para que el estudiante acceda al conocimiento.	2.1 Definir el vocabulario y los símbolos. 2.5 Ilustrar las ideas principales a través de múltiples medios.
	3 Proporcionar opciones para la comprensión	Es determinante que la presentación de información vaya acompañada de diferentes estrategias que permitan una comprensión por parte de los estudiantes, que la información se dote de sentido para su diario vivir.	3.1 Activar los conocimientos previos.
II Proporcionar múltiples formas de acción y expresión	4 Proporcionar múltiples medios físicos de acción	Ofrecer diferentes maneras de presentar la información es de vital importancia para facilitar diversas estrategias que permitan al estudiante interactuar con el conocimiento de la manera más conveniente para él.	4.1 Proporcionar varios métodos de respuesta.
	5 Proporcionar opciones para la expresión y hacer fluida la comunicación	Propiciar actividades que potencien la manera en que los estudiantes se comunican y en las que se puedan expresar de manera segura.	5.1 Utilizar múltiples formas o medios de comunicación.
	6 Proporcionar opciones para las funciones ejecutivas	Ayuda a los estudiantes a tener claros los pasos que deben realizar para conseguir un objetivo, además de ser estratégicos para reconocer las dificultades y los avances que están teniendo.	6.1 Guiar el establecimiento de metas adecuadas. 6.4 Mejorar la capacidad para hacer un seguimiento de los avances.
III Proporcionar múltiples formas de implicación	7 Proporcionar opciones para captar el interés	Uno de los mayores retos de los profesores es realizar prácticas educativas interesantes y pertinentes, es decir, disponer de distintas formas de atraer el interés.	7.3 Minimizar la sensación de inseguridad y las distracciones.
	8 Proporcionar opciones para mantener el esfuerzo y la persistencia	Las actividades presentadas a los estudiantes deben estar cuidadosamente diseñadas, de tal modo de que ellos estén la mayoría de tiempo activos y concentrados; donde ellos mismos puedan regular sus emociones y motivación.	8.2 Variar los niveles de desafío y apoyo. 8.4 Proporcionar una retroalimentación orientada.

4.4 Relaciones establecidas entre los referentes teóricos

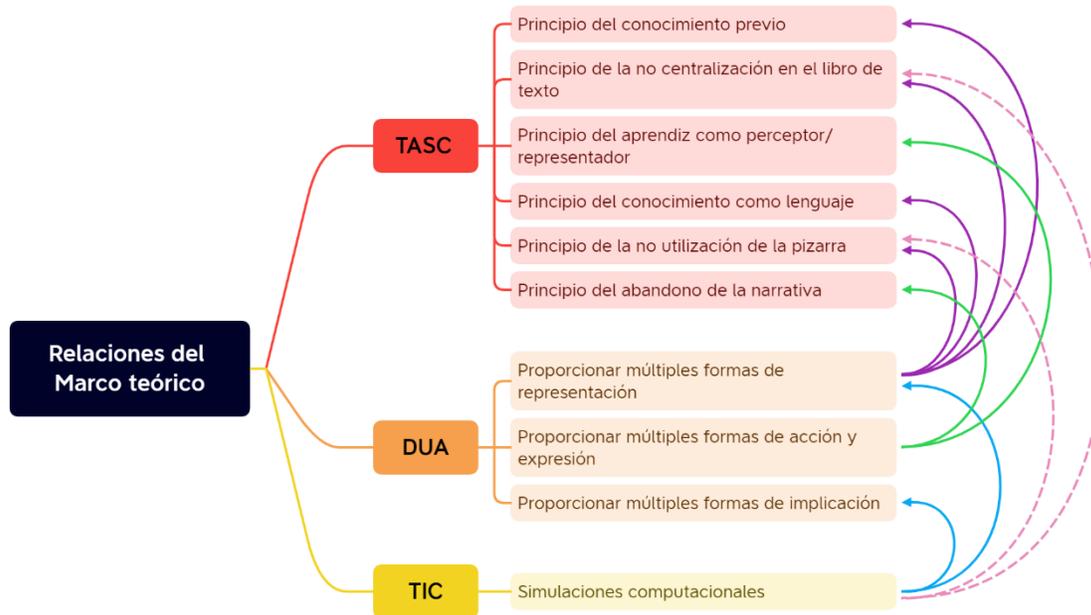
A continuación, se describen algunas convergencias entre los elementos del marco teórico con el propósito de fundamentar adecuadamente la propuesta didáctica y demás elementos contemplados en esta investigación.

En relación con las TIC y el DUA es posible mencionar que se presenta una convergencia donde el DUA se fundamenta desde las TIC las cuales según Hall et al. (2015) y Meyer et al. (2016) (como se citó en Alba, 2019) son “identificadas por su potencial para dar respuestas a la diversidad, derivado de su versatilidad, flexibilidad, accesibilidad, capacidad de transformación y mediación, y por las actividades que permiten realizar” (p. 58). Esto debido a que estas herramientas ofrecen diversas posibilidades que contribuyen a cumplir con los principios del DUA representando el conocimiento de diferentes maneras y con ajustes que pueden ayudar a las personas con y sin discapacidad. De aquí pueden valorarse los principios facilitadores de Moreira, ya que contribuyen a una enseñanza diferente que lleva a pensar nuevas estrategias y utilizar nuevos materiales para lograr cambios que puedan favorecer las necesidades de cada uno de los estudiantes. Estas estrategias van desde el abandono de instrumentos y métodos tradicionales, hasta dar un papel protagónico y de reconocimiento como sujeto de saber al estudiante.

En la **Figura 3**, se esquematizan las relaciones establecidas en el párrafo anterior. En primer lugar, se encuentran los principios facilitadores de la TASC que sostienen el trabajo de investigación, de los cuales se pretende reconocer su aporte en el análisis de la información. Se continúa nombrando los principios del DUA sin desglosarse en sus pautas a manera de facilitar la lectura del esquema, recordando que de cada uno de ellos fueron retomados algunos puntos de verificación presentados en la **Tabla 4**. Finalmente, se presentan las simulaciones computacionales como herramienta TIC a utilizar en el diseño de la propuesta y las relaciones encontradas con cada uno de los otros elementos que componen el marco teórico. Las flechas tienen un sentido ascendente debido al orden establecido en la propuesta. Es decir, las relaciones se establecen apuntando de las simulaciones computacionales a los principios del DUA y los principios de la TASC y las relaciones de los principios del DUA con los principios de la TASC.

Estas relaciones se nombrarán de manera explícita a lo largo del trabajo, especialmente en el apartado de resultados y análisis, donde además de ser nombradas se detallará el porque se relacionan y de que manera se puede evidenciar dicha relación.

Figura 3
Relación de los elementos que constituyen el marco teórico



Presented with xmind

Nota. Las flechas de colores sirven al lector para identificar el elemento del que se habla con su respectiva relación. Por ejemplo, las líneas moradas indican los elementos de las TASC que se relacionan con el principio de proporcionar múltiples formas de representación. De igual manera, las líneas punteadas son una estrategia para que visualmente no se entrecrucen con otras, afectando el análisis del lector.

5 Marco metodológico

5.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación está situada en el ámbito educativo, donde intervienen sujetos en diversos roles, como los de coordinadores académicos, padres de familia, maestros, estudiantes, entre otros. En ese proceso educativo, el aprendizaje tiene un papel fundamental, es por esto que para este trabajo se toma como objeto de estudio. Por lo anterior, el enfoque de esta investigación es cualitativo, debido a las características y ventajas de dicha investigación, como el hecho de trabajar con grupos sociales y humanos, en este caso con estudiantes, tratando de comprender sus experiencias y percepciones; la exploración de un fenómeno desde diferentes perspectivas, facilitando así una mejor comprensión del contexto y la flexibilidad, que permite realizar ajustes a medida que avanza el estudio. De esta manera, se pretende estudiar sobre cómo se favorece el proceso de aprendizaje basándose en una teoría de aprendizaje y bajo ciertas estrategias pedagógicas y didácticas.

La investigación cualitativa según Bautista (2011) está en la tradición interpretativa, donde se buscan explicaciones que respondan al qué y al cómo de fenómenos sociales para así poder entender la realidad. Por lo que en este enfoque se pretende comprender e interpretar un hecho particular de un grupo pequeño, a través del contacto directo, lo verbal y no verbal que, con ayuda de técnicas de recolección de información como por ejemplo la observación participante, las entrevistas y el análisis de documentos. Se puede concluir que “el propósito de la ciencia social, dentro del paradigma cualitativo-interpretativo, es revelar el significado de las formas particulares de la vida social mediante la articulación sistemática de las estructuras de significado subjetivo que rigen las maneras de actuar de los individuos” (Bautista, 2011, p. 14).

5.2 Tipo de estudio

Para el desarrollo de esta investigación se emplea el estudio colectivo de casos de Stake (2010) el cual se centra en utilizar de manera simultánea varios casos como instrumento para entender y analizar un fenómeno; aunque cada caso es un instrumento de manera individual, es de gran importancia que exista una armonización entre cada uno de ellos. Este tipo de caso le permite

a esta investigación tener un análisis continuo de datos, encontrando algunas variaciones o tendencias entre los diferentes casos para analizar el fenómeno de aprendizaje de las ondas sonoras en un grupo de estudiantes de una institución educativa.

5.3 Contexto y participantes

Los participantes seleccionados hacen parte de la Institución Educativa Alfredo Cock Arango, la cual es una institución pública y está ubicada en la ciudad de Medellín, específicamente en el barrio Castilla, donde la población está entre los estratos uno, dos y tres. Los grupos por grado en esta institución contemplan no más de 20 estudiantes. El grado seleccionado para llevar a cabo el estudio fue 11, debido a que el tema a trabajar (ondas sonoras) está en total concordancia con las temáticas para este grado según los documentos rectores del MEN, además de seguir una secuencia adecuada en las temáticas del curso con dicho grado. Se toman como casos de estudio a cinco estudiantes del grupo 11-2 que contempla edades entre los 16 y 19 años, los cuales fueron elegidos por su constante asistencia al centro educativo, además del interés y disposición que muestran por las actividades y la asignatura de procesos físicos. Es importante destacar que esta institución dispone de varios recursos que posibilitan el trabajo con tecnologías, como lo es el espacio de Medellín digital, equipado con múltiples computadoras y conexión a internet, lo cual facilitó significativamente la implementación de la propuesta pedagógica que incluye simulaciones y utilización de GeoGebra, además de contar con la licencia de CloudLabs⁶, un espacio virtual que permite simular y explorar diferentes fenómenos físicos.

5.4 Consideraciones éticas

Siguiendo a Creswell (2013), es primordial que el investigador honre de manera exhaustiva los derechos, necesidades, valores y preferencias de los participantes. Así mismo en concordancia con la Universidad de Antioquia, es vital que los investigadores reconozcan su impacto en la generación de conocimiento, el bienestar de seres vivos y la gestión ética de la información obtenida y producida en sus estudios (UdeA, 2012) Además, el núcleo de la investigación

⁶ Plataforma de laboratorios virtuales para la enseñanza de las ciencias y la tecnología, que permite acercar a los estudiantes a prácticas experimentales de manera remota.

cualitativa radica en la recolección de información, que comúnmente se derivan de una variedad de fuentes. Por ello, resulta crucial respetar la autonomía de los participantes en su decisión de contribuir o no al estudio, de manera que, en esta investigación se formaliza mediante un consentimiento informado incluido en el **Anexo 1**. En dicho documento, se detallan los objetivos de la investigación, el rol de los participantes, el manejo de los datos recopilados, así como la autorización para recoger evidencia de índole educativa bajo estricta confidencialidad. Este proceso de consentimiento se hace antes de la recogida de información y el análisis de los datos (Gibbs, 2012). De allí se deriva la autorización para la publicación de este proyecto manteniendo el anonimato de los participantes, incluido en la evidencia fotográfica de la que se haga uso.

5.5 Técnicas e instrumentos de recolección

La presente investigación requiere la obtención de información para el análisis del fenómeno de un contexto particular. Para ello, existen diversas técnicas e instrumentos de recolección de información que son necesarias para continuar con el rigor de la investigación de este tipo. En este apartado se describen las técnicas e instrumentos que se utilizaron para recolectar la información necesaria para dar respuesta a la pregunta de investigación y poder así, más adelante, brindar un análisis de esa información con otro tipo de técnicas y criterios de validez.

5.5.1 La observación participante y el diario de campo

Según Sampieri et al. (2010) la observación “consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías” (p. 160). Por esta razón, en una investigación cualitativa, la observación sirve para reconocer y comprender el caso elegido, dando el papel de observador al sujeto que interpreta los acontecimientos; desde aquí, el investigador es el que selecciona dependiendo la investigación, las cuestiones que van a ser relevantes en su proceso de observación, así se podrá formar una descripción del caso que sirve para un análisis posterior del fenómeno (Stake, 2007).

Se trata de una observación cualitativa donde se busca “encontrar buenos momentos que revelen la complejidad única del caso” (Stake, 2007, p. 62).

Por otro lado, Bautista (2011) define la observación participante como aquella observación del fenómeno en el que el observador influye y está inmerso en el caso o grupo a estudiar. Se trata de un observador que no es externo ni ajeno al contexto y al caso, sino que puede conversar y promover discusiones en el grupo observado. Esta técnica de registro cualitativa necesita que el sujeto que observa sea muy descriptivo para que se pueda corroborar con otras técnicas de recolección de información.

El instrumento utilizado para recolectar información con esta técnica es el diario de campo, definido como un cúmulo de datos detallados recogidos por el investigador a través de la observación directa de un contexto donde se pueden evidenciar las relaciones pedagógicas, las interacciones en el aula y los procesos de enseñanza y aprendizaje; es un proceso que ayuda al proceso investigativo y es permanente y sistemático (Álzate y Sierra, 2000).

5.5.2 La entrevista no estructurada

La entrevista es un diálogo entre el investigador y el entrevistado (dentro del caso elegido) que se diferencia de una conversación corriente porque lleva consigo una intencionalidad, planeación y propósito (Bautista, 2011). Con ella se obtiene información que no puede obtenerse de la observación, ya que proporciona diálogos cargados de los intereses, prejuicios, sentires y expectativas de la persona entrevistada (Bautista, 2011). Existen varios tipos de entrevistas como la entrevista de contextualización, estructurada, semiestructurada, no estructurada, focalizada, guiada, en profundidad y grupal.

Para los propósitos de este estudio, se utiliza la entrevista no estructurada que permite realizar una conversación informal acerca del tema de interés, que busca que el entrevistado se exprese libremente para obtener una visión general de los problemas principales, los procesos mentales y los temas relevantes para él (Bautista, 2011). Se eligió emplear este tipo de entrevista debido a que facilita una interacción fluida y natural, al tiempo que proporciona una visión de las percepciones y experiencias de los estudiantes.

5.5.3 Las actividades

Por este lado se tienen todas las actividades hechas para la implementación didáctica que se presenta en este trabajo; la descripción de cada una de ellas se presenta en el siguiente apartado. En ellas se proponen preguntas pensadas para la recolección de información de acuerdo con las categorías de análisis. Estas son guías con preguntas hechas a partir de las actividades de clases con diversos materiales como experimentos y simulaciones computacionales. Los instrumentos de este tipo de recolección de información son todos los documentos aportados por los estudiantes que se pueden encontrar en el **Anexo 2**, **Anexo 3**, **Anexo 4**, **Anexo 5** y **Anexo 6** al final de este documento. Dichos instrumentos serán codificados en el apartado de resultados y análisis con el fin de facilitar el análisis de información.

5.6 Propuesta de enseñanza

Se ha diseñado una propuesta de implementación que se fundamenta en el marco teórico, específicamente teniendo en cuenta los principios de la TASC y el DUA para la enseñanza de las ondas sonoras, integrando simulaciones computacionales. Para ello, se han seguido los principios de interés destacados en este trabajo, los cuales enfocan la propuesta en actividades que utilizan una variedad de materiales para facilitar la comprensión del lenguaje de la física, la representación de significados, la conexión entre conocimientos previos y nuevos aprendizajes, y que evidencie un progreso continuo en el conocimiento. Además, se busca promover múltiples opciones de respuesta por parte de los estudiantes, así como diferentes representaciones del fenómeno, no solo visuales, mediante el uso de simulaciones computacionales y experimentos adicionales, con el objetivo de fomentar la atención a la diversidad en el aula.

La propuesta contempla cinco actividades fundamentales enfocadas en un aspecto en particular. Ellas se desarrollan a lo largo de nueve sesiones de clase cada una de 45 minutos, donde el tiempo invertido en cada una se especifica en la **Tabla 5**. La primera actividad busca indagar en los conocimientos previos, fomentar la socialización y luego puntualizar conceptos por parte de los participantes, con el fin de observar un progreso. La segunda actividad pretende la interacción con el fenómeno y la imaginación de las ondas sonoras en diversos experimentos. La actividad tres tiene un enfoque en la relación de las representaciones gráficas con el fenómeno físico del sonido, esto para hacer relaciones entre variables y observar cómo cada una de ellas afecta la representación de la onda. Para la cuarta actividad, el objetivo está en la incorporación de una simulación

computacional para favorecer el aprendizaje de las ondas sonoras, ya que ella permite cambiar algunas variables y representar el sonido de forma visual y auditiva. Por último, la quinta actividad pretende analizar el sonido producido por diferentes diapasones para vincular todo lo aprendido sobre el sonido y las ondas. En la **Tabla 5** se presenta un resumen de cada una de las actividades de la implementación, donde se muestra el número de actividad en orden de desarrollo, el número de sesiones utilizadas, una breve descripción de cada actividad, el nombre del instrumento que la acompaña y el objetivo.

Tabla 5*Resumen de las sesiones de la implementación*

Número de actividad	Número de sesiones	Descripción de la actividad	Nombre del instrumento	Objetivo de la actividad
Uno	Dos	Indagación de los conocimientos previos sobre los elementos de la onda. Después de una socialización grupal, se realiza una actividad similar para analizar un antes y un después.	El tendedero ondulatorio	Representar los elementos de las ondas a partir de los conocimientos previos.
Dos	Dos	Interacción y observación de varios experimentos relacionados con las ondas sonoras, realización de actividad y observación de video.	Propagación de ondas sonoras	Representar las ondas que se pueden percibir al observar diversos experimentos relacionados con el sonido.
Tres	Una	Visualización de la representación de una onda en GeoGebra, observando los cambios que experimenta en sus elementos y algunas ecuaciones.	Variación de la gráfica de la onda y sus elementos	Interpretar el cambio de los elementos de la onda dependiendo del valor que tomen las variables utilizadas.
Cuatro	Dos	Interacción con simulador de PhET sobre las ondas sonoras.	Simulaciones computacionales y ondas sonoras	Relacionar algunos elementos de la onda y su representación con las cualidades del sonido a través de la apropiación del lenguaje, la exploración del simulador y la interpretación de sus variables.
Cinco	Dos	Exploración y experimentación con el simulador de una onda de sonido con CloudLabs.	Produciendo una onda de sonido en CloudLabs	Explicar los cambios en el sonido por medio de los elementos de la onda a través de la experimentación con diferentes diapasones.

5.6.1 El tendedero ondulatorio

Esta actividad consta de dos momentos. La primera parte toma en cuenta el acercamiento a la temática de las ondas que los participantes tuvieron con el docente cooperador. Se propone una actividad de tendedero, simulando las líneas de cable donde se cuelga la ropa como se muestra en la **Figura 4**; en esta se tienen dos cintas que están amarradas a lo ancho del salón y cada una de ellas está dividida en dos partes, es decir, se tienen cuatro espacios en total que están nombrados con dos elementos de la onda cada uno. En cada espacio los estudiantes deben colgar un papel donde esté la representación del elemento de la onda correspondiente a cada uno. En la primera cinta, se representa el valle, la cresta, el nodo y el ciclo; en la segunda cinta, se representan la longitud de onda, la frecuencia, el periodo y la amplitud. Este primer acercamiento se realiza con el fin de percibir los conocimientos previos de los estudiantes en la forma que representan cada uno de los elementos de una onda viajera.

Figura 4

Evidencia de actividad de tendedero hecha con los estudiantes



Para un segundo momento, los participantes se acercan a las representaciones de sus compañeros y se socializan grupalmente con algunos de los papelititos hechos por cada uno para

hacer una retroalimentación en conjunto. En dicha socialización, se hicieron preguntas como: ¿qué sí o qué no es el elemento que debería estar representado (longitud de onda, amplitud, frecuencia, periodo, cresta, valle, nodo, antinodo)? y ¿por qué? De esta manera, los participantes pudieron decir a sus compañeros la definición que tenían sobre cada elemento de la onda.

Luego de esta retroalimentación, se pasó a ubicar cada elemento de la onda en un alambre dulce hecho de tal manera que representara una onda senoidal con algunas fichas marcadas con el nombre de los elementos de la onda; esto para reafirmar los conceptos que se aprendieron, corrigieron o confirmaron en la socialización. En esta actividad participaron sólo aquellos estudiantes que quisieron ubicar los elementos en el alambre dulce.

Por último, se hace nuevamente el ejercicio de representación de elementos de una onda de manera individual en un pequeño formato que representa una onda (para ubicar los elementos) y el nombre de cada uno para que se pueda definir con palabras. Este formato se encuentra en el **Anexo 2**.

De esta manera, se buscó favorecer los principios de la TASC elegidos para el diseño de esta propuesta, además de dar la posibilidad de que los participantes representen de manera libre cada uno de los elementos de la onda; permitiendo el reconocimiento de los conocimientos previos.

5.6.2 Propagación de ondas sonoras

En esta fase, se comienza a introducir la onda sonora como un tipo de onda específica de las representaciones generales que se hicieron previamente. Para que los participantes tengan un acercamiento a este tipo de ondas, se muestran varios experimentos relacionados con la formación del sonido donde cada estudiante pudo interactuar con ellos y explicar que pasa en cada uno.

De la misma manera, se acompañaron los experimentos con algunas explicaciones sobre las ondas mecánicas, las vibraciones que producen sonido y la importancia de un medio para que las ondas sonoras puedan propagarse, permitiendo que fuera una discusión en donde los participantes pudieran aportar desde lo que sabían. De allí, surgieron discusiones de qué es el sonido, cómo se propaga, por qué vibra, cuáles son las condiciones que lo afectan, entre otras.

Seguido a ello, se propuso una actividad con el fin de saber cómo los estudiantes visualizan la propagación del sonido en un medio, por lo que se hizo entrega de un formato (**Anexo 3**) donde se encuentra cada uno de los experimentos dibujados, para que los participantes representen la

propagación de las ondas según lo que pudieron percibir a la hora de observar los experimentos, al igual que explicar al final qué es y cómo se propaga el sonido. Además, en el formato hay un inciso donde se solicitó escribir en una hoja externa algunas palabras que se relacionen cuando se habla de ondas sonoras, las cuales debían pegar en el tablero. Los resultados de las palabras obtenidas con este ejercicio fueron digitalizados en la plataforma Mentimeter⁷, obteniendo como resultado una nube de palabras que se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5

Actividad de palabras utilizadas cuando se habla de ondas sonoras



Nota: Palabras escritas por los estudiantes digitalizada en Mentimeter.com

Después de haber diligenciado el formato, se presenta un video titulado “Características del sonido” reproducido hasta el minuto 2:38, donde se explica y muestra cómo se comporta el sonido cuando viaja a través de partículas de aire. Este video es seleccionado debido a que permite

⁷ Herramienta en línea donde pueden crearse presentaciones interactivas permitiendo que los espectadores puedan enviar respuestas en tiempo real.

visualizar cómo se comporta el sonido en un medio como el aire, medio del cual se está rodeado y es un buen ejemplo de la vida real, relacionándolo a su vez con la voz y el habla. Seguidamente menciona palabras y conceptos trabajados en la interacción con los experimentos (propagación, ondas mecánicas, amplitud, sonido, representación del sonido, partículas, presión, transporte de energía), lo que permite una conexión entre el video y lo socializado en clase. Esta actividad fue acompañada a manera de retroalimentación, ya que, en el momento anterior, los participantes debían representar el sonido. Allí se retomaron entonces los conceptos relacionados con el sonido apoyándose de la representación.

Finalmente, se cierra con la socialización de algunas representaciones de los experimentos hechas por los participantes para realizar una retroalimentación sobre la importancia de reconocer que solo son interpretaciones y que puede hacerse de diversas maneras reconociendo que el sonido es una onda esférica.

5.6.3 Variación de la gráfica de la onda y sus elementos

Se propone la visualización de la gráfica de la onda con el uso de GeoGebra⁸ como se muestra en la **Figura 6**. Esto con el fin de observar los cambios de elementos variables como periodo y amplitud con ayuda de deslizadores de la propia aplicación. La intención de realizar esta actividad es que los estudiantes puedan percibir los cambios gráficos que obtiene la onda al cambiar algunos valores de ciertas variables para que seguidamente logren relacionar los elementos de la onda con las cualidades del sonido de una manera diferente a la discursiva, es decir, esta relación se puede trabajar desde la narrativa por parte del profesor usando definiciones de un libro y utilizando el tablero, pero son precisamente esas acciones las que se buscan cambiar de la educación tradicional desde diversas propuestas que permitan explorar otras metodologías que favorezcan la conexión entre conceptos.

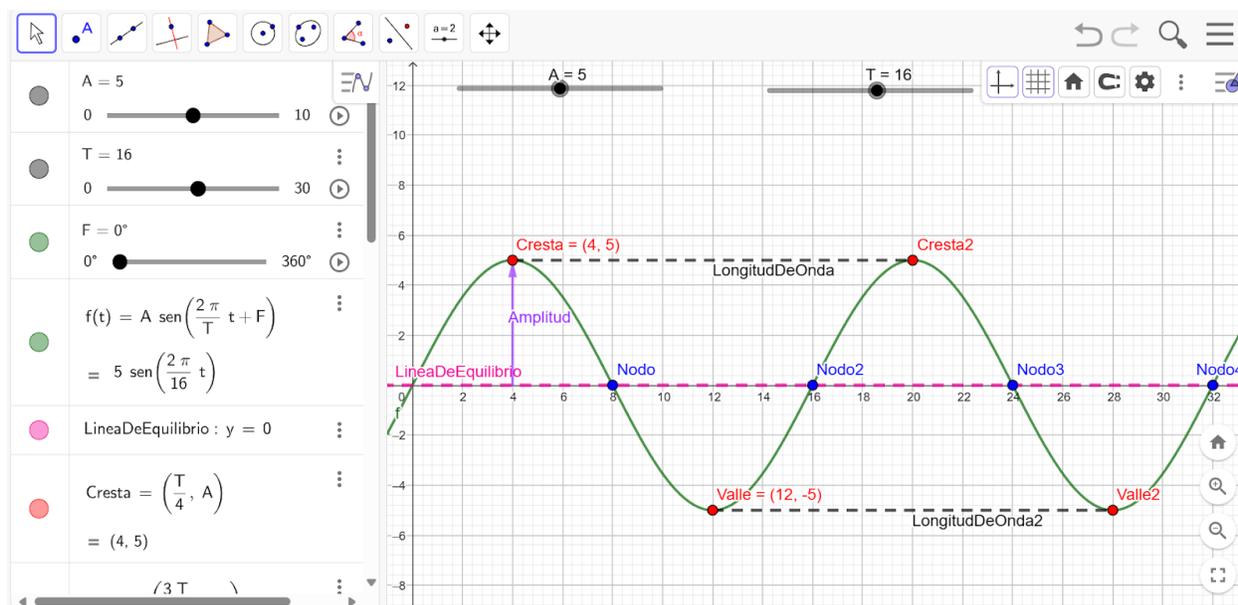
Dichas propuestas metodológicas buscan beneficiar algunos principios de la TASC para que los estudiantes sean los protagonistas del proceso de aprendizaje, además de ser ellos mismos los que se acerquen al conocimiento y puedan adquirirlo de diferentes maneras, así mismo esta actividad se realiza con la intención de fomentar el DUA, donde se busca brindar una información

⁸ Software gratuito que funciona como graficador, calculadora y hoja de cálculo, ya que tiene en cuenta las disciplinas de geometría, estadística y álgebra.

de diferentes maneras, tratando de que todos los estudiantes tengan acceso a ella. Es por eso que el desarrollo de esta actividad además de presentar a través de un televisor disponible en una sala de informática de la institución la gráfica de la onda, se creó una llamada de *Google Meet*⁹ para que cada participante pudiera ver de cerca lo que se iba presentando en el televisor principal, teniendo presente que los estudiantes más alejados podrían tener dificultades para observar la gráfica. Son este tipo de consideraciones las que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar actividades, pensando en que todos puedan participar.

Figura 6

Representación gráfica de una onda en GeoGebra



Nota. Elaboración en GeoGebra de una onda descrita por la función seno, donde los deslizadores A, T y F permitieron modificar algunos elementos de la onda como el periodo, la frecuencia, la amplitud y el ángulo de fase.

Los deslizadores eran modificados por los investigadores mientras se entablaba una conversación sobre lo que se estaba observando, además de mencionar el tono y la intensidad como cualidades del sonido relacionadas con la frecuencia y la amplitud respectivamente. Esto permitió enlazar lo visto en sesiones anteriores y se pudo comenzar a relacionar los elementos de la onda con las cualidades del sonido. La actividad del **Anexo 4** pretende dar cuenta de lo observado en GeoGebra y obtener conclusiones sobre las velocidades del sonido en diferentes medios y las

⁹ Plataforma para videoconferencias en línea que permite una conexión en tiempo real.

relaciones directas e inversamente proporcionales entre algunas variables y, así mismo, resaltar la relación de la física con las matemáticas.

5.6.4 Simulaciones computacionales y ondas sonoras

Se comienza la sesión con la visualización del video *Cualidades del sonido*¹⁰, con la intención de conectar lo trabajado anteriormente con la nueva información que relaciona los elementos de las ondas con las cualidades del sonido y que a su vez sea interpretado por los participantes, aclarando las dudas emergentes.

Se propone la exploración del simulador de PhET *Ondas: intro*¹¹, donde se encuentra la ilustración de ondas sonoras y algunos interactivos para cambiar variables de frecuencia y amplitud, además de tener la opción de escuchar el tono, observar la gráfica, las partículas, entre otros como se observa en la **Figura 7**. Los estudiantes exploran el **Anexo 5** y van contestando las preguntas a medida que van avanzando en la guía. Este formato tiene el propósito de que los participantes identifiquen las relaciones entre los elementos de la onda (frecuencia, amplitud, longitud de onda y periodo) y las cualidades del sonido (intensidad, tono, timbre) debido a que el simulador permite tanto visualizar los cambios como escucharlos. Allí, se propone buscar estrategias para medir la longitud de onda y el periodo; este ejercicio permite evidenciar la comprensión de los otros conceptos tocados en clase previamente. El profesor está encargado de resolver las dudas en cuanto al funcionamiento del simulador y la redacción de las preguntas, pero el objetivo principal es que ellos se acerquen al conocimiento y puedan sacar sus conclusiones con lo que se escucha y se observa.

Figura 7

Vista del simulador de ondas sonoras de PhET

¹⁰ [Cualidades del sonido - YouTube](#)

¹¹ [Ondas: Intro - Frecuencia | Amplitud | Velocidad de Ondas - Simulaciones Interactivas PhET \(colorado.edu\)](#)



5.6.5 Produciendo una onda de sonido en CloudLabs

Esta sesión contempla el uso de CloudLabs en la parte de “Produciendo una onda de sonido”, la cual tiene como objetivo determinar la frecuencia y notas musicales de tres diapasones con ayuda de un osciloscopio como se muestra en la **Figura 8**. Sin embargo, para los propósitos de esta investigación, se propone una actividad diferente en el **Anexo 6**, ya que el objetivo es relacionar lo visto en esta plataforma con los elementos de la onda y las cualidades del sonido.

Figura 8

Vista de la actividad Produciendo una onda de sonido en CloudLabs



Nota. Tomado de [ONDAS DE SONIDO. \(LABORATORIO 8 - FÍSICA 2 \) / SEMANA 12 \(youtube.com\)](#)

Dicho formato tiene algunas preguntas que requieren hacer procedimientos e identificar elementos que permitan la resolución de las preguntas, haciendo necesario los conceptos aprendidos en las sesiones anteriores. Con esta actividad se culminó el proceso donde se articulan los elementos de la onda con las cualidades del sonido principalmente para apropiarse del lenguaje de la disciplina y tener un avance progresivo en el aprendizaje que permita ver la relación de los conocimientos previos con las representaciones de los estudiantes.

5.7 Procesos para el análisis de información

En este apartado se menciona los criterios de confiabilidad y validez que sustentan la presente investigación. Dichos criterios son necesarios debido a que el investigador está sometido a diversas dificultades como lo son las interpretaciones o significados que se les da a las unidades de análisis, la imprecisión de algunos instrumentos o la mucha información recolectada (Rodríguez et al., 2005). Por lo que se propone un proceso de análisis de datos cualitativos “mediante el cual se organiza y manipula la información recogida por los investigadores para establecer relaciones, interpretar, extraer significados y conclusiones” (Spradley, 1980, p. 70).

Tal proceso comprende tres fases: la reducción de datos que se refiere a la separación, organización de unidades, categorización, codificación, síntesis y agrupamiento; la disposición y

agrupamiento que se refiere al proceso de transformación de información a gráficos, matrices, tablas de doble entrada, entre otros; y la obtención de resultados y verificación de conclusiones en donde se encuentran las descripciones, comparaciones, interpretaciones, el uso de metáforas y analogías siguiendo los criterios de calidad (Rodríguez et al., 2005). Dichas fases se resumen en el esquema de la **Figura 9**.

Figura 9

Resumen del proceso de análisis de datos cualitativos para investigaciones sociales cualitativas. Tomado de: Rodríguez et al. (2005)

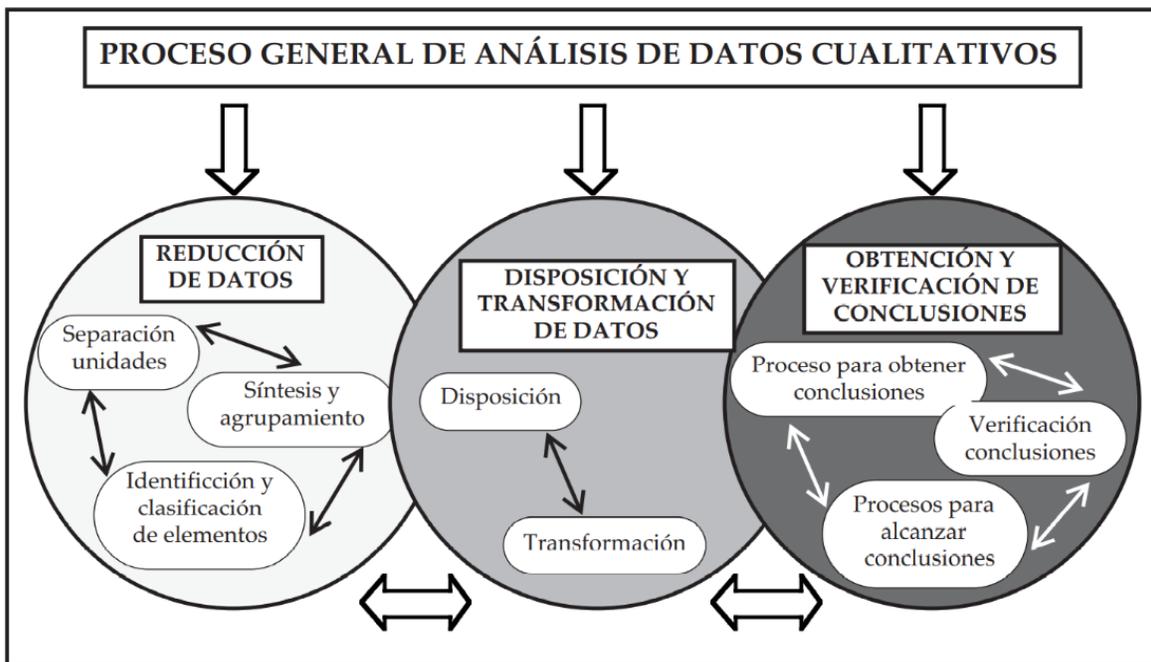


Fig. 2. Proceso general del análisis de datos cualitativos.

Dicho análisis contempla algunos aspectos metodológicos como la categorización, codificación, triangulación hermenéutica y análisis de contenido, que son aquellos procesos hechos en esta investigación para la obtención de los resultados y la discusión de ellos.

5.7.1 Categorización

Para el análisis de la información, se hace un proceso de categorización, donde se asigna nombre y sentido a un aspecto que recoge lo que se requiere encontrar de acuerdo con los objetivos

específicos de la investigación. En ese sentido, las categorías son el aspecto general y a partir de ellas, se definen las subcategorías que describen detalladamente el aspecto. “Estas categorías y subcategorías pueden ser apriorísticas, es decir, construidas antes del proceso recopilatorio de la información, o emergentes, que surgen desde el levantamiento de referencias significativas a partir de la propia indagación” (Cisterna, 2005, p. 64). La categorización de la presente investigación está descrita en el apartado de matriz metodológica.

5.7.2 Codificación

Antes de iniciar con el proceso de codificación, se hace uso de la transcripción de audios que es en sí un proceso interpretativo, donde después se prosigue con la codificación, que es el proceso de asignación de un código para las evidencias que dan cuenta de las subcategorías apriorísticas; lo que se codifica es algo que tiene el mismo tema (fragmentos) para obtener una organización por temática y, en dicho proceso pueden surgir nuevas subcategorías (Gibbs, 2012).

5.7.3 Triangulación hermenéutica

La triangulación hermenéutica es un proceso para la obtención de resultados y para otorgar validez a la investigación. Según Cisterna (2005) la triangulación constituye la acción del cruce de información entre los instrumentos de la investigación y se hace después de la recogida de datos cualitativos de ella. Para hacer una triangulación rigurosa se debe:

Seleccionar la información obtenida en el trabajo de campo; triangular la información por cada estamento; triangular la información entre todos los estamentos investigados; triangular la información con los datos obtenidos mediante los otros instrumentos y; triangular la información con el marco teórico. (Cisterna, 2005, p. 68)

Como primero se tiene el proceso de selección de información, donde se debe pasar los filtros de información pertinente (que sea coherente con el objeto de estudio), información relevante (importante para la investigación) y por último la triangulación. (Cisterna, 2005).

Para triangular la información se lleva a cabo el procedimiento inferencial que se trata de sacar conclusiones por tendencias y en forma ascendente; este proceso puede entenderse como la interpretación de la triangulación entre los instrumentos para con ellos sacar conclusiones que

pasen por las subcategorías, categorías y terminen con “las opiniones inferidas en relación con las preguntas centrales que guían la investigación” (Cisterna, 2005, p. 68).

5.7.4 Análisis de contenido

Analizar el contenido en una investigación cualitativa es un proceso interpretativo, debido a que como se mencionó anteriormente la transcripción es en sí un proceso interpretativo, y más aún el análisis de un fragmento o esquema. Se adopta la manera de interpretar de forma más analítica, es decir, no quedarse con la primera impresión del fragmento, de lo que se lee; releer los fragmentos y responder cada vez nuevas preguntas favorece la apropiación de la información y su contexto (Gibbs, 2012). Se pretende con el análisis del contenido aportado por cada uno de los instrumentos, además de mantener un registro de la información, desarrollar ideas que aportan al proyecto de investigación y aportan a la pregunta planteada (Gibbs, 2015).

El proceso de codificación descrito anteriormente permite la comparación de las cosas (fragmentos o esquemas) con el mismo código marcados según el interés del investigador definidos previamente según las categorías y subcategorías apriorísticas (Gibbs, 2015).

5.7.5 Criterios de confiabilidad y validez

Se describen criterios de calidad que se tienen en cuenta en la presente investigación desde Rodríguez et al. (2005):

- **Observación persistente:** la permanencia del investigador en el campo ofrece una mayor garantía y verosimilitud a los datos que recoge, a la vez que le permite profundizar en aquellos aspectos más característicos de la situación. (p. 149)
- **Triangulación:** permite contrastar las observaciones desde diferentes perspectivas de tiempos, espacios, teorías, datos, fuentes y disciplinas, así como de investigadores de métodos. (p. 149)
- **Recogida de material de adecuación referencial:** se trata de videos, fotografías, grabaciones en audio y otros documentos que permitan un contraste posterior de la información. (p. 149)
- **Amplia recogida de información:** la diversificación de la información recogida permitirá una más fácil comparación entre distintos escenarios. (p. 150)

- **Establecer pistas de revisión:** supone dejar constancia de cómo se recogieron los datos, cómo se seleccionaron los informantes, qué papel desempeñó el investigador, cómo se analizaron los datos, cómo se caracterizó el contexto. Esto permitirá comprobar la estabilidad de los resultados en momentos diferentes y dados por otros investigadores. (p. 150)

5.8 Matriz metodológica

Se presenta la definición de las categorías de análisis descritas en la **Tabla 6**, en donde se muestra la relación con los objetivos de la investigación y el marco teórico descrito anteriormente, donde se articulan algunos principios de la TASC, algunos principios del DUA y el uso de las TIC, especialmente de las simulaciones computacionales para el diseño de la propuesta de implementación. De aquí se despliegan los resultados y conclusiones de la investigación a partir de las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de información.

Tabla 6

Definición de las categorías de análisis de información en relación con los instrumentos de recolección de información

Objetivo	Categoría	Subcategoría	Instrumentos
Identificar el aporte de los principios del DUA en la enseñanza de la física para la inclusión educativa.	1. Aporte de los principios del DUA		Revisión documental (evidencias físicas de los estudiantes), diagnóstico de conocimientos previos (pre y post), diario de campo y grabaciones de clase.
Reconocer el aporte de los principios de la TASC en la enseñanza de las ondas sonoras.	2. Identificar principios facilitadores de la TASC	2.1 Relaciona conocimientos nuevos con los previos 2.2 Representaciones verbales y gráficas 2.3 Utiliza conceptos de ciencia en su lenguaje	Revisión documental (evidencias físicas de los estudiantes), observación participante y diario de campo.
Valorar las simulaciones computacionales utilizadas para la representación de ondas sonoras.	3. Contribución de las simulaciones computacionales utilizadas para la enseñanza y el aprendizaje de ondas sonoras.	3.1 Criterios relevantes para el diseño de la propuesta. 3.2 Aporte de la simulación a la comprensión del fenómeno físico.	Entrevista semiestructurada, diario de campo y revisión documental (taller de los estudiantes).

6 Resultados y análisis

Esta sección corresponde a la interpretación de la información recolectada durante todo el proceso investigativo con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación y dar cuenta del cumplimiento de los objetivos. Aquí se analiza la información a partir de tres categorías definidas previamente.

Las categorías corresponden con los núcleos de esta investigación, los cuales son las simulaciones computacionales para el aprendizaje de ondas sonoras, favorecer el aprendizaje significativo y crítico con algunos principios facilitadores definidos en el marco teórico pertenecientes a la TASC y el Diseño Universal para el Aprendizaje como recurso metodológico para el diseño de actividades que favorezcan la inclusión educativa. Es preciso mencionar que, debido al enfoque de la investigación, se priorizan los fragmentos o partes que aporten a las categorías, es decir, que respondan a lo que busca cada categoría. Para ello se seleccionan e interpretan fragmentos, se analizan dibujos o esquemas, se comparan palabras o expresiones del inicio del proceso con las del final y se comparan los instrumentos utilizados (diario de campo, actividades, entrevista no estructurada).

Para el análisis de información se hizo uso de hojas de cálculo, transcripción de audios, matrices para cruzar la información y la interpretación de dibujos y fragmentos.

Con el fin de proteger la identidad de los participantes y en coherencia con los acuerdos del consentimiento informado, a cada estudiante se le asigna un pseudónimo compuesto de dos letras de esta manera: EC, ED, EJ, EM, EN.

Se lleva a cabo una codificación de los instrumentos con el fin de facilitar el análisis de la información y la representación en tablas y figuras. En la **Tabla 7**, se muestra la codificación para cada uno de los instrumentos.

Tabla 7
Codificación de los instrumentos de recolección

Instrumento	Nombre	Anexo	Código
Diario de campo	I1	No aplica	DCC
	I2	No aplica	DCJ

Entrevista no estructurada	No aplica	No aplica	ENE
Las actividades	Tendedero ondulatorio	Sin anexo	TO1
		Dos	TO2
	Propagación de ondas sonoras	Tres	AEF
	Variación de la gráfica de la onda y sus elementos	Cuatro	ADG
	Simulaciones computacionales y ondas sonoras	Cinco	ASP
	Produciendo una onda de sonido en CloudLabs	Seis	ALC

El propósito de los resultados y el análisis en la investigación cualitativa es enunciar sistemáticamente todos los datos cualitativos obtenidos con el análisis de la triangulación hermenéutica entre todos los instrumentos; de esta manera, se construye conocimiento con la interpretación que se hace de los resultados (Cisterna, 2005).

6.1 Aporte de los principios del DUA en el diseño metodológico

El desarrollo de esta categoría pretende identificar las facilidades, tendencias y opiniones de los participantes a la hora de interactuar con las actividades planteadas. Esto debido a que en el diseño de dichas actividades se atendieron algunos principios del DUA teniendo presente la diversidad, preferencias, discapacidades y algunos estilos diferentes de aprendizaje existentes en el aula.

Para el diseño de las actividades se tuvieron en cuenta los principios del DUA y las pautas presentadas en la **Tabla 8**. Allí se especifica la pauta correspondiente, el objetivo de cada decisión en el diseño de las actividades y la manera en que se efectuó la actividad buscando cumplir el objetivo correspondiente.

Tabla 8

Análisis del aporte de cada pauta del DUA al diseño metodológico

Pauta	Objetivo	Como se realizó
-------	----------	-----------------

Proporcionar diferentes opciones para percibir la información	Ofrecer alternativas diversas en la presentación de la información	Se presenta la información en forma verbal (oral y escrita) y gráfica siempre y cuando la sesión lo permita. En varias actividades la información se puede modificar de ser necesario (agrandar la letra, amplificar los sonidos, bajar/aumentar la velocidad de una presentación).
Proporcionar múltiples opciones para el lenguaje y los símbolos	Definir las variables con los participantes que vamos a utilizar a lo largo de la investigación.	Se conversa sobre las variables que van a identificar, como, por ejemplo, el periodo, la temperatura, la frecuencia, entre otras. Además de palabras claves en la temática como la propagación, el medio, entre otros. Así mismo se llegó al punto de explicitar de manera conjunta la relación entre algunas variables y la gráfica de la onda.
Proporcionar opciones para la comprensión	Utilizar diversas estrategias para que los estudiantes comprendan la nueva información y la relacionen con su vida cotidiana.	Se realizan actividades para que los participantes construyan conexiones entre la información y sus conocimientos, es decir, se tiene en cuenta el principio del conocimiento previo, donde se quiere avanzar progresivamente en la elaboración del conocimiento.
Proporcionar múltiples medios físicos de acción	Ofrecer alternativas para la resolución de actividades u opciones de respuesta.	Se da lugar a la expresión verbal (oral y escrita) por medio de audios, videos o manuscritos, además de las representaciones gráficas a través de dibujos.
Proporcionar opciones para la expresión y hacer fluida la comunicación	Propiciar diversas formas de comunicación desde el maestro al estudiante y viceversa.	Se evidencia a través de los medios que los participantes utilizan para dar a conocer sus ideas (dibujos, explicaciones, etc.) que tiene coherencia con el principio del abandono de la narrativa, propiciando que los participantes tomen la palabra; Además, se utilizan medios de comunicación como el correo y el WhatsApp.
Proporcionar opciones para las funciones ejecutivas	Acompañar en el proceso de aprendizaje durante todas las actividades para que el estudiante siga un camino acorde a las metas establecidas.	Por medio de la explicación de preguntas, orientación para el uso de software, retroalimentar lo hecho anteriormente, proporcionar caminos más eficientes para resolver los problemas planteados.
Proporcionar opciones para captar el interés	Brindar un espacio tranquilo para los participantes y que las sesiones de clases resulten llamativas y relevantes.	A través de los principios de la TASC que se tuvieron en cuenta para la propuesta de enseñanza. Esto con el abandono de la narrativa, la no utilización de la pizarra y la no centralidad en el libro de texto; lo cual invita a utilizar diferentes herramientas para la enseñanza como por ejemplo las simulaciones computacionales, los videos y los experimentos con materiales caseros. Además, brindar un espacio seguro y de tranquilidad, donde los participantes se pueden expresar como deseen.
Proporcionar opciones para mantener el esfuerzo y la persistencia	Presentar una variedad de recursos y actividades con diferentes niveles de complejidad que permitan mantener la motivación en los participantes.	Se realizó graduando la dificultad de las actividades según el avance o retroceso, acompañando las dificultades cuando se requiera, pero que cada estudiante encuentre por sí mismo el camino hacia la meta. De igual modo, realizar una retroalimentación para identificar aciertos y dificultades.

De la tabla anterior se puede identificar una gran cantidad de elementos que se tuvieron en cuenta en la planificación de las actividades que se desarrollaron a lo largo de la intervención pedagógica, con la intención de que la mayoría de estudiantes pudieran acceder a ellas y así poder crear una relación con el conocimiento; en coherencia con el marco teórico, esta planificación debe estar pensada para que todas las personas puedan participar de dichas actividades sin tener la necesidad de pensar si hay un estudiante con alguna necesidad especial o no.

A modo de ilustración, se puede analizar que en varias ocasiones los participantes se podían expresar brindando sus respuestas o puntos de vista de manera verbal (sea de manera escrita u oral) o gráfica (desde los dibujos); otros ejemplos que pueden reforzar esta idea, es la utilización de videos explicativos con subtítulos después de una socialización sobre algunos temas relacionados al sonido, con la intención de presentar una información desde diferentes puntos de vista y de diversas maneras, o el acercamiento que los participantes tuvieron a los experimentos con elementos tangibles, buscando que se aproximaran al fenómeno físico desde múltiples perspectivas; igualmente con esta planificación de actividades se confirma lo mencionado por Gutiérrez-Saldivia et al. (2020) y Coelho y Góes (2021) en la revisión de literatura, en cuanto a la relevancia de organizar actividades inclusivas considerando la variedad de estudiantes presentes en el aula de clase.

Es de gran importancia resaltar el hecho de que las actividades, permiten de manera constante conocer los temas y palabras claves que van a ser utilizadas, además de promover el conocimiento y utilización de los saberes previos, permitiendo así que los participantes tuvieran claras las ideas principales y las relaciones que se querían realizar como por ejemplo la de los elementos de la onda con las cualidades del sonido que después de ser detectadas se enfatizó en que constantemente fueran explícitas. De igual manera, al conocer los temas que se iban a trabajar, también se comprobaban si los elementos más importantes se habían desarrollado y entendido de una buena manera, para seguidamente retroalimentar y reflexionar sobre el proceso que se está teniendo y así determinar en qué magnitud se cambiaba la dificultad de las actividades con la intención de que el participante mantuviera el interés; lo anterior se podría considerar por medio de las socializaciones que se realizaban al finalizar cada sesión.

En síntesis, la implementación del DUA en esta propuesta de enseñanza ha sido fundamental para garantizar la accesibilidad y participación de todos los estudiantes, independientemente de sus necesidades individuales. A lo largo de la intervención pedagógica, se

ha tenido en cuenta una variedad de elementos para asegurar que las actividades sean inclusivas y puedan ser abordadas desde múltiples perspectivas. Desde la planificación hasta la ejecución de las actividades, se ha promovido el uso de diferentes modalidades de expresión y representación, así como la utilización de recursos audiovisuales y experiencias prácticas. Esto ha permitido que los estudiantes se involucren activamente en el proceso de aprendizaje, comprendan los conceptos clave y establezcan conexiones significativas entre ellos. Además, se ha fomentado la retroalimentación constante y la reflexión sobre el proceso de aprendizaje. En conclusión, la adopción del DUA ha sido fundamental para crear un entorno educativo inclusivo, dinámico y enriquecedor para todos los estudiantes.

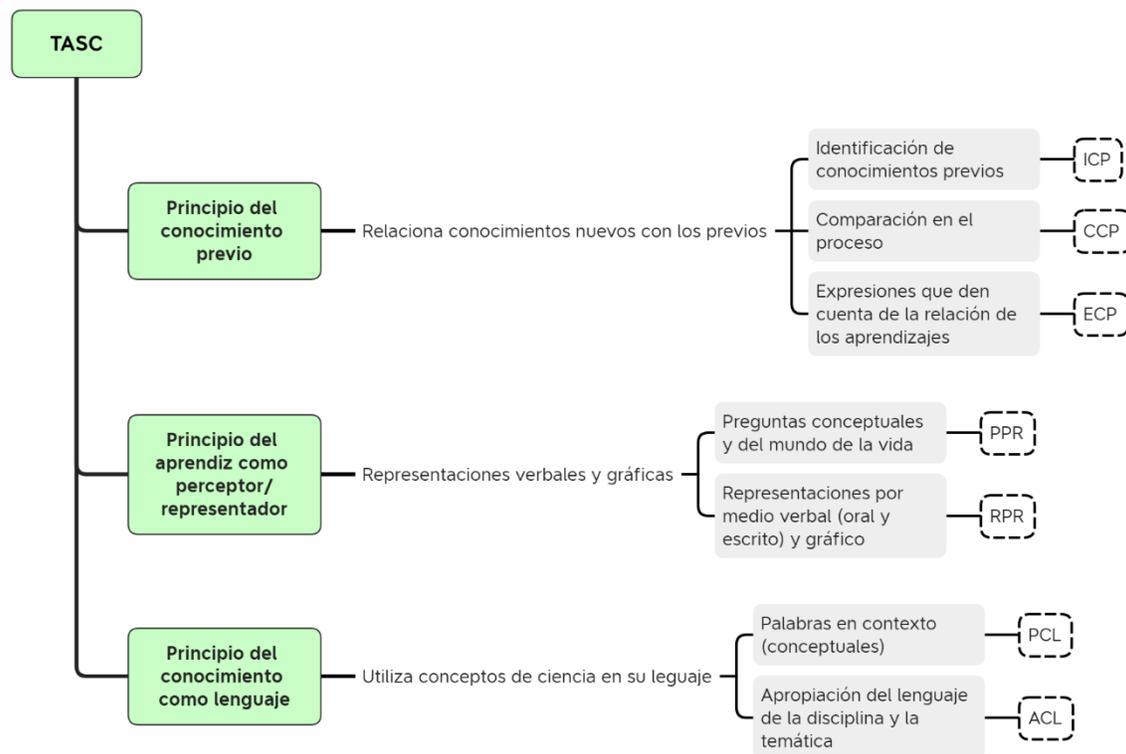
En los siguientes apartados, se desarrolla de manera secundaria el aporte de los principios del DUA según algunas evidencias recogidas de los instrumentos.

6.2 Identificación de los principios facilitadores de la TASC

El análisis de esta categoría pretende encontrar evidencias de un aprendizaje significativo crítico por parte de los estudiantes, que son indicados por los principios de la TASC descritos en el marco teórico. En la **Figura 10** se encuentran los principios de la TASC tenidos en cuenta para esta investigación, seguido de la subcategoría que indica las evidencias que permiten el análisis de la categoría, lo que se pretende buscar en los instrumentos y el código asignado para cada elemento de búsqueda. Dicha codificación estará presente en el análisis para precisar sobre las evidencias identificadas que dan cuenta de cada principio.

Figura 10

Evidencias de las subcategorías y su codificación correspondiente



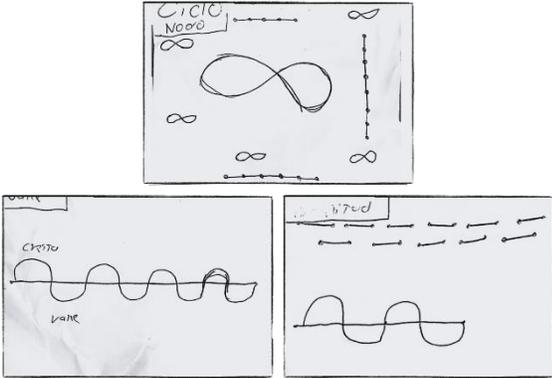
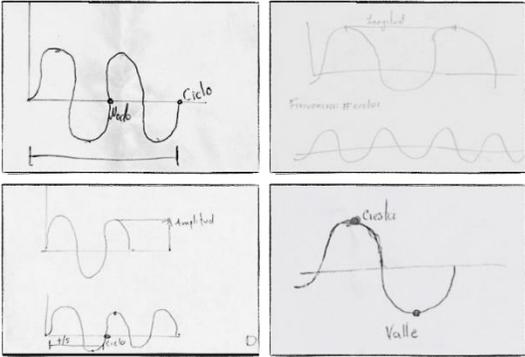
Presented with xmind

A partir de este punto, se separa cada una de las actividades propuestas para hacer un análisis por sesiones, principalmente de las evidencias que dan cuenta de la categoría relacionada a la TASC, con el fin de identificar las tendencias de cada actividad y así brindar un análisis sistemático y en orden cronológico que permite la visualización del avance progresivo tanto del aprendizaje de los participantes como de la relación entre actividades. Es importante aclarar que el avance en el conocimiento adquirido por los participantes se analiza no como un estudio de inicio y final, sino más bien, para retomar el proceso y observar las evidencias que dan cuenta del aporte de la TASC, como lo señala la descripción de la categoría.

6.2.1 Análisis Tendedero ondulatorio

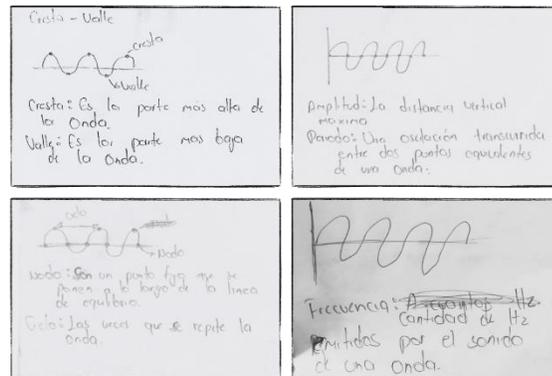
El proceso de análisis empieza con la actividad TO1, la cual fue la inicial del proceso de aprendizaje de las ondas sonoras. Se realizó con la intención de obtener un diagnóstico del conocimiento por parte de los participantes sobre los elementos de las ondas. A continuación, en la **Tabla 9** se presentan los resultados por cada estudiante de todos los elementos propuestos a representar.

Tabla 9
Representaciones por cada participante en TO1

Participante	Representación	Interpretación
EC		<p>El participante muestra algunas deficiencias en la representación de los elementos de la onda. Aunque es capaz de graficar una onda y reconocer la línea de equilibrio, no especifica adecuadamente las características de los nodos y la longitud de onda, ni comprende completamente los conceptos de ciclo y amplitud. Sin embargo, logra ubicar correctamente la cresta y el valle. Se observa una falta de comprensión sobre los elementos de la onda, lo que sugiere una necesidad de reforzar los conocimientos previos y brindar una mayor claridad sobre estos conceptos.</p>
ED		<p>Las respuestas de este participante indican un buen manejo general de los conceptos, mostrando conocimientos previos adecuados en la mayoría de los aspectos. Sin embargo, se identifican algunas respuestas que requieren ser clarificadas y complementadas. En particular, aunque el participante demuestra comprensión de la mayoría de los conceptos, se observa la necesidad de tener una mayor precisión en la respuesta sobre la frecuencia, donde se requiere relacionar las oscilaciones con el tiempo. Además, se destaca una representación gráfica adecuada de varios elementos, como el nodo, la longitud de onda, la amplitud, el período, la cresta y el valle. Se reconoce correctamente la relación entre la frecuencia y la cantidad de ciclos, aunque se nota la falta de especificación en la representación del ciclo, donde se</p>

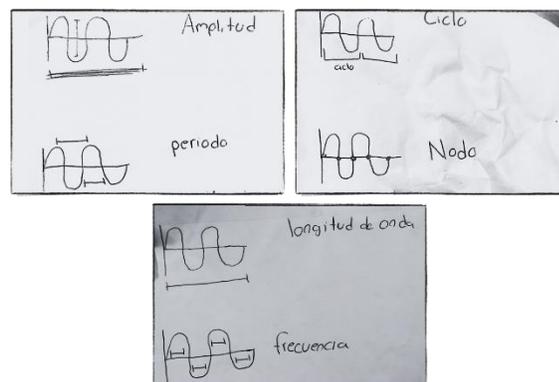
identifica una discrepancia entre las dos imágenes presentadas.

EJ



Este participante muestra un enfoque distinto al representar los elementos de la onda, utilizando tanto dibujos como definiciones para expresar su comprensión del tema. Esto sugiere una buena apropiación del tema y un intento de ofrecer una representación más completa. Aunque describe y define adecuadamente algunos elementos, como la cresta, el valle, la amplitud, el nodo y el ciclo, se observa una falta de precisión en otros aspectos. Por ejemplo, aunque proporciona una definición adecuada del periodo, se echa de menos una precisión adicional sobre el tiempo que demora cada oscilación. Asimismo, aunque menciona correctamente la unidad de medida de la frecuencia (Hz), no ofrece una representación o definición clara de este elemento. A pesar de estas limitaciones, el participante demuestra un conocimiento previo sólido, que se refleja tanto en sus representaciones gráficas como en sus definiciones, donde utiliza términos como 'línea de equilibrio', 'Hz', 'distancia vertical máxima' y 'oscilación'. Esto indica un nivel de comprensión significativo, aunque existen áreas que podrían beneficiarse de una mayor claridad y precisión en la representación y definición de algunos conceptos.

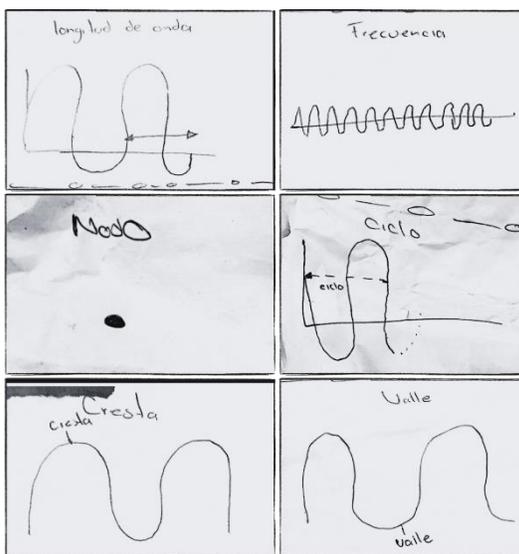
EM



Se observa que las representaciones más precisas se relacionan con el ciclo y el nodo, donde el participante ofrece una comprensión adecuada de estos conceptos. Sin embargo, hay conceptos donde se identifican falencias. Aunque el periodo está correctamente representado gráficamente, se echa de menos una clarificación adicional sobre su definición, que se refiere al tiempo que demora cada oscilación. En cuanto a la amplitud y la longitud de onda, se identifica un acercamiento al concepto, pero con algunas falencias en la ubicación de los puntos correspondientes. Específicamente, la amplitud se confunde a veces con la distancia entre valle y cresta. Además, no se hace mención del tiempo como factor importante en algunos elementos de la onda, como el

periodo y la frecuencia, ni se destacan las unidades de medida asociadas a cada elemento. En general, se reconoce un nivel de comprensión, pero se identifican áreas que podrían beneficiarse de una mayor claridad y precisión en la representación y definición de algunos conceptos.

EN



El participante muestra una representación competente de los conceptos tratados, destacando un buen dominio de los conocimientos previos. Sin embargo, se identifican algunas áreas donde se requiere una mayor precisión. Por ejemplo, en el caso del nodo, aunque se reconoce que el participante tiene una comprensión general de lo que representa, falta precisión en la representación gráfica y en la contextualización de su ubicación en la onda. En cuanto a la frecuencia, aunque se evidencia una buena intención al intentar representar la cantidad de ciclos, se requiere una clarificación adicional sobre la relación entre la frecuencia y el tiempo. En general, las representaciones son sólidas y reflejan un buen dominio de los conceptos, aunque algunos podrían beneficiarse de una mayor precisión y claridad en la representación y explicación de los elementos de la onda

En este análisis se puede observar la diversidad del grado de comprensión de los conceptos relacionados con los elementos de las ondas entre los participantes, algunos muestran un entendimiento más completo y preciso, mientras que otros presentan falencias en la conceptualización, como era de esperar en una actividad de conocimientos previos. A pesar de estas diferencias individuales, en general, se nota una adecuada utilización de los saberes previos por parte de los participantes, lo que indica que poseen cierto conocimiento sobre el tema. Sin embargo, se requiere complementar ciertos aspectos para una comprensión más completa, además se evidencia la importancia de precisar en la conceptualización de algunos elementos de las ondas, debido a que se observan falencias o falta de claridad en la expresión de los conceptos, como por ejemplo el nodo. Particularmente en este elemento tienen claridad con relación a que es un punto, pero la mayoría no detallan en qué parte de la onda está ubicado o qué características cumple.

Los participantes puntualizan en que "el nodo no es solo un punto y ya, el nodo es un punto que debe estar en la línea de referencia y que haga parte de la onda" (DCC, 12 de septiembre); estas fueron las palabras de un participante al observar la representación de una compañera la cual carecía de algunas precisiones. Del mismo modo, ocurre con la longitud de onda, representan una distancia, pero no de qué punto a que punto en particular.

La realización de esta actividad permitió que los estudiantes participaran activamente y tomarán la voz para debatir entre ellos, sobre las precisiones necesarias a realizar para llegar a un consenso de cómo mejorar dichas representaciones; este acto posibilitó una mejora en algunas definiciones de los elementos tratados. Esta participación de los estudiantes refleja el alcance de los principio de la TASC, que implica la no utilización de la pizarra y el abandonar la narrativa, esta práctica desvirtúa la educación tradicional donde el profesor es el protagonista, dando lugar a que sean los mismos estudiantes quienes sean los responsables de su propio proceso de aprendizaje al intervenir en la socialización de la actividad y así negociar de alguna manera los significados o representaciones de algunas percepciones previas que no están correctas sobre los elementos de la onda, favoreciendo así mismo el principio del aprendiz como perceptor representador (RPR; ECP), gracias a los cambios realizados por cada estudiante a causa del acuerdo entre ellos, así mismo otros principio de la TASC que se favorece en esta actividad es el conocimiento previo, en virtud de que los participantes reflejan el uso de saberes ya concebidos, que dan muestra de la representación propia que han creado sobre algunos elementos de las ondas (ICP).

Por otro lado, según las respuestas de los participantes, es claro que para todos ellos la variable tiempo no es percibida en relación con los elementos de las ondas sonoras, puesto que en los dos conceptos en que se relaciona dicha variable (frecuencia y periodo) no existe mención alguna. En consecuencia a esto, se resalta la necesidad de mejorar la expresión de conceptos clave como el periodo y la frecuencia, asegurando que se comprenda completamente su significado y su relación con otros elementos de las ondas.

Posterior a esta actividad donde los participantes representan y/o definen algunos elementos de la onda, se colgaron los papelitos con sus respuestas en un alambre dulce, con el fin de que cada participante visualizara el trabajo de sus compañeros y se socializara de manera conjunta cada uno de dichos conceptos, con la intención de que los participantes refuercen sus representaciones y/o definiciones, además de aclarar posibles dudas. En este punto es posible identificar un acercamiento por parte de los estudiantes a cierto dominio conceptual en el lenguaje de esta

disciplina, lo cual implica que el principio del conocimiento como lenguaje sea impulsado, lo anterior se manifiesta cuando los estudiantes en medio de sus aportes e intervenciones hablan de los símbolos propios de la temática como, por ejemplo, la importancia de que los nodos estén en la línea de referencia y la onda (ALC).

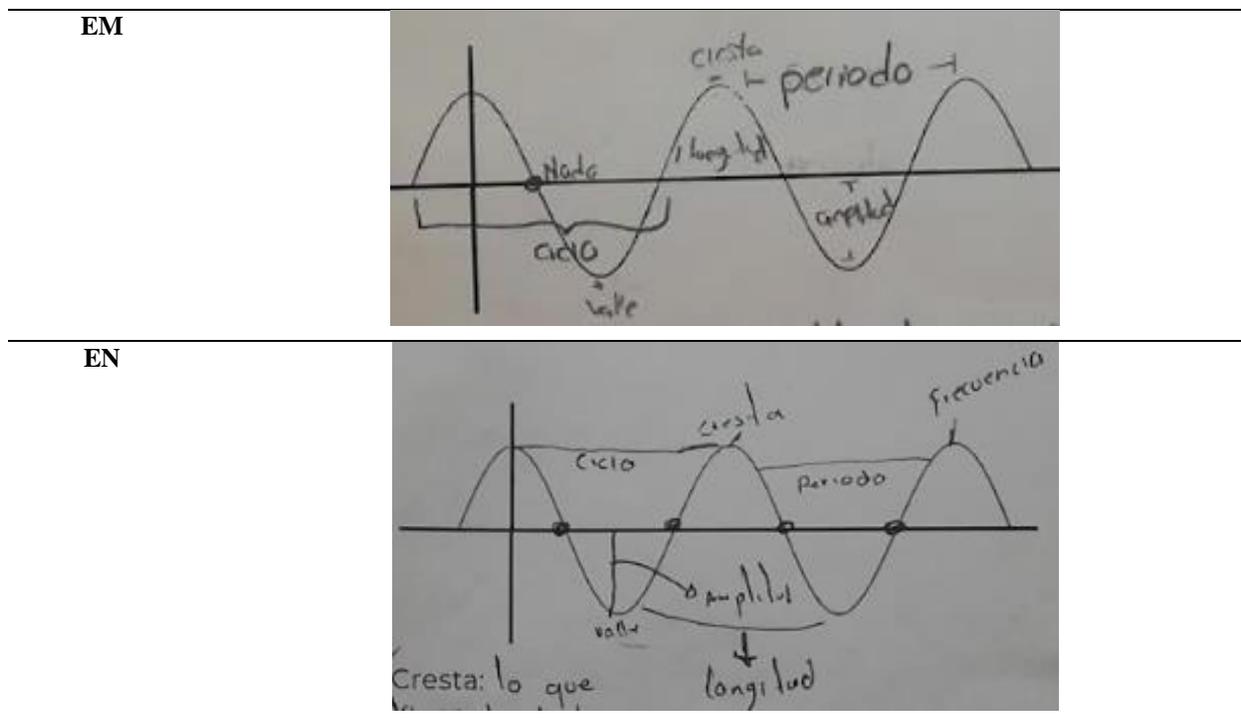
En general, al analizar las respuestas de cada uno por medio de sus representaciones orales, escritas y gráficas se pueden identificar los conocimientos previos (ICP) y expresiones que dan cuenta de aprendizajes anteriores como por ejemplo al momento de precisar sobre cada elemento de la onda (ECP) aportando a la subcategoría de conocimientos previos. Además, los elementos que aportan a la segunda subcategoría tienen que ver justamente con la manera en que cada participante es portador de conocimiento, siendo capaz de plasmar sus ideas por medios diferentes (RPR). Finalmente, las palabras de la disciplina que fueron usadas dentro de un contexto específico de la física manteniendo la construcción conceptual dan cuenta de la apropiación del lenguaje de las ondas (ACL) y de su capacidad de utilizarlo cuando se habla de ondas (PCL).

Las conclusiones individuales resaltan la diversidad en la comprensión y expresión de los conceptos relacionados con las ondas, señalando la importancia de la precisión conceptual y la necesidad de reforzar ciertos aspectos para lograr una comprensión más completa del tema.

Finalmente se realiza nuevamente una actividad relacionada con la definición de estos conceptos. Estas nuevas representaciones de los elementos de la onda están separadas en dos esquemas, el primero es donde están ubicados los elementos de la cresta, el valle, el nodo y el ciclo, que se pueden observar en la **Tabla 10**.

Tabla 10
Representaciones posteriores a la socialización en TO2

Participante	Representación
ED	<p>A hand-drawn diagram of a sine wave on a horizontal reference line. The wave oscillates above and below the line. Labels include: 'Cresta' at the first peak, 'valle' at the first trough, 'nodo' at the first point where the wave crosses the reference line from negative to positive, 'Inicio ciclo' at the start of the first full cycle, 'fin ciclo' at the end of the first full cycle, 'Longitud' for the length of one cycle, 'Amplitud' for the height from the reference line to the peak, and 'Ciclo' for one full cycle.</p>



En la tabla anterior se puede apreciar que todos los participantes situaron de manera adecuada los elementos de la onda en la gráfica, evidenciando así una mejoría notable con respecto a la actividad TO1 en cuanto a la representación. Puede entonces decirse que tuvieron un avance en el aprendizaje (CCP) luego de tener una retroalimentación y socialización con los otros participantes, donde se pudieron precisar algunos conceptos que se evidencia que quedaron más claros posteriormente.

Mas adelante en la **Figura 19**, el participante EM reconoce y expresa de manera explícita la importancia de los conocimientos adquiridos anteriormente para abordar las simulaciones, exhibiendo así la conexión existente entre los aprendizajes anteriores y los nuevos.

Para complementar la ubicación de los elementos de la onda, se propuso también definirlos. Por lo que en la **Tabla 11** se presentan los resultados de la cresta, el valle, el nodo y el ciclo.

Tabla 11
Definiciones de algunos elementos de la onda en TO2

Participante	Cresta	Valle	Nodo	Ciclo
ED	“Lugar más alto de una onda”	“Lugar más bajo de una onda”	“Lugar en la línea de equilibrio situado entre una cresta y un valle”	“Lugar al llegar de un punto a el mismo pero avanzado”

EJ	“Es el punto más alto de la onda”	“Es la parte más baja de la onda”	“Son un punto referencial en la línea de equilibrio”	“Las veces que se repite la onda”
EM	“Punto más alto de una onda”	“Punto más bajo de una onda”	“Punto de referencia donde pasa la onda en la línea”	“Cuando se repite la onda”
EN	“Lo que está arriba de la onda”	“La parte baja de la onda”	“Puntos en donde toca la línea de equilibrio”	“Donde la onda empieza y termina para comenzar de nuevo”

En cuanto a los elementos de cresta, valle y nodo se puede notar que fueron entendidos conceptualmente desde los conocimientos previos de buena manera, por lo que no necesariamente hay un avance y unión de aprendizajes. Sin embargo, se está conectado con los saberes previos y reafirmando los aprendizajes con buenas definiciones en contexto. Lo anterior se puede notar en el momento en que son capaces de definir con palabras lo que significa cada elemento después de haberlo ubicado y representado en la onda, lo que implica que están utilizando sus saberes previos, además que pudieron afinar sus conocimientos (RPR).

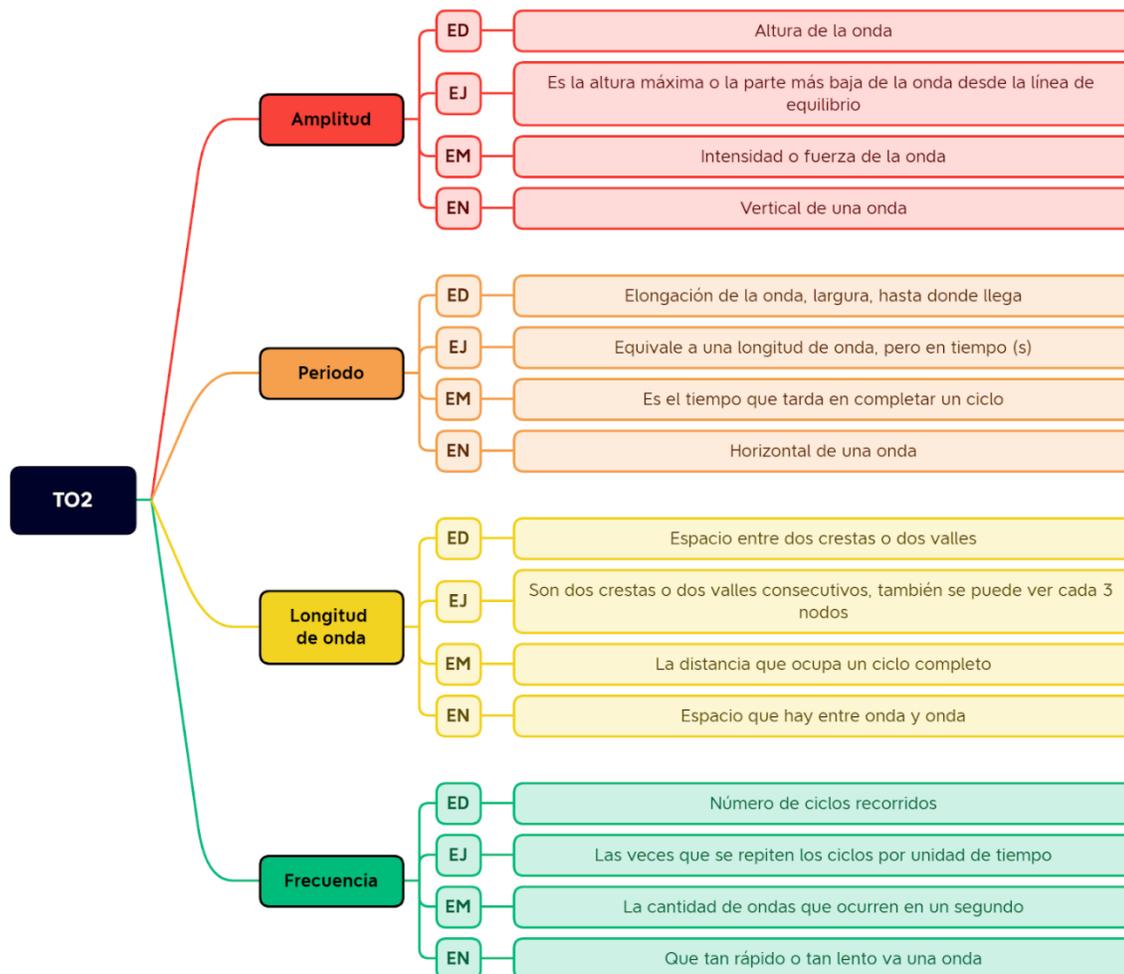
En cuanto al ciclo es entendido como un lugar, un momento y una cantidad. Puede entenderse que gráficamente saben dónde se ubican, pero no lo que quiere decir este concepto y lo que representa en una onda.

En esta tabla donde están definidos los elementos de las ondas, se puede apreciar que faltan algunas precisiones en la escritura para brindar una mayor claridad, aunque es notoria la mejoría de la conceptualización de dichos elementos teniendo en cuenta la actividad TO1, como por ejemplo el nodo, en este segundo ejercicio ya se habla de la línea de equilibrio y se puede notar una relación entre la onda y esta línea, lo que permite visualizar que algunos de los conceptos fueron refinados en esta segunda actividad.

El segundo esquema está relacionado con los elementos de las ondas que no están anteriormente nombrados, con el fin de interpretar las evidencias que aportan a cada una de las categorías de análisis. Se propone en la **Figura 11**, observar el proceso de apropiación de los conceptos de los participantes en cuanto a cuatro conceptos principales de todas las sesiones: amplitud, periodo, longitud de onda y frecuencia.

Figura 11

Respuestas a definición de conceptos principales en TO2



Presented with xmind

En esta actividad es evidente el progreso en cuanto a la precisión conceptual de los elementos de la onda en comparación con la actividad TO1, puesto que en dicha actividad una falencia común en los participantes fue la poca conceptualización de estos elementos, lo que permite determinar que la socialización de los conceptos sirvió como actividad complementaria para mejorar dichas definiciones y quizás para comprender de una mejor manera la representación de los elementos.

Al describir detalladamente cada uno de estos, la amplitud es el único elemento de las ondas donde los cuatro participantes realizaron una definición adecuada, mostrando así un avance notorio

en la comprensión del elemento, aunque con cierta discrepancia entre los participantes al igual que en la primera actividad con la diferencia de que estas respuestas fueron más precisas. EJ y EM proporcionaron definiciones muy completas, expresando que la amplitud puede ser tomada como la distancia más alta o más baja con respecto a la línea de equilibrio y definiendo la amplitud como la intensidad de una onda respectivamente, la primera definición muestra una apropiación del término debido a que no importa si es la distancia por encima o por debajo de la línea de equilibrio, lo importante es que es la mayor distancia, la segunda es una definición a la cual se espera que todos los participantes lleguen más adelante con esta intervención cuando se relacionen los elementos de las ondas con las cualidades del sonido, las descripciones de ED y EN aunque son muy concisas podrían ser un poco más precisas. Cuando los participantes hacen uso de algunas palabras relacionadas con la temática, comienzan a construir nuevos aprendizajes teniendo como consecuencia la apropiación del lenguaje (ACL).

Con relación a la frecuencia y el periodo aunque hay algunas respuestas incorrectas o incompletas por lo menos en algunas definiciones ya se refleja y relaciona la variable del tiempo, nuevamente los estudiantes EJ y EM se destacan por sus respuestas, debido a que sus apreciaciones de esta actividad con respecto a la anterior están más completas y claras, específicamente cuando mencionan el periodo ya hacen referencia al tiempo y en la frecuencia dan cuenta de la relación entre la cantidad de ciclos con el tiempo, caso contrario es el de ED y EN que en relación con el periodo dan a entender que piensan en una distancia horizontal y no en el tiempo, en cuanto a la definición de frecuencia a ED le falta relacionar ese número de ciclos que menciona con la variable tiempo, en cambio EN presenta una consecuencia de la frecuencia misma aunque también se puede tomar como una definición, lo que sorprende ya que es una conclusión a la que se esperaba llegar más adelante de esta implementación; en lo que concierne a la longitud de onda los cuatro participantes de una u otra manera se acercan a dicha representación de manera adecuada, como se viene nombrando algunas un poco más completas que otras, pero en este elemento no hay mucha diferencia, solo queda por decir que podrían mejorar un poco al ser más precisas dichas respuestas.

La socialización de definiciones sobre los elementos de las ondas y la posterior comparación de las respuestas de antes y después de este proceso arrojan importantes reflexiones sobre el valor de la interacción y el contraste de conocimientos previos. Esta actividad proporciona una plataforma para la construcción colectiva del conocimiento y destaca la importancia de dos aspectos clave en el proceso de aprendizaje.

En primer lugar, resalta la relevancia de la socialización en el proceso educativo, al compartir y discutir las definiciones de los elementos de las ondas entre los participantes, se crea un ambiente de colaboración que promueve el intercambio de ideas y perspectivas relacionadas con el entorno de cada uno, además de brindarle a los participantes ese protagonismo de participar activamente en la construcción de conocimiento; este diálogo activo estimula el pensamiento crítico y la reflexión, permitiendo que los participantes accedan a una diversidad de interpretaciones, lenguajes y enfoques sobre el tema. Como resultado, las definiciones se enriquecen con una variedad de puntos de vista, lo que contribuye a una comprensión más profunda y completa del tema; en segundo lugar, evidencia la importancia de realizar una actividad para tener en cuenta los conocimientos previos de los participantes y contrastarlos después, lo que permite identificar algunas concepciones erróneas, falencias de comprensión y áreas de fortaleza de los participantes, esto permite adaptar las estrategias de enseñanza y enfocarlas a las necesidades específicas del grupo. Al contrastar los conocimientos previos con las definiciones socializadas, se brinda a los participantes la oportunidad de reflexionar sobre sus propias ideas, confrontarlas con las de sus compañeros y revisarlas a la luz de nuevas perspectivas. Esta comparación fomenta una revisión crítica de las concepciones iniciales y promueve el desarrollo de un entendimiento más sólido y preciso del tema.

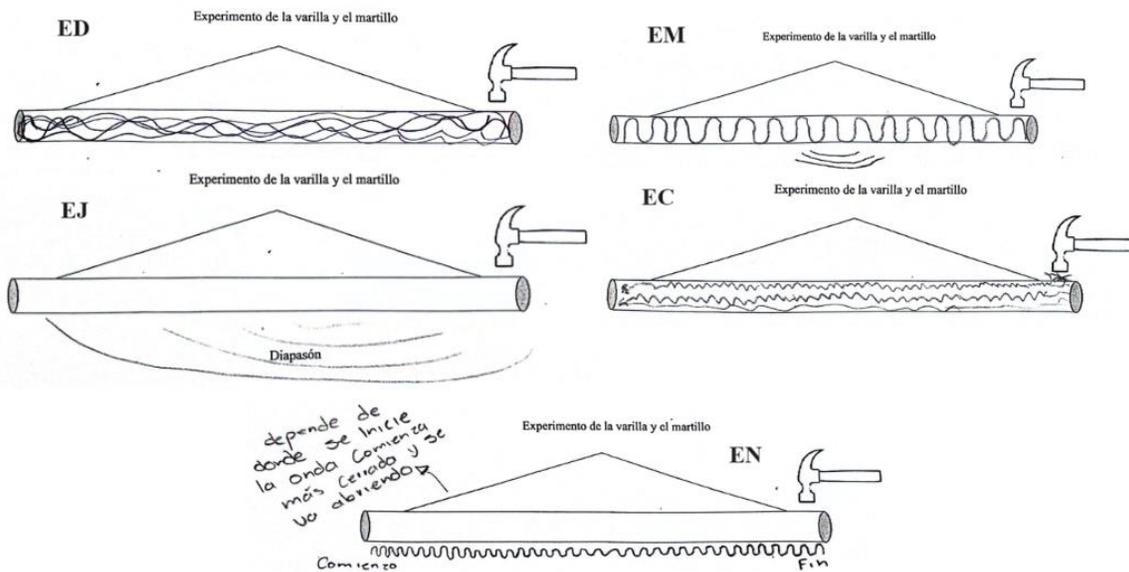
En conclusión, pudo evidenciarse que las subcategorías relacionadas a los principios de la TASC aportaron a la construcción de aprendizajes por parte de los estudiantes en cuanto se tuvo la suficiente información para sacar a flote algunas evidencias que se esperaban de acuerdo con la **Figura 10**. Además, las estrategias que habilitan a los participantes para empoderarse en el proceso de enseñanza y aprendizaje no solo hacen que las experiencias educativas sean más significativas, sino que también fomentan la construcción activa del conocimiento, lo que les permite desarrollar una comprensión más profunda y crítica del mundo que les rodea. Lo anterior, da pie a explorar el aporte de los principios del DUA con las diferentes opciones de respuesta que pudieron tenerse en la actividad y realizar una retroalimentación, no solo por parte de los investigadores, sino también por parte de los mismos participantes.

6.2.2 Análisis Propagación de ondas sonoras

Se continúa el análisis de AEF para seguir con el proceso de aprendizaje. En esta sesión se mostraron e hicieron una serie de experimentos de los cuales los participantes debían imaginarse cómo se verían las ondas sonoras, por lo que se muestran algunas representaciones de ellos en la **Figura 12**.

Figura 12

Representación de las ondas sonoras en el experimento de la varilla y el martillo



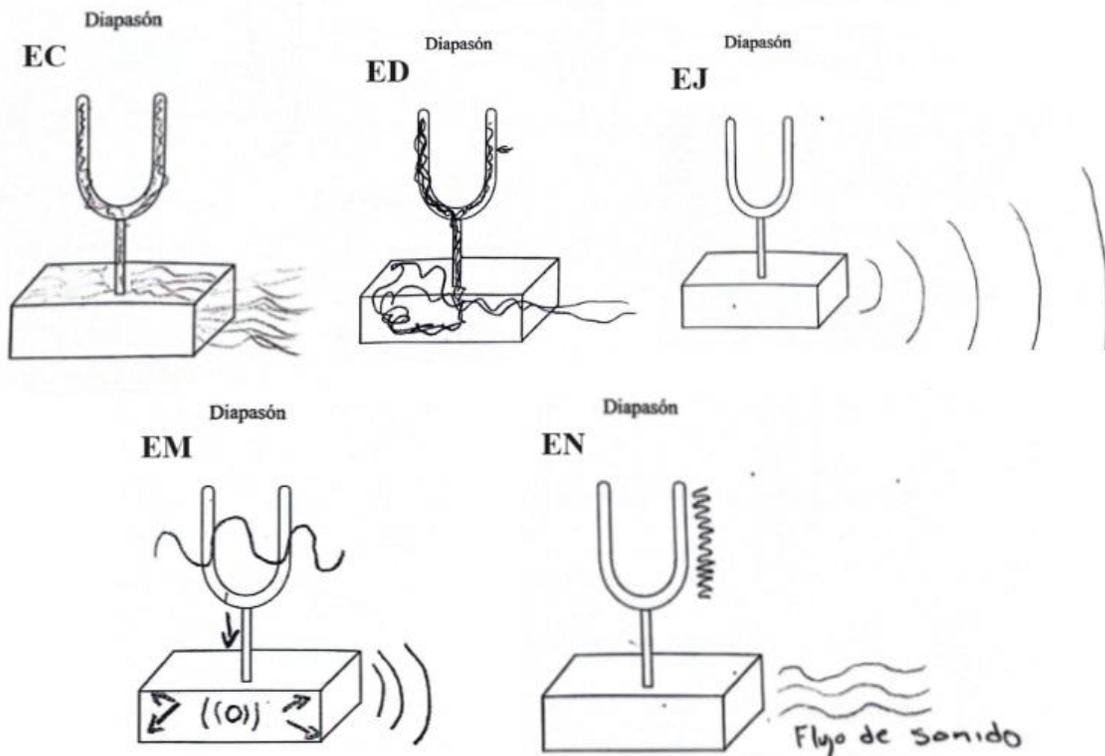
Los estudiantes EM y EN muestran una asociación de la propagación del sonido con la representación gráfica tradicional de una onda, con valles y crestas, aunque con una diferencia importante: mientras EN representa la propagación fuera de la varilla, EM la representa al interior de la varilla. Además, se destaca que algunos participantes, como EJ y EM, muestran líneas representando el sonido fuera de la varilla, lo cual guarda cierta similitud con las ondas tridimensionales del sonido, pero al mismo tiempo refleja una incongruencia con la teoría al mostrar la propagación del sonido en una sola dirección. Por otro lado, los participantes ED, EM, EC y EN interpretan que las vibraciones que producen sonido se propagan sólo dentro de la varilla, no en el medio circundante. Entre ellos, algunos incorporan el sonido como una vibración (EC y EN), otro como la representación de la onda senoidal (EM) y como un conjunto de sonidos y ondas que se propagan dentro del tubo. Únicamente el participante EJ representa las ondas fuera de la

varilla, indicando su propagación hacia abajo. Sin embargo, ninguno logra representar completamente la onda esférica debida a la propagación del sonido en todas direcciones.

El siguiente experimento de interés es el del diapasón. Pueden observarse las representaciones de los participantes en la **Figura 13**.

Figura 13

Representación de las ondas sonoras en el experimento del diapasón



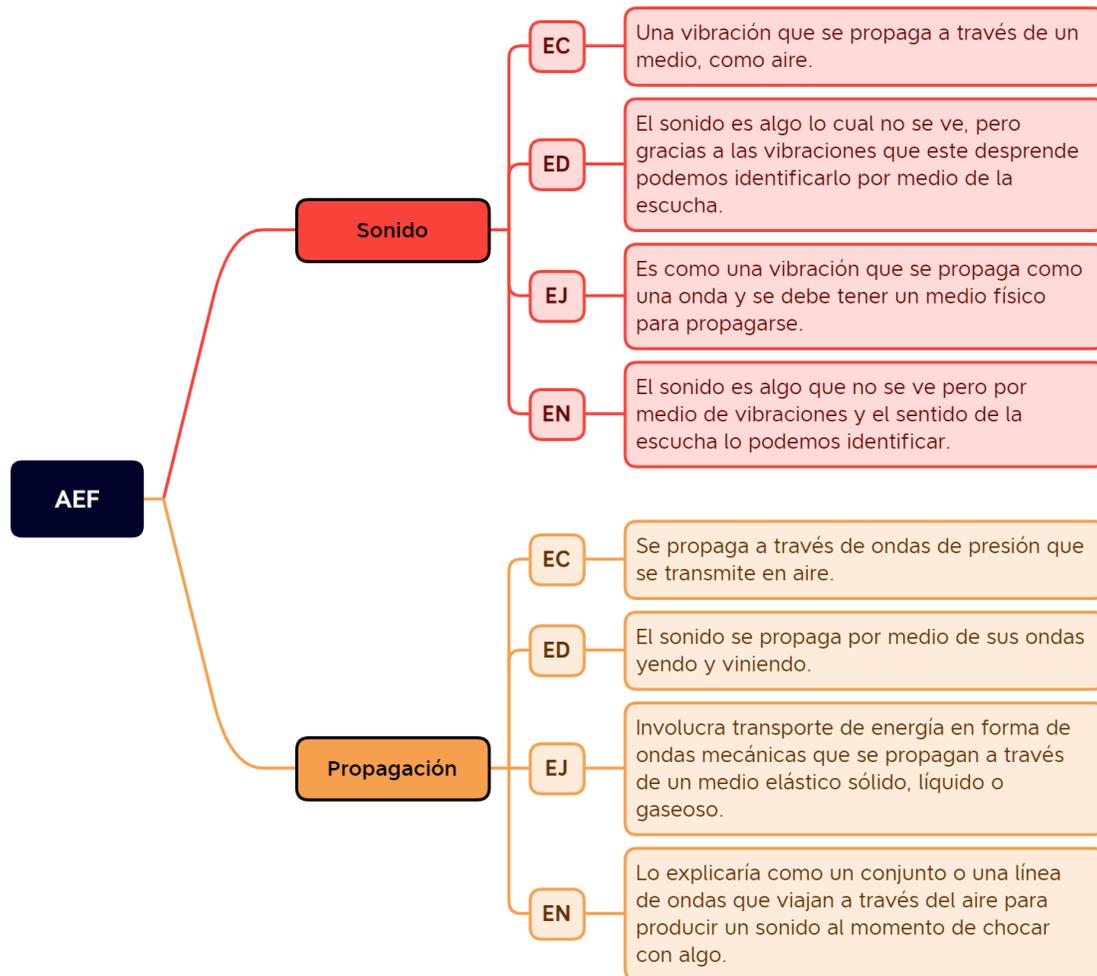
En el experimento del diapasón con caja, los estudiantes coinciden en que el sonido sale de la caja, lo cual se relaciona con la explicación de que se trata del amplificador debido a que alcanza la resonancia. Se observa que algunos participantes (EC, ED, EN) indican la vibración de los dientes del diapasón en sus representaciones. Además, se puede interpretar la representación como un flujo de aire que sale de la caja. En cuanto a la representación de las ondas tridimensionales al interior de la caja, solo el participante EM se acerca a esta representación, aunque luego muestra que el sonido tiene una trayectoria unidireccional (hacia afuera de la caja), una apreciación compartida por todos los participantes. Sin embargo, nuevamente EJ y EM representan este recorrido con líneas similares a las ondas tridimensionales, pero solo en una dirección. Únicamente

EC y ED presentan una perturbación desde las barras del diapasón hasta la caja de este. Es relevante destacar lo mencionado por el participante EN sobre el "flujo de sonido", que emplea una terminología sistemática del área de la física. Este tipo de actividad permite relacionar lo que pasa en el mundo real con las representaciones que tienen los participantes al tener experiencias y conocimientos que unen con los fenómenos físicos (RPR).

Seguida a esta actividad, se pidió a los estudiantes definir qué era el sonido y cómo se propagaba, a los que ellos respondieron de manera escrita lo correspondiente a la **Figura 14**.

Figura 14

Respuestas sobre sonido y propagación del sonido en AEF

Presented with **xmind**

Cuando se habla de sonido, se pueden mencionar dos características principales, el medio necesario para que se propaguen las ondas sonoras y las vibraciones que producen el sonido. Según las respuestas de los participantes en cuanto al sonido, es notable la intención de definirlo con relación a las vibraciones, lo que permite percibir cierta comprensión del fenómeno debido a dicha relación, aunque con algunas ausencias conceptuales, como por ejemplo en el caso de la propagación, es el sonido el que se propaga y no la vibración, caso contrario es el que manifiestan EC y EJ, que a su vez junto con ED y EN definen el sonido como una vibración, puesto que dan a

entender que gracias al sonido hay una vibración siendo correcta la manera inversa, vale la pena destacar que los participantes EC y EJ tuvieron en cuenta el medio de propagación para definir el sonido, igualmente ED y EN nombraron el sentido de la escucha como medio de identificación del sonido. En cuanto a la propagación, el participante EJ evidencia un dominio conceptual adecuado en cuanto a que expresa que las ondas transportan energía, son mecánicas y necesitan de un medio para viajar, reconociendo también que el medio no necesariamente es el aire y puede viajar en diversos estados de la materia, dicha respuesta deja ver una adecuada apropiación del lenguaje por parte de EJ. Por otro lado, el estudiante EC reconoce que la propagación del sonido viaja con ondas de presión, conocimiento adquirido de la visualización del video donde se mostraban las partículas.

En general, puede decirse que los participantes presentan una apropiación del lenguaje debido a que expresan sus ideas con respecto a que el sonido es generado por vibraciones y que se propaga a través de un medio. De esta manera puede evidenciarse un ASC en cuanto al comienzo del dominio de los conceptos que componen la temática (PCL; ACL) y las representaciones que hacen del mundo de acuerdo con cómo lo perciben y qué conocen (ICP; RPR).

En esta misma actividad el participante EM respondió de manera oral a estas dos preguntas, en la **Figura 15** esta las transcripciones para su debido análisis.

Figura 15

Propagación y sonido según EM

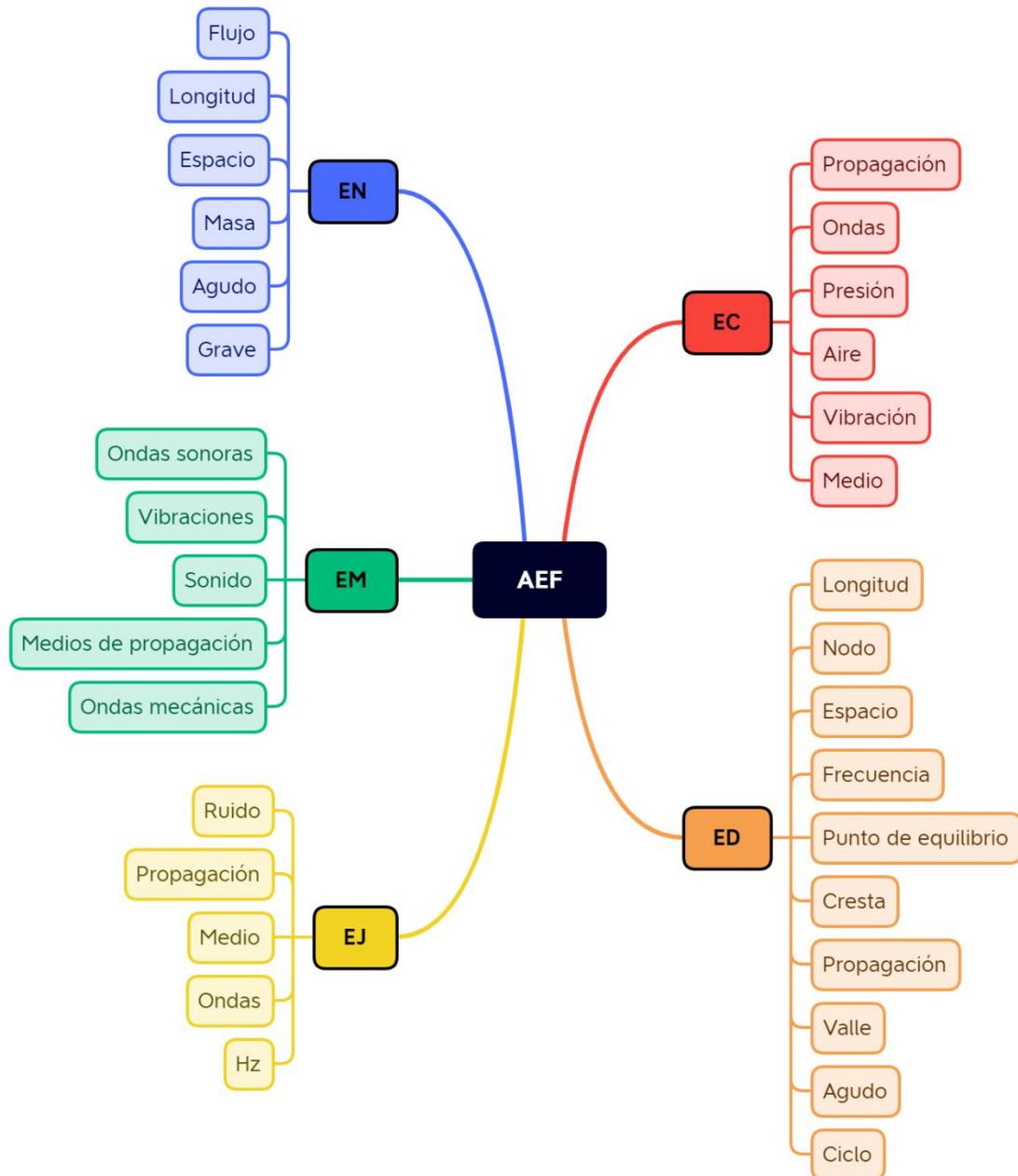
“El sonido es literalmente un tipo de onda, el cual necesita un medio de propagación para poder mecanizarse. El sonido en sí, es una vibración de varios tonos, mejor dicho es un tipo de vibraciones y genera el sonido. El sonido es generado por vibraciones y para que estas se puedan escuchar necesitan un medio de propagación, por ejemplo el aire; si estos están interrumpidos digamos por una pared, el sonido se hace más bajo, ya que el aire no va a estar pasando por esas paredes y no se va a escuchar”

El participante EM reconoce la onda sonora como un tipo de onda producida por vibraciones con la necesidad de un medio para propagarse que no es solo el aire. Es importante la mención de los tonos ya que esto implica un conocimiento acerca de los diferentes sonidos producidos por diversas frecuencias. Relaciona los tonos con “un tipo de vibración”, pero no se menciona la cantidad de vibraciones por unidad de tiempo. A pesar del reconocimiento de otros medios (no solo el aire) para que pueda propagarse el sonido, al momento de su explicación, argumenta que la presencia de una pared (un medio sólido) el sonido no se va a escuchar porque el aire no pasa. Esto implica que no concibe la pared como un medio de propagación para las ondas sonoras.

En otro momento de la actividad AEF, los estudiantes participaron escribiendo palabras que se utilizan en física para hablar de ondas sonoras (punto 3) las cuales se muestran en la **Figura 16**.

Figura 16

Palabras que usan los participantes para hablar de ondas sonoras

Presented with **xmind**

Los participantes EC, EM y EJ manejan palabras importantes trabajadas a lo largo de las actividades previas, donde se tocan temas sobre la propagación del sonido, el cual produce ondas

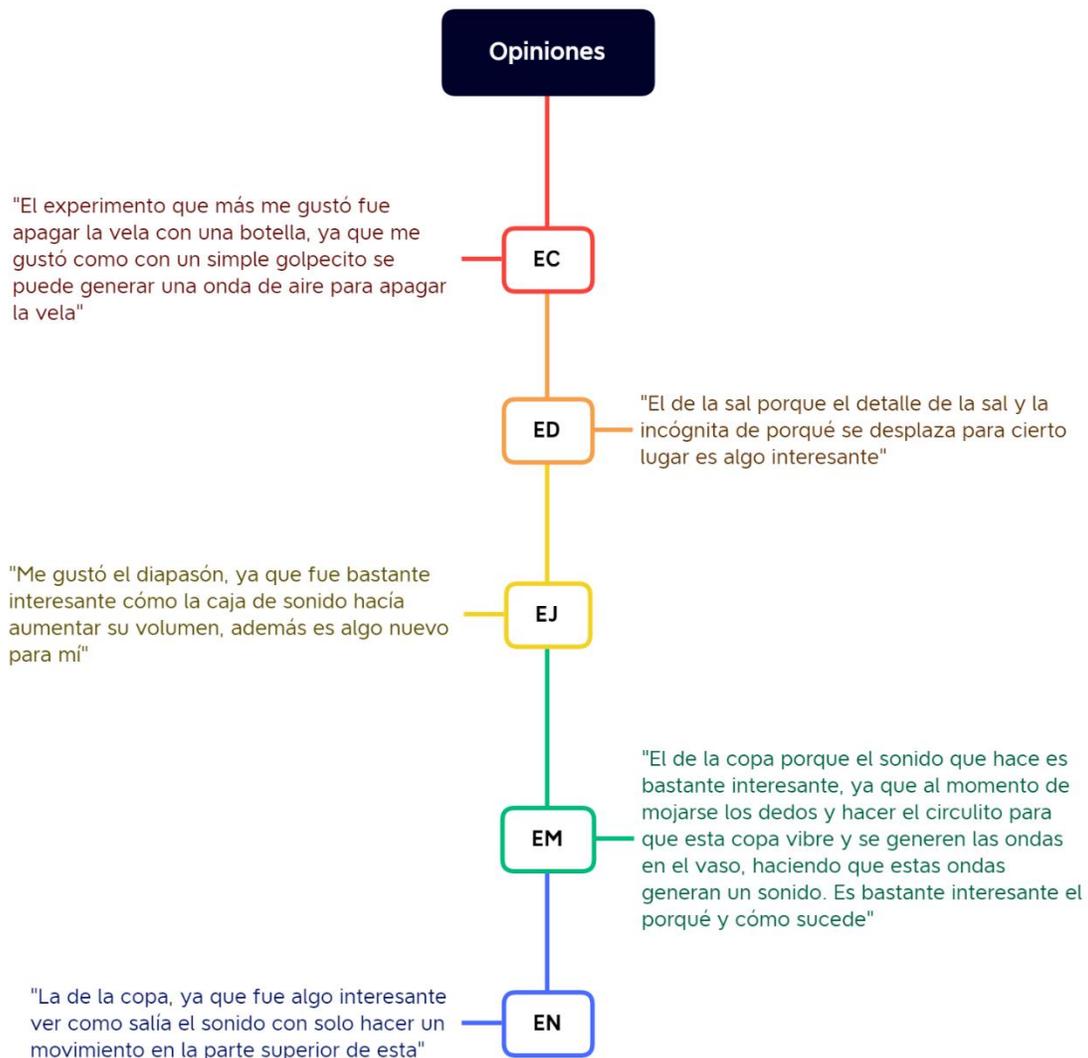
de presión en el medio, las representaciones de las ondas mecánicas, el aire como un medio de propagación y el sonido producido por vibraciones, además de Hz que refiere a la frecuencia. Los estudiantes ED y EN muestran más dominio de palabras asociadas a la primera actividad de los elementos de las ondas, pareciera ser que AEF no fue tan significativa para ellos, ya que las palabras que relacionan al hablar de sonido son más la de la representación de una onda en general. Llama la atención las palabras grave y agudo ya que son referentes al sonido, sin embargo, para este momento de la sesión no se tuvieron muy en cuenta. El participante EN menciona la palabra masa como una palabra relacionada con las ondas sonoras, sin embargo, no se menciona ya que la masa no modifica en ningún momento la onda. En DCJ se dice que “El participante EN comenta la relación que existe entre los sonidos graves con cuerpos de más masa y sonidos agudos con los que tienen menos masa” (26 de septiembre); puede entonces entenderse que el participante EN relaciona la masa con el sonido desde esa concepción.

En general puede decirse que algunos de los participantes definieron el sonido relacionándolo con los elementos de la onda y algunos fueron más precisos al describir el sonido desde conceptos que se trabajaron a raíz de los experimentos y el video, que estuvieron más enfocados a la relación de las ondas sonoras con las cualidades del sonido.

Es pertinente saber la opinión de cada uno de los participantes con respecto a los experimentos, ya que, por un lado, aporta información sobre la manera en que interactúan con otros elementos diferentes al tablero o al libro de texto, además de que aporta una mirada de sus dominios conceptuales. Las opiniones de cada uno de los participantes sobre el experimento que más le gustó esta esquematizada en la **Figura 17**.

Figura 17

Opiniones cada uno de los participantes sobre el experimento que más le gustó



Presented with xmind

Durante esta actividad, se pudo observar cómo los participantes que fueron seleccionados como casos y sus demás compañeros quedaron sorprendidos por la realización de los experimentos. Esta experiencia les permitió involucrarse de manera activa en las conversaciones y socializaciones relacionadas con la actividad. Este hecho se respalda en el siguiente apartado, “se destaca el interés que los estudiantes muestran al ver actividades diferentes en sus prácticas de enseñanza, lo que permite que ellos se apropien del espacio y participen constantemente” (DCC, 19 de septiembre).

Este interés y entusiasmo revelan el poco contacto experimental que han tenido previamente con los fenómenos estudiados. Se resalta, entonces, la importancia de vivir estas experiencias, ya que contribuyen a diversificar las formas de representar los fenómenos y a generar nuevas estrategias de enseñanza que pueden resultar más atractivas para los estudiantes. Durante los experimentos, se pudieron identificar aspectos fundamentales del sonido, como el volumen, a través del uso del diapasón, así como las vibraciones que producen el sonido.

Con la expresión “genera una onda de aire” se entiende la onda no como un transporte de energía sino de materia, concepto que se aclara en actividades posteriores.

6.2.3 Análisis Variación de la gráfica de la onda y sus elementos

Los siguientes resultados apuntan a los elementos de la onda y las relaciones entre variables que se tienen, además de los cambios que sufre la onda cuando estas variables son modificadas en su representación. Las respuestas en la **Tabla 12** son las correspondientes a los ítems uno, dos, tres y cuatro de ADG.

Tabla 12
Respuestas de los participantes a las preguntas de ADG

Participante	Respuesta	Interpretación
ED	1 “Se aumenta y disminuye la longitud de onda. Se alarga el tiempo en el que se recorre un ciclo. Aumenta el periodo”	Se evidencia un dominio conceptual por parte de los elementos de la onda trabajados anteriormente.
	2 “La longitud de onda puede variar. El tiempo es fundamental para saber otros valores”	La observación de la gráfica de una onda modificando algunas variables permite la comprensión de la manera de representar las ondas.
EJ	1 “Amplitud, periodo, frecuencia, longitud de la onda”	La comparación entre velocidades del sonido en diferentes medios permite inferir sobre la variación del sonido según diferentes medios.
	2 “Amplitud: Es la parte más alta (cresta) o baja (valle), desde un punto de la línea de equilibrio” “Longitud de onda: Es la expansión que tiene la onda”.	Puede aclararse la relación de variables como el periodo y la frecuencia ya que se muestra el aumento de uno con respecto a la disminución del otro.
	3 “Según el estado de la materia, la velocidad del sonido puede variar más rápido o más lento según el medio”	

4 “Si se aumenta el periodo, disminuye la frecuencia (Inversamente proporcional)”

De acuerdo con esta interpretación, vale la pena recordar que el participante ED relaciona el periodo con la elongación de la onda y la frecuencia con el número de ciclos recorridos en la actividad TO2. Sin embargo, como ya se había dicho, no menciona el tiempo como variable a tener en cuenta. En cambio, en esta actividad se resalta que ED reconoce el tiempo como una magnitud fundamental para la onda, lo que da cuenta de lo aprendido en sesiones anteriores, activando así sus conocimientos previos (CCP, ECP), además de representar e interpretar las variaciones en los deslizadores de GeoGebra.

Esta actividad permite observar que el estudiante ED al igual que EJ se expresan de una manera adecuada, utilizando términos característicos y apropiándose del lenguaje propio de la temática, lo que posibilita observar que ED y EJ reflejan el conocimiento como lenguaje (PCL, ACL), cabe resaltar que esto sucede no solo por utilizar palabras relacionadas con los conceptos sino también porque sus aportes con estas palabras tienen sentido y conexiones pertinentes.

Por otro lado, el desarrollo de esta actividad posibilitó relacionar la física y la matemática de manera indirecta en cuanto a la construcción de la onda y la geometría, pero de una manera más directa cuando EJ expresa que el periodo y la frecuencia son elementos de las ondas inversamente proporcionales, es decir, que cuando aumenta uno el otro disminuye, con esta respuesta dicho participante exhibe el principio de aprendiz como perceptor/representador (RPR) ya que representa con palabras la realidad que puede observar de los cambios generados en GeoGebra de acuerdo a sus concepciones sobre las ondas y sobre conceptos matemáticos; igualmente el principio de conocimiento como lenguaje (ACL) está presente debido a la apropiación de las palabras y el significado que tiene de la propiedad de la relación inversa.

De otra manera, esta actividad también permitió evidenciar que la motivación de los participantes puede verse afectada al involucrar actividades que fomenten la presentación de información y la explicación por parte del profesor, donde los estudiantes no tienen una participación tan activa como en las anteriores. En DCJ se anota que “el entusiasmo disminuye un poco al no ser actividades que impliquen más el cuerpo y el movimiento” (3 de octubre). Esto puede deberse a que las sesiones anteriores estuvieron permeadas de materiales interactivos donde los participantes tuvieron la voz principal, pero en general, esta dinámica promovió que los

participantes observaran los cambios de la gráfica de la onda con la respectiva variación de los deslizadores y así hallar esta propiedad que vincula la física y la matemática de manera directa.

Por otra parte, en cuanto a esta actividad no se tiene registros de las respuestas del participante EM, pero gracias al DCJ se puede rescatar su participación con la pregunta sobre la propagación del sonido en diferentes medios como una duda pendiente de la sesión anterior “¿Qué objetos son ejemplo de sólidos por los que se propaga la onda?” (3 de octubre), por lo que puede inferirse que no tiene claridad sobre la propagación del sonido en medios sólidos. Así mismo en AEF, este mismo participante ejemplifica que el sonido disminuye si se interpone una pared porque el aire no puede pasar por ahí. Aquí, puede decirse que, aunque comprende qué es el sonido, expresa ciertas dificultades con su propagación por medios diferentes al aire. Este aporte da cuenta de la representación que se hace a través de los conocimientos previos y del dominio del lenguaje (ICP, PCL) para poder formular una pregunta que da cuenta de la importancia de los medios en la propagación del sonido, que es una apropiación importante con el tema principal.

6.3 Contribución de las simulaciones computacionales utilizadas para la enseñanza y el aprendizaje de ondas sonoras

Este apartado comprende el análisis de las actividades que contemplaron la simulación de PhET y la plataforma virtual de CloudLabs, ya que aporta al análisis de la categoría que responde al aporte de las simulaciones computacionales descritas anteriormente en la matriz metodológica. Para el análisis de dichos aportes, se construye la **Tabla 13**, donde se especifica lo buscado en los fragmentos de los estudiantes.

Tabla 13

Evidencias de las subcategorías correspondientes a las simulaciones computacionales

Objetivo	Subcategoría	Evidencias
Contribución de las simulaciones computacionales utilizadas para la enseñanza y el aprendizaje de ondas sonoras.	Criterios relevantes para el diseño de la propuesta.	Accesibilidad, dominio conceptual, facilidad para manejarla.
	Aporte de la simulación a la comprensión del fenómeno físico.	Fragmentos sobre la comprensión con la simulación, avance en el dominio conceptual.

Puede decirse que la simulación, en cuanto al diseño de propuestas educativas que contemplan esta herramienta en específico es accesible, debido a que la simulación se encuentra en una plataforma gratuita en donde cualquier estudiante con acceso a internet puede hacer uso, además de no necesitar registro y poderse acceder a través de un enlace.

Se observa que la simulación conserva elementos importantes en el dominio de la disciplina en cuanto a que representa las ondas sonoras como esféricas y que no desplazan las partículas. Pueden evidenciarse momentos de mayor presión y de rarefacción cuando se pone a sonar la onda. Los instrumentos de medida que tiene son adecuados y conservan una escala real. También permite evidenciar el cambio en la frecuencia y la amplitud de forma visual y auditiva, permitiendo que se utilicen otros sentidos a la hora de interactuar con ella. Esto podría favorecer a estudiantes con alguna discapacidad visual al poder reconocer los cambios en la onda con sus variables.

Además de eso, la simulación presenta facilidad al manejarla ya que tiene botones a la vista y permite quitar o poner elementos como las partículas, la gráfica, la opción de pausa, para acomodar al gusto de la comprensión de cada uno.

En el siguiente apartado, se describe el análisis de las actividades que incluyen las simulaciones computacionales con el fin de aportar a la categoría correspondiente.

6.3.1 Análisis Simulaciones computacionales y ondas sonoras

Este apartado comienza su análisis con el instrumento ASP, el cual tuvo como protagonista al simulador Intro: ondas de PhET. Las respuestas del punto uno se encuentra en la **Tabla 14**.

Tabla 14

La simulación en cuanto a la propagación de las ondas sonoras

Pregunta	Participante	Medio	Fragmento	Interpretación
¿Crees que el simulador ayuda a comprender de manera clara la propagación de las ondas?, ¿por qué?	EC	Escrito	“Sí, porque es un medio digital en el cual podemos interactuar y poner a prueba las prácticas sobre ondas (prácticas que hemos hecho de manera física)”	De manera oral se aumenta el discurso y la capacidad argumentativa.
		Audio	“Sí, porque podemos interactuar muchísimo mejor en cuanto a la frecuencia y la amplitud. Tiene gráficas un poco más estáticas, un	La oportunidad de cambiar las variables permite entender e interpretar mejor el fenómeno, además de hacer actividades físicas previas para el acercamiento con el fenómeno y

		poco más viables para poder sincronizar la amplitud y la frecuencia y ese tipo de materiales digitales, también porque ya veníamos con una idea en cuanto a las pruebas físicas que hemos hecho, entonces de alguna u otra manera esas pruebas físicas nos ayudaron a comprender y poder manejar de manera más concreta y posible este tipo de herramienta digital para poder comprender y también visualizar de alguna u otra manera los tipos de onda, frecuencia y amplitud”	que tiene diferentes maneras de representar las ondas.
ED	Audio	“Creo que sí ayuda la verdad notoriamente porque en las clases pasadas yo no entendía las ondas cuando interactuaban con algún objeto o como se movían las partículas y en el simulador nos informan como las partículas se mueven, dándonos vistas lateral y vista superior y también cómo sonarían cuando las ondas van a una velocidad normal y lento y entonces el simulador aparte de eso nos da la opción de poder ver las partículas y poder ver la gráfica de la onda que se hace con el sonido que estamos escuchando”	Se confunde frecuencia con velocidad. Se logra entender el movimiento de las partículas, es decir, la propagación en un medio. Sin embargo, no se resalta la propagación de las ondas en todas direcciones. Se resalta el cambio de variables y la opción de visualizar las ondas de diferentes maneras. No se evidencia comentario sobre el sonido del simulador en cuanto al entendimiento de las ondas sonoras.
EJ	Audio	“Sí, porque la propagación se ve muy bien a la hora de cuando expande la onda. El color del fondo de la imagen es negro y con el cosito blanquito muestra como expande la onda, entonces se puede ver visiblemente muy bien y con las bolitas pues se ve que chocan, como que van y se devuelven y se vuelven a ir y así sucesivamente y es como un ciclo repetitivo”	Se resalta la representación de las partículas que permiten observar cómo viaja la onda
EM	Escrito	“Para las personas con el conocimiento básico si es bueno para uno aprender”	Se hace explícita la necesidad de conocimientos previos a la hora de interactuar con el simulador.
EN	Escrito	“Sí, ya que ayuda a comprender la situación de los sonidos y nos ayuda a entender cómo las	Se menciona el movimiento de las partículas para el entendimiento de la propagación de las ondas y resalta la manera

partículas se mueven y cuál es el sonido de las ondas”

que el simulador permite escuchar el sonido de la onda que se está produciendo, dependiendo de la frecuencia y la amplitud determinada.

Puede decirse que los estudiantes en algunos casos se sienten más cómodos al expresarse de manera oral, ya que sus respuestas son más extensas, buscan dar explicaciones más específicas y claras, mientras que cuando deben escribir son más concisos con sus respuestas. En DCJ se expresa “Los estudiantes expresan pereza a la hora de responder a las preguntas de los talleres, ya que esto les quita más tiempo que responder las preguntas en un audio”.

Después de analizar las respuestas de los participantes, es claro que existe un consenso general en que el simulador sí contribuye significativamente a la comprensión del fenómeno. Los participantes destacan que el simulador les permite interactuar de manera más efectiva con conceptos como la frecuencia y la amplitud, ofreciendo gráficas claras y llamativas que facilitan la visualización de las ondas. Además, señalan que el simulador les brinda información detallada sobre cómo se mueven las partículas y cómo suenan las ondas a diferentes velocidades, lo que les ayuda a comprender mejor el comportamiento de los sonidos en diferentes situaciones. También resaltan que el simulador es especialmente útil para aquellos con conocimientos básicos, ya que les proporciona una herramienta práctica para aprender y profundizar en el tema.

Continuado con el desarrollo de ASP, en la **Tabla 15** están consignadas las respuestas de la pregunta dos.

Tabla 15

Comportamiento de las partículas de una onda sonora con ayuda de la simulación computacional

Pregunta	Participante	Medio	Fragmento	Interpretación
¿Cómo se comportan las partículas de una onda sonora?	EC	Escrito	“Las partículas de una onda no transportan materia sino energía y estas, aunque se mueven constantemente siempre están y se quedan en el mismo lugar”	Se observa en el simulador que la posición de las partículas no cambia cuando viaja una onda sonora, sino que la vibración perturba el medio. Se evidencia un dominio del lenguaje de la física (ACL) en cuanto a comprender la propagación de la onda en

				forma de energía y no de materia.
	ED	Audio	“El simulador nos muestra las ondas que producen sonido en este caso, las ondas salen de dos colores: de negro y de blanco. Las partículas la mayoría son bolitas blancas y hay unas en rojo hacen como el movimiento como cuando uno está en el mar y la ola se lo lleva a uno, pero vuelve y lo deja donde estaba y las partículas (que vendrían siendo las bolitas) se quedan siempre en un lugar específico por donde siempre pasa la onda y siempre se quedan en esa misma onda, como dije anteriormente una onda negra o una onda blanca”	Se entiende la propagación de la onda como viajera por el medio que no desplaza las partículas, da una analogía que da cuenta del entendimiento del concepto que quiere mostrar el simulador en cuanto al comportamiento de las partículas.
	EJ	Audio	“Chocan, van y vuelven”	Puede entenderse que observa el movimiento de las partículas en el simulador en el momento que pasa la onda chocan y concibe que las partículas del medio no se desplazan, sino que vibran en su lugar.
	EM	Escrito	“Dependiendo de la amplitud, las partículas se mueven más y al estar más cerca de la bocina la presión es mayor y hace comportar a las partículas más alocadamente”	Se evidencia un conocimiento profundo en cuanto a que relaciona que, a mayor amplitud, mayor presión por lo que las partículas vibran más.
	EN	Escrito	“Rebotan, estas no son estáticas. Cuando las ondas paran, estas tienen un leve movimiento y se mueven en un patrón que depende de qué tan rápida o lenta es la onda al igual que el sonido”	Relaciona rapidez y ritmo con frecuencia. Es capaz de evidenciar que el cambio a la amplitud (“que tan fuerte”) modifica el movimiento de las partículas.
		Audio	“Las partículas cuando uno las ve, no están estáticas, se mueven y si uno pone algún sonido, ellas empiezan a rebotar dependiendo del ritmo y de qué tan fuerte esté el sonido”	

Basados en las respuestas proporcionadas por los participantes, se puede afirmar que existe una comprensión diversa pero generalizada sobre este fenómeno físico. Algunos reconocen que las partículas no transportan materia, sino energía, y permanecen en su lugar mientras la onda se propaga. Por otro lado, se destaca la representación visual proporcionada por el simulador, donde

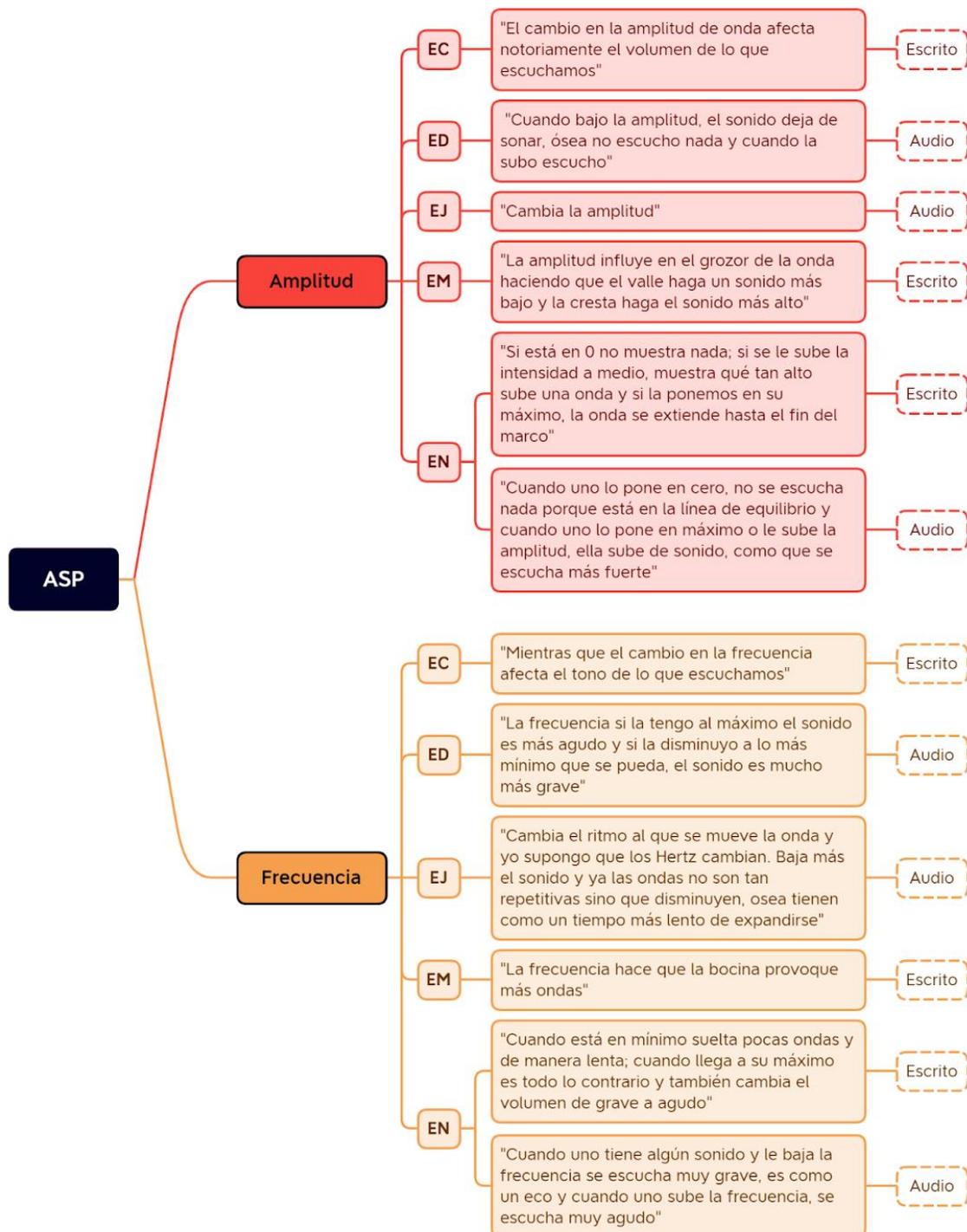
se observa el movimiento de las partículas en relación con la amplitud de la onda sonora. Además, se menciona que las partículas reaccionan al ritmo y la intensidad del sonido, mostrando un comportamiento dinámico y reactivo. Estas diferentes perspectivas revelan una comprensión sólida del concepto, resaltando la importancia de utilizar herramientas prácticas para entender fenómenos físicos como la propagación del sonido. Desde esta mirada, estas respuestas posibilitan observar la apropiación del lenguaje que los participantes han obtenido a lo largo de esta intervención (ACL).

De estas dos preguntas relacionadas con el simulador y según lo que respondieron los participantes, se puede concluir que la simulación aporta de manera adecuada a la comprensión de algunos elementos importantes del fenómeno físico, que sin él difícilmente se llega a su comprensión, como por ejemplo que la propagación del sonido se presenta debido a que las partículas transportan energía y no materia. Evidenciando así una ventaja considerable en la utilización de esta herramienta.

Continuando con esta actividad, en la **Figura 18** se muestra la experiencia de los participantes al interactuar con los deslizadores de la simulación.

Figura 18

Cambios al modificar la amplitud y la frecuencia



Como mencionamos anteriormente, la amplitud y la frecuencia son algunos de los conceptos más importantes en el desarrollo de las actividades, debido a que ellas se relacionan directamente con una cualidad del sonido (intensidad y tono respectivamente). Además, estas dos variables, son las que eran modificables a través de deslizadores en el simulador. En cuanto a esos dos conceptos, los participantes concuerdan en que la amplitud está relacionada con la intensidad o volumen del sonido, esto lo expresan debido a su exploración con el simulador donde podían observar de manera gráfica el aumento o disminución de la amplitud pero a su vez desde la escucha el aumento o disminución del volumen o intensidad del sonido, lo que conlleva a relacionar este elemento con esta cualidad; en cuanto a la frecuencia, nuevamente se expresa esa íntima relación entre lo que se observa y lo que se escucha, notando que al variar la frecuencia el tono también lo hace, justo en este momento la actividad de GeoGebra toma un poco más de sentido ya que es explícita la importancia de identificar la variación de algunas variables, como la amplitud y la frecuencia.

En la **Figura 19** se muestra la transcripción de la entrevista hecha al participante EM para conocer su punto de vista sobre la simulación.

Figura 19

Instrumento ENE del participante EM

I1: ¿Qué piensas sobre la simulación?, ¿pudiste relacionarlo con lo que vimos en clases anteriores?, ¿te parece que representa de buena manera la propagación de las ondas o qué piensas sobre la simulación?

EM: Pues eso es más bien entendible para las personas. Mejor dicho, el simulador está muy bueno, pa' que, pero digamos si una persona no sabe nada del tema, no sabe que es el periodo y todo eso, obviamente el simulador no le va a servir. Actividades anteriores que hicimos, literalmente todo lo que nos enseñaron, lo que repasamos está aquí en este simulador.

I1: ¿Entonces te parece que hay una buena secuencia sobre las actividades que se realizaron antes de este simulador?, ¿crees que son pertinentes esas actividades antes del simulador?

EM: Sí porque nos enseñaron lo que es el nodo, el valle, la cresta, la amplitud, la frecuencia, el periodo y todo eso para nosotros poder entender el simulador, que fue lo mismo que yo les dije ahorita, el que no sepa no va a entender que es el simulador.

I1: Bueno y te pregunto, hablábamos al principio de las sesiones que las ondas sonoras son algo particulares porque no la podemos ver, cierto, por algo son sonoras, ¿el simulador permite que se haga una idea de esto que representa esa onda? Es decir, ¿ayuda en eso o no?

EM: Sí. El simulador de sonido tiene dos partes, tiene vista vertical, vista superior y vista lateral; como las ondas sonoras no tienen un orden específico, eso no cambia obviamente la posición.

El participante EM valora de una manera positiva la utilización del simulador PhET, debido a su expresión “está muy bueno”, además sugiere que la simulación es efectiva para reforzar y aplicar los conceptos aprendidos en clases anteriores, pero puede resultar menos útil para personas sin conocimientos previos sobre el tema, es por eso que para brindarle un buen uso a esta simulación es necesario realizar actividades relacionadas con la temática antes de su utilización. Esto resalta la importancia de contextualizar el uso de la simulación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje y considerar las necesidades y niveles de conocimiento de los estudiantes al utilizar este tipo de herramientas.

También destaca que la secuencia de actividades previas al uso del simulador fue efectiva para preparar a los estudiantes y proporcionarles los conocimientos necesarios para comprender y utilizar el simulador de manera significativa. Sin embargo, también señala la necesidad de una comprensión previa de los conceptos básicos para aprovechar al máximo la experiencia con el simulador.

Finalmente, EM indica que el simulador de sonido proporciona una representación visual útil de las ondas sonoras, lo que puede ayudar a los estudiantes a comprender mejores conceptos abstractos relacionados con el sonido. Esto sugiere que el simulador es una herramienta efectiva para apoyar el aprendizaje de las ondas sonoras en el aula.

Así mismo, en la **Figura 20** se muestra las preguntas a modo de entrevista al participante ED para indagar sobre las maneras de proceder con la simulación cuando se requiere hallar una medida.

Figura 20

Instrumento ENE del participante ED

I2: ¿Cómo lograste medir la longitud de onda y el periodo?

ED: Para medir la longitud de onda seleccioné el metro que existe en el simulador y pausé el movimiento de ondas que hay una opción que nos muestra la gráfica. El metro lo puse de valle a valle o de cresta a cresta; en este caso fue de cresta a cresta y me dio aproximadamente una medida de 81.4 cm. Después medí el periodo. Arriba en el simulador hay un cronómetro entonces cuando la onda pega arriba y cuando vuelve y pega abajo.

I2: ¿En la imagen o en la gráfica?

ED: En la gráfica. Entonces yo le doy clic para que reproduzca la onda y ella hace su movimiento y ese tiempo, por así decirlo, lo tomo; que me había dado como 2.40 milisegundos y eso lo convertí a segundos que fue 0.0024 segundos.

A través de estas preguntas, se quiso comprender de qué manera el participante exploró el simulador para hallar ciertas magnitudes que se requerían para el desarrollo de algunos cálculos. Para esto se necesitaba conocimiento de lo que era la longitud de onda y el periodo. El participante ED pudo medir con ayuda del metro la longitud de onda de valle a valle o de cresta a cresta, lo que da cuenta de la comprensión del concepto de longitud de onda y la utilización de otros elementos a favor de lo que necesita hallar. Para la medición del periodo, el estudiante toma el tiempo de un ciclo, describiéndolo “cuando la onda pega arriba y vuelve y pega abajo”, por lo que también puede

decirse que tiene un buen dominio del concepto y lo puede aplicar de manera práctica. Cabe mencionar que las dos mediciones fueron hechas a partir de la gráfica, por lo que pudo resultar más complejo de medir en la onda esférica que mostraba la simulación.

Las mismas preguntas se le hicieron al participante EN para conocer las maneras en que hizo procedimientos con el simulador, cómo comprende los elementos para aplicar una medida y qué tan fácil fue lograr resolver este problema. Las respuestas se muestran en la **Figura 21**.

Figura 21

Instrumento ENE del participante EN

I2: ¿Cómo lograste medir el periodo y la longitud de onda?

EN: Aquí en la página que ustedes nos pusieron había un como un metro; yo de la forma que lo hice fue poner una onda, pausar el sonido y medir una onda de valle a valle.

I2: ¿Con la gráfica o con la imagen?

EN: Con la gráfica. Estiré el metro, lo cuadré y ya lo que me dio. Para medir el periodo, puse el cronómetro, puse la onda y le subí la amplitud para que se escuchara mucho más duro y cuando la onda hizo un sonido lo despausé y cuando volvió a sonar lo pause y pues ahí el tiempo que me marcó.

El participante EN, halló de la misma manera la longitud de onda; mientras que el periodo pudo medirlo con ayuda del sonido reconociendo que, a mayor amplitud, mayor volumen y que entre un sonido y otro la onda termina su ciclo. Tomando en cuenta las respuestas de ED y EN se puede observar que la misma simulación permite encontrar valores de algunas variables de diferentes maneras, desde lo auditivo o lo visual, dependiendo como se le facilite al participante, esto permite valorar de manera satisfactoria la contribución de la simulación PhET a la enseñanza y aprendizaje de las ondas sonoras desde la mirada del DUA, puesto que posibilita que cada participante utilice el camino que mejor le parezca para dar solución a una pregunta.

6.3.2 Análisis *Produciendo una onda de sonido en CloudLabs*

Para terminar con el análisis de las actividades, se prosigue con la herramienta virtual CloudLabs, requiere un dominio más estricto de la disciplina, por lo que es la fase final donde se quiere reconocer el avance que tuvo cada uno de los participantes a lo largo de la secuencia de actividades. En la **Tabla 16** se muestran las observaciones de los estudiantes tanto visuales como auditivas con respecto al sonido producido por diferentes diapasones que corresponde al primer inciso de este instrumento.

Tabla 16

Anotaciones sobre el cambio en la amplitud y su relación con el sonido

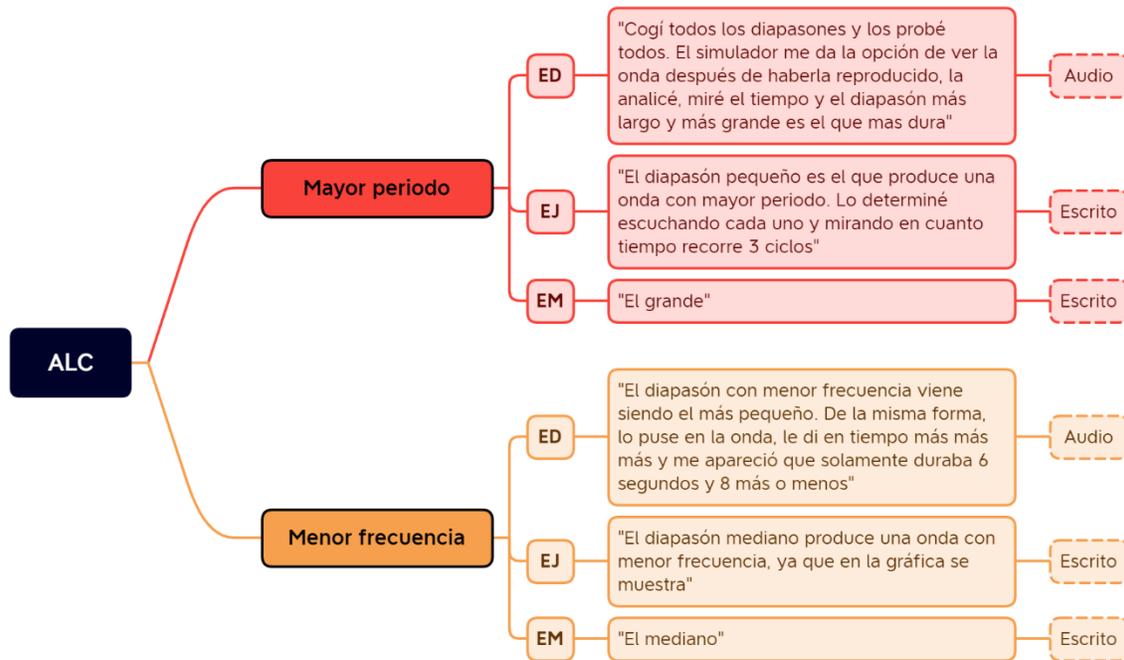
Participante	Medio	Fragmento	Interpretación
ED	Audio	“Cuando reproduzco el sonido aquí en el simulador, podemos observar cómo al inicio de la reproducción del sonido las ondas están normales y a medida que el sonido sigue propagándose, las ondas van disminuyendo su amplitud. Con la amplitud de la gráfica lo que ocurre es que va disminuyendo a medida que el sonido también va disminuyendo; y la cualidad del sonido corresponde a la intensidad porque como dije anteriormente, el sonido va disminuyendo”	Reconoce el elemento de la onda que va disminuyendo (la amplitud), a su vez que nota la disminución del sonido, nombrándolo más adelante como la intensidad. Esto quiere decir que ha relacionado las vivencias con los simuladores y los conceptos trabajados a través de videos y actividades.
EJ		“La amplitud disminuye a medida que pasa el tiempo y se relaciona con el volumen, ya que la amplitud de la onda se entrelaza con el volumen conforme disminuye la amplitud”	Reconoce la relación entre volumen y amplitud, reconociendo el cambio en el sonido cuando esta cambia de valor.
EM	Escrito	“Al aumentar la amplitud, aumenta el volumen”	Reconoce el cambio, pero no tiene una descripción de sus observaciones en la gráfica o el sonido que va desapareciendo cuando se toca cada diapason.

De manera general, puede evidenciarse un discurso por parte de los estudiantes muy coherente con lo trabajado en todas las sesiones de la actividad. Sin embargo, no todos relacionan la amplitud con la intensidad del sonido, por lo que su explicación viene más de lo que representa el volumen en su vida cotidiana.

Para el inciso 2a y 2b, se registran las conclusiones del diapason elegido por cada participante según su periodo y frecuencia. Los resultados se muestran en la **Figura 22**.

Figura 22

Elección del diapasón dependiendo de su periodo y frecuencia



Presented with xmind

No puede darse una interpretación del participante EM debido a que no describe el proceso con el cual pudo hallar la respuesta con las herramientas del simulador. Por otro lado, el participante EJ, expresa la manera en que identificó la frecuencia a través de la gráfica, pero no especifica cómo pudo determinarlo y en cuanto al periodo, menciona que los escuchó todos y a su vez observó en la gráfica el tiempo que se demora en recorrer tres ciclos. Aunque es un posible procedimiento para determinar el periodo, no concuerda con la respuesta correcta. Finalmente, el participante ED afirma que el diapason grande es "el que más dura" refiriéndose al periodo y también pudo visualizarlo con ayuda de la gráfica. Señala que halló la frecuencia de la misma manera, pero pareciera ser que el dato que proporciona es también el tiempo de alguna o algunas oscilaciones.

Esta interpretación nos aporta en la identificación del dominio de los conceptos trabajados a lo largo de las sesiones, donde aún tienen falencias en lograr identificarlos correctamente y hallarlos en cualquier tipo de onda que se les presente.

Finalmente se llega al punto principal, que es donde se recoge todo lo visto hasta ahora. Aquí el participante debe mostrar todo lo que tiene a la hora de explicar ¿qué es el sonido? Las respuestas se muestran en la **Tabla 17**.

Tabla 17

Explicación final sobre ¿qué es el sonido?

Pregunta	Participante	Medio	Fragmento	Interpretación
¿Cómo le explicarías qué es el sonido a un estudiante de música?	EC	Escrito	“La música y la física comparten propiedades de sonido. El tono de una nota musical está relacionado con la frecuencia, al igual que en la física, el tono está relacionado con la frecuencia. Al igual que en la física, la altura de un sonido está determinada por la frecuencia de las ondas sonoras... El sonido es una vibración que se propaga a través de un medio como el aire”	La expresión “a través de un medio como el aire”, el participante reconoce el aire como un medio necesario para la propagación del sonido, pero no el único. También puede evidenciarse que ve la física como algo aparte del sonido y que tienen relaciones entre ellas. Percibe el tono como algo diferente de la altura, sin embargo, las relaciona con el mismo elemento, la frecuencia.
	ED	Audio	“El sonido es como una música que hacen las cosas cuando se mueven. Imaginate que cuando golpeas un tambor, las partes de adentro empiezan a vibrar muy rápido como si estuvieras saltando de emoción; en esas vibraciones hacen que el aire que está alrededor se mueva, se agite y cree las ondas; como cuando lanzas una piedra a un estanque y ves las ondas en el agua. Estas ondas viajan hasta los oídos de uno y los oídos pues la escuchan como sonido, entonces así es como podemos oír la música, los pájaros cantando o cualquier otro ruido”	La expresión “El sonido es como una música que hacen las cosas cuando se mueven” da cuenta de la compresión del sonido como una vibración, una oscilación. Comprende que el sonido se propaga a través del aire y por eso podemos escucharlo.
	EJ	Escrito	“El sonido es cualquier fenómeno que involucre la propagación de ondas mecánicas, a través de un medio fluido o sólido con una	Reconoce las ondas sonoras como ondas mecánicas que necesitan un medio para propagarse, no solo reconoce el aire, sino también otros medios incluso sólidos.

		frecuencia dentro de un rango audible”	Necesariamente menciona que debe tener una frecuencia y menciona el rango audible, es decir, conoce que hay ondas mecánicas que no podemos escuchar, sin embargo, no lo reconoce como sonido”
EM	Audio	“Las ondas sonoras son causadas por vibraciones en un entorno, puede ser por choques o por roces. Este tipo de sonido es mecánico y necesita un medio de propagación para poder escucharse; por ejemplo, al momento de tocar la guitarra, las cuerdas hacen vibraciones y estas rebotan dentro de la caja de la guitarra y gracias al viento nosotros podemos escuchar”	Reconoce que el sonido es producido por vibraciones que pueden tener diversas naturalezas. Menciona que el sonido es mecánico lo que puede entenderse que como el sonido está formado por ondas sonoras y que estas, a su vez, son mecánicas, por transitividad, el sonido es mecánico.

A pesar de que se trabajó la ecuación de la velocidad del sonido dependiendo de la temperatura, no se tiene ninguna explicación que menciona el medio de propagación como importante para que viaje el sonido más rápido o lento. Esto quiere decir que los participantes no relacionan la ecuación con el mundo real, ya que juegan con la variable de temperatura para hallar un valor numérico, pero ese valor no fue importante para sus explicaciones o no fue relacionado con el sonido.

Los instrumentos permitieron la recolección de la información necesaria para llevar a cabo el análisis, aportando de diferentes medidas a cada una de las categorías. Las conclusiones posteriores al proceso de análisis se encuentran en el siguiente apartado.

7 Conclusiones

En este apartado se pretende responder a la pregunta de investigación, estrechamente relacionada con el objetivo general. Con respecto al **primer objetivo** específico sobre “identificar el aporte de los principios del DUA en la enseñanza de la física para la inclusión educativa” se pudo identificar que, en general el DUA aporta significativamente en el diseño de propuestas de enseñanza, en este caso de física, ya que tener presente sus principios y pautas de manera anticipada e intencionada, invita a crear una educación para todos, que al relacionarlo con el marco teórico surge de la enseñanza planificada para atender la diversidad del aula. Esto flexibilizando el currículo, diversificando los materiales e incluyendo herramientas tecnológicas que fomenten diferentes habilidades y puedan ser modificadas para los diferentes niveles y contextos educativos. Puede decirse que este objetivo pudo lograrse gracias a la comprensión de la intencionalidad del DUA, asimismo con el propósito de tener una educación para todos, es decir, una verdadera educación inclusiva.

En cuanto a los principios específicos del DUA, podemos resaltar la importancia que representa el proporcionar diferentes opciones de respuesta en el desarrollo de una actividad, ya que se pudo evidenciar que, por ejemplo, de manera oral los estudiantes fortalecen sus habilidades de argumentación y la extensión en su discurso. Además, la experimentación para el tema de ondas sonoras permite percibir el fenómeno de diversas maneras, desde captar vibraciones, observar las consecuencias de la transmisión de energía y, por supuesto, escuchar el sonido producido. Enseñar y aprender teniendo en cuenta este diseño favorece a todos los estudiantes.

El **segundo objetivo** consistía en “reconocer el aporte de los principios de la TASC en la enseñanza de las ondas sonoras” frente a esto, es de resaltar que a través de la serie de actividades se quiso promover un aprendizaje significativo y crítico al permitir que los participantes tuvieran interacción con otro tipo de actividades diferentes a las tradicionales, diversificando de esta manera los materiales típicos de la enseñanza como el tablero, el libro de texto y las clases discursivas.

En cuanto a los principios del conocimiento previo, el aprendiz como perceptor/representador y el conocimiento como lenguaje, se pudo dar cuenta del ASC que se evidencia cuando los participantes son capaces de reconocer el avance en el aprendizaje, cuando construyen nuevos conocimientos, cuando enlazan el lenguaje de la disciplina con los conocimientos previos y cuando modifican sus representaciones del mundo.

Como **tercer objetivo**, se planteó “valorar las simulaciones computacionales utilizadas para la representación de ondas sonoras” se puede mencionar que, en primer lugar, la simulación permite la interpretación del fenómeno de ondas sonoras, en cuanto a que es un fenómeno que no puede observarse. Sin embargo, la simulación de PhET permite que se observe el fenómeno de una manera geométrica y visualmente cómo se vería en un medio (pero no distintos medios) a través de una onda esférica. De igual manera, permite modificar algunas variables, como la frecuencia y la amplitud que ofrece un sonido dependiendo de esos cambios, percibiendo así la frecuencia como una cantidad de oscilaciones por unidad de tiempo o relacionándolo con el tono del sonido. En cuanto a la amplitud, permite de manera auditiva identificar que cambia el volumen dependiendo de ella.

En segundo lugar, la herramienta CloudLabs, tiene de igual manera, aspectos auditivos y visuales como PhET donde se capta un sonido para visualizar la onda formada, lo que favorece de igual manera su utilización en el aula, con la diferencia de que esta herramienta dispone de un entorno de laboratorio, lo que se puede ver como una ventaja ya que acerca a los estudiantes a estas prácticas científicas.

Es importante concluir, que utilizar simulaciones computacionales e integrar la TASC y el DUA tiene efectos positivos, debido a que ayudan a proyectar una enseñanza más consciente en pro de favorecer un aprendizaje no sólo significativo sino también crítico, además de que sea para todos los estudiantes.

Aunque la línea de investigación está enfocada en las TIC y el trabajo va encaminado al aporte de las simulaciones computacionales, se destaca la importancia de complementar el proceso de enseñanza y aprendizaje con otras actividades, de acuerdo con los referentes teóricos que fueron base de este trabajo. Por ejemplo, en la actividad AEF se pudo profundizar en el concepto de propagación del sonido y la importancia del medio a través de experimentos que están en la misma línea de la TASC y el DUA.

Lo anterior permite dar respuesta a la pregunta de investigación donde el aporte de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de las ondas es principalmente la representación del fenómeno, pero no solo para visualizarlo como algo construido, sino más para interactuar con él, hacer inferencias, relacionar esta representación con elementos de la vida cotidiana como lo es el tipo de sonido que escuchamos, que se relacionan con las cualidades del sonido; a modificar variables que permiten observar y escuchar los cambios del fenómeno, contribuyendo a diferentes

maneras de percibirlo; acompañar en diferentes niveles de acuerdo a los conocimientos previos, donde el profesor tiene un papel fundamental en la planeación de actividades acordes a cada contexto; reconocer lo observado como una representación y ayudar a la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes buscando que ellos participen de manera activa en su proceso de aprendizaje.

Por otro lado, con relación al ejercicio de la revisión de literatura, se destaca la importancia de conocer un diagnóstico sobre el campo del saber, para conocer la pertinencia de la investigación, reconocer las creaciones de otros investigadores, hacer procesos de análisis y síntesis, entre otros. De allí se pudieron identificar algunas nociones de inclusión y educación inclusiva en áreas como la física y las matemáticas que se pudieron adoptar en cuanto al hecho de que debemos atender a la diversidad en el aula sin importar o no que en ella haya personas con necesidades educativas especiales. También se pudieron reconocer las herramientas tecnológicas que utilizan los profesores a la hora de la enseñanza de las ondas sonoras y, lo que sirve de base para la creación de una nueva propuesta. Por el lado de la TASC, se resalta el uso de metodologías diferentes a la utilizada en esta investigación como las UEPS y que cada trabajo utiliza principios diferentes según sus intereses particulares.

Así mismo se valora el ejercicio investigativo de este trabajo, debido a que, en primer lugar, permitió desarrollar habilidades investigativas como profesores en formación, tan necesarias en el campo de la educación para la construcción de conocimiento y la consolidación del campo.

En segundo lugar, el trabajo investigativo permitió establecer el diagnóstico de investigación de las temáticas a través de la revisión de literatura, con un proceso de selección y búsqueda riguroso que dejó aprendizajes metodológicos y de conocimiento del campo de especialización de este trabajo, a través de la interpretación de unidades de análisis. De allí se pudo consolidar la simulación computacional, tema principal en el diseño de este trabajo y de comprender la manera de adoptar los principios de la TASC desde la mirada de otros pares.

Seguido a ello, la consolidación de relaciones entre referentes teóricos que pueden llegar a desarrollar nuevas teorías o clasificaciones entre principios. Por último, el ejercicio de investigación permitió el análisis de información cualitativa tan importante para el campo de la educación a manera de comprender un poco más sobre los procesos que se llevan a cabo a la hora de hacer una investigación cualitativa para que sea lo más objetiva posible. En dicho análisis, se pudo dar respuesta a interrogantes planteados al inicio de la investigación.

Finalmente, se resalta la agrupación de los principios en el apartado del marco teórico, donde se retoman algunos más para el diseño metodológico y otros apuntando a la identificación de la construcción del conocimiento. Esta clasificación se hizo teniendo en cuenta los principios de la TASC retomados en el trabajo de Moreira en el que se definen en total once principios, los cuales no están todos contemplados en la clasificación por categorías que hace López (2014). De esta manera, retomamos los principios agrupándolos así: el principio del conocimiento previo, el principio del aprendiz como perceptor representador y el principio del conocimiento como lenguaje se toman como pertenecientes a la categoría de principios conceptuales y disciplinares; mientras que el principio del abandono de la narrativa, el principio de la no centralización en el libro de texto y el principio de la no utilización de la pizarra, son tomados en la categoría de los principios pedagógico-didácticos. Esta agrupación, facilitó otorgar una intencionalidad a cada uno, proporcionando una orientación para el diseño metodológico.

8 Recomendaciones

Posterior a las conclusiones del trabajo investigativo, se señalan algunas recomendaciones para tener en cuenta para investigaciones futuras o mejoras en el proceso.

Entre algunos tropiezos que se tuvieron al consolidar el proceso investigativo, se encuentran los pocos resultados obtenidos de la revisión de literatura, por lo que se recomienda hacer una búsqueda sobre todo en relación a la TASC con la enseñanza de la física y las simulaciones computacionales con las ondas sonoras desde una búsqueda más amplia, incluyendo países que no se tuvieron en cuenta, una temporalidad diferente y apuntando a promover competencias como lo es el pensamiento computacional con la intención de acercarse al ritmo del avance tecnológico.

Por lo anterior pueden surgir interrogantes como: ¿de qué manera favorecer el aprendizaje de la física por medio de una simulación de PhET donde se promueva el pensamiento computacional teniendo en cuenta la TASC?, ¿de qué manera favorecer el aprendizaje de la física por medio de una simulación de PhET donde se promueva el pensamiento computacional teniendo en cuenta el DUA?, existe una gran gama de posibilidades de continuar este estudio, desde la utilización de diversas herramientas tecnológicas, como por ejemplo emplear la programación en actividades relacionadas con Arduino que pueden favorecer la interacción con material concreto.

Se destaca la potencialidad de las cualidades del sonido, las ondas sonoras y el mundo real para el diseño de estrategias contextuales. En este sentido, es de gran interés diseñar actividades relacionadas con instrumentos musicales o con el análisis del sonido de algunos de ellos.

En cuanto a recomendaciones metodológicas, se es consciente de la importancia de la concentración por parte de los estudiantes en actividades de la escuela donde, según el DUA, es favorable para la educación atendiendo a la diversidad, eliminar las distracciones como por ejemplo el sonido de la simulación, donde puede ser incómodo el sonido de todos los dispositivos funcionando a la vez, por este motivo se puede aprovechar la tecnología existente como los audífonos. Vale la pena preguntarnos, ¿cómo valorar una herramienta tecnológica en cuanto a potencialidades estar al servicio de todos?

Cabe mencionar que, en una investigación similar, también se pueden adoptarse otros principios de la TASC que respondan a otro propósito o diferentes interrogantes, por ejemplo: ¿Qué principios de la TASC tener en cuenta a la hora de enfrentarse a una simulación computacional?,

¿cómo favorecer el principio de la incertidumbre del conocimiento en las reflexiones históricas y filosóficas de la ciencia?

De esta manera, quedan algunos interrogantes abiertos para futuras investigaciones que pueden puntualizar o no en algunos aspectos relacionados a los referentes teóricos de esta investigación, permitiendo aportar al campo científico en cuanto al estudio de los tres elementos principales del trabajo, simulaciones computacionales, Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y Diseño universal para el Aprendizaje.

Referencias

- Alba Pastor, C. (2019). Diseño Universal para el Aprendizaje: un modelo teórico-práctico para una educación inclusiva de calidad. *Participación educativa*, 6(9), 55-68.
<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/190783>
- Alba, C., Sánchez, J. M. y Zubillaga del Río, A. (2014). Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA). *Pautas para su introducción en el currículo*, edición 1
https://www.educadua.es/doc/dua/dua_pautas_intro_cv.pdf
- Alcántara, M. D. (2009). Importancia de las TIC para la educación. Innovación y experiencias. ISSN 1988-6047.
https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_15/MARIA%20DOLORES_ALCANTARA_1.pdf
- Alves, J. J. S., Souza, E. V., Souza, J. C. F., & Moraes, C. E. F. (2021). Aprendizagem significativa com materiais educativos no ensino inclusivo de física. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33(2), 27–35. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35163>
- Alzate, T., & Sierra, J. (2000). El diario de campo: instrumento en el trabajo educativo. *Gaceta didáctica*, 3, 11-13.
- Arrieta, X. (2010). Enseñanza de la física. Un enfoque epistemológico. *Omnia*, 4(2).
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/omnia/article/view/7002>
- Arrieta, Xiomara, & Delgado, Mercedes. (2006). Tecnologías de la información en la enseñanza de la física de educación básica. *Enlace*, 3(1), 63-76.
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-75152006000100005&lng=es&tlng=es.
- Ausubel, David P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. *New York:*

- Barbosa-Lima, M. da C. de A. (2020). Literatura e Arte no ensino de Ciências: a formação de professores para alunos com deficiências visuais no Ensino Fundamental. *Caderno Brasileiro De Ensino De Física*, 37(2), 718–729. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p718>
- Batista, H. F., y Ustra, S. R. (2022). Ser professor de Física em contextos escolares inclusivos.
- Bautista, N. P. (2011). Proceso de la investigación cualitativa: epistemología, metodología y aplicaciones. *Manual Moderno*. <http://biblioteca.usfa.edu.bo/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl/?id=2827986155d4f9aca7f67e3f7f7039d0>
- Boaventura Gomes Sebastião, A. B. (2021). Percepção dos professores de Física do I ciclo do ensino secundário sobre o uso das TIC no processo de ensino – aprendizagem. *Revista angolana de ciências*, 3(1), 75-97. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=704173348005>
- Bogdan Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Botari, A., Botari, J. C., Brito, C. R., & Ciampi, M. M. (2022). Ferramentas Educacionais e Análise Intervencional da Aprendizagem Significativa: Es tudos de Casos Aplicados no Ensino da Física Acústica na Disciplina de Conforto Ambiental. *Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 17(2), 115-124. DOI: [10.1109/RITA.2022.3166860](https://doi.org/10.1109/RITA.2022.3166860)
- Brito da Silva júnior, C. A., Mattos Neto, A., & José Nepomuceno dos Santos, M. (2023). Uso de Ferramentas Midiáticas e Práticas no Ensino de Acústica. *Revista Do Professor De Física*, 7(1), 90–108. <https://doi.org/10.26512/rpf.v7i1.41272>
- Cabero Almenara, J. (2015). Reflexiones educativas sobre las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, (1), 19-27. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6159645>

- Cabero Almenara, J. y Barroso Osuna, J. (2015). Nuevos retos en tecnología educativa. *Madrid: Editorial Síntesis*. 309 pp. 199-203. ISBN: 978-84-907707-9-5
- Cândido Magalhães, A.P., Meneses Villagrà, J.A. y Greca, I.M. (2020). Análise das Habilidades e Atitudes na Aprendizagem Significativa Crítica de Fenômenos Físicos no Contexto das Séries Iniciais. *Ciência & Educação, Bauru*, 26, 1-16. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200009>
- Castro, G. R., Leite, G. S., & Martins, J. S. (2021). Construção de um experimento para o ensino-aprendizagem da primeira lei de Ohm para estudantes com deficiência visual. *A Física Na Escola*, 19(1). <https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol19-Num1/FnE-19-1-200802.pdf>
- Cisterna Cabrera, F. (2005). CATEGORIZACIÓN Y TRIANGULACIÓN COMO PROCESOS DE VALIDACIÓN DEL CONOCIMIENTO EN INVESTIGACIÓN CUALITATIVA. *Theoria*, 14(1), 61–71. ISSN: 0717-196X
- Creswell, J. W. (2013). Investigación cualitativa y diseño investigativo. Documento en proceso de construcción traducción del libro original en inglés producto de la línea de investigación en juventud. Doctorado en ciencias sociales niñez y juventud, (12). <https://academia.utp.edu.co/seminario-investigacion-II/files/2017/08/INVESTIGACION-CUALITATIVACreswell.pdf>
- Dolenga Coelho, J. R. & Teixeira Góes, A. R. (2021). Geometria e Desenho Universal para Aprendizagem: uma revisão bibliográfica na Educação Matemática Inclusiva. *Educação Matemática Debate*, 5(11), 1-26. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=600166608027>
- dos Santos, Â. M., Simeão Carvalho, P., & Lima Alecrim, J. (2019). O ensino de física para jovens com deficiência intelectual: uma proposta para facilitar a inclusão na escola regular. *Revista Educação Especial*, 32, 1-18. <https://doi.org/10.5902/1984686X27590>

Duran, J. M. (2015). Nociones de simulación computacional: simulaciones y modelos científicos.

Argumentos de Razón Técnica, (18), 87-110.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5307957>

Esteve Mon, F. M., & Gisbert Cervera, M. (2011). El nuevo paradigma de aprendizaje y las nuevas tecnologías. *REDU. Revista de Docencia Universitaria*, 9(3), 55-73.

<https://doi.org/10.4995/redu.2011.6149>

Filippi-Peredo, C., & Aravena-Díaz, M. (2021). Didactics and Inclusion in Mathematics Classrooms.

Analysis of a Case in Chile. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 1-19.

<https://doi.org/10.15359/ree.25-1.23>

Gascón Salillas, D. (2018). *El uso de las TIC en la enseñanza de las Matemáticas en Educación*

Primaria: aplicación a las fracciones [Tesis de pregrado, Universidad de Valladolid]. UVaDOC.

<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/34939>

Gibbs, G. (2012). El análisis de datos cualitativos en investigación cualitativa. *Morata*.

<https://dpp2016blog.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/08/graham-gibbs-el-analisis-de-datos-cualitativos-en-investigacion-cualitativa.pdf>

Gomes COZENDEY, S. & COSTA, M. D. (2018). UTILIZANDO A AUDIODESCRIÇÃO COMO

UM RECURSO DE ENSINO. *Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação*, 13(3), 1164-1186.

<https://doi.org/10.21723/riaee.v13.n3.2018.9626> <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=619866>

[084016](https://doi.org/10.21723/riaee.v13.n3.2018.9626)

Grune and Stratton. 685p.

- Gutiérrez-Saldivia, Ximena D., Barría, Cecilia M., & Tapia, Carmen P.. (2020). Diseño universal para el aprendizaje de las matemáticas en la formación inicial del profesorado. *Formación universitaria*, 13(6), 129-142. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062020000600129>
- Hoyos Botero, C. (2000). Un modelo para investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación. *Señal editora*. ISBN: 9589100325
- Ley 1978 de 2019. Por la cual se moderniza el Sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones TIC, se distribuyen competencias, se crea un Regulador Único y se dictan otras disposiciones. 25 de junio de 2019. C-127-20. <https://www.dnp.gov.co/LaEntidad/subdireccion-general-prospectiva-desarrollo-nacional/direccion-desarrollo-digital/Paginas/normatividad-conectividad-digital.aspx#:~:text=Ley%201978%20de%202019&text=Tambi%C3%A9n%20establece%20que%20la%20intervenci%C3%B3n,generado%20por%20dicho%20recurso%20escaso.>
- Lima, D. O., & Damasio, F. (2019). O violão no ensino de acústica: uma proposta com enfoque histórico-epistemológico em uma unidade de ensino potencialmente significativa. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 36(3), 818-840. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2019v36n3p818>
- López Ríos, S. (2014). El aprendizaje significativo crítico. Cuadernos de pedagogía N° 448.
- Lugo, M. T. y Kelly, V. (2010). Tecnología en educación ¿Políticas para la innovación? V Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18441>

Santos, B., & Costa Nunes, I. (2021). Jogo sobre calorimetria com audio-descrição e braile para inclusão: relato de experiência. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33(1), 105–118.

<https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n1.33282>

Medeiros, A., & Farias de Medeiros, C. (2002). Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 24(2), 77-86.

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/4gsZ3kVfMKNxGzMcyRBZzFq/?format=pdf&lang=pt>

Menezes Viana, G., Dias de Araujo, R., Rodrigues e Silva, F. A. y Trani Gomes, A. D. (2020). Produção de ouvidos: uma proposta de sequência didática para o ensino sobre sons nos conteúdos de ciências do ensino fundamental II. En Coutinho, F. A., Rodrigues e Silva, F. A. y Menezes Viana, G. Sequências didáticas: Propostas, discussões e reflexões teórico-metodológicas (pp. 20-46). Na raiz.

Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2013). Competencias TIC para el desarrollo profesional docente. [Competencias TIC para el Desarrollo Profesional Docente - ...:Ministerio de Educación Nacional de Colombia:...](#) (mineducacion.gov.co)

Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2003). Memorias del Seminario Nacional Formación de docentes sobre el uso de Nuevas Tecnologías en el Aula de Matemáticas. Enlace Editores Ltda. Bogotá. https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-81040_archivo3.pdf

Ministerio de Educación Nacional [MEN]. (2006). Estándares básicos de competencias en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Educación Nacional. (1998). Serie lineamientos curriculares. Ciencias Naturales y Educación Ambiental.

Moreira, M. A. (2000). Aprendizaje significativo crítico. III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de septiembre de 2000. Publicada en las Actas del III

Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, p.p. 33-45 con el título original de Aprendizaje Significativo Subversivo. Traducción de Ileana Greca y María Luz Rodríguez Palmero.

Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de Estudios e Investigación*, 6, 37-67. <https://dialnet-unirioja-es.udea.lookproxy.com/servlet/articulo?codigo=1340902>

Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje significativo crítico. Versión revisada y extendida de la conferencia dictada en el III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de septiembre de 2000. Publicada en las Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, pp. 33-45 con el título original de Aprendizaje Significativo Subversivo. Publicada también en *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*, no 6, pp. 83-101, 2005, con el título Aprendizaje significativo crítico. Traducción de Ileana Greca y María Luz Rodríguez Palmero. 1a edición, en formato de libro, 2005; 2a edición 2010; ISBN 85-904420-7-1.

Oliveira Bernardes, A., Gomes Redig, A., & Carlos Fontes dos Santos, A. (2022). Feira de Ciências Como recurso didático inclusivo no ensino de física para alunos surdos. *A Física Na Escola*, 20(1). <https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol20-Num1/FNE-20-1-211003.pdf>

Otondo, M., Espinoza, C. C., Oyarzo, X. L. y Castro, A. N. (2022). Formación inicial del profesorado de matemática en la inclusión educativa: análisis de los perfiles de formación en universidades chilenas. *Formación Universitaria*, 15(3), 133-142. <https://doi-org.udea.lookproxy.com/10.14482/INDES.30.1.303.661>

Palandi, J., Calheiro, L. y Del Pino, J. C. (2019). Princípios da aprendizagem significativa crítica na construção de uma unidade de ensino potencialmente significativa de radiação implementada no

Ensino Médio. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31(extra), 579-587.

<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26626>

Postman, N. y Weingartner, C. (1969). *Teaching as a subversive activity*. New York: Dell Publishing Co. 219p.

Revista Educação Especial, 35(6), 1-25. <https://doi.org/10.5902/1984686X66804>

Rodríguez Sabiote, C., Lorenzo Quiles, O., & Herrera Torres, L. (2005). Teoría y práctica del análisis de datos cualitativos. Proceso general y criterios de calidad. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, 15(2), 133-154.

<https://www.redalyc.org/pdf/654/65415209.pdf>

Sampieri, H., Collado, F., & Lucio, B. (2010). *Metodología de la investigación*. Quinta edición. ISBN: 978-607-15-0291-9 (ISBN edición anterior: 978-970-10-5753-7) 1234567890, 109876543210, Impreso en México.

Santos Azevedo, J. y Monteiro Junior, F. N. (2020). Aprendizagem significativa crítica atividades contextualizadas e interdisciplinares no ensino da termodinâmica. *A Física na Escola*, 18(1), 42-45.

SPRADLEY, J.P. (1980). *Participant Observation*, Nueva York, Rinehart & Winston.

Stake, R. E. (2010). *Investigación con estudios de casos*. Morata.

UNESCO. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento: informe mundial de la UNESCO*. [Hacia las sociedades del conocimiento: informe mundial de la UNESCO - UNESCO Biblioteca Digital](#)

UNESCO. (2008a). *La Educación Inclusiva: el camino hacia el futuro*. Documento de referencia. 48.^a Conferencia Internacional De Educación.

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000162787_spa

UNESCO. (2008b). La Educación inclusiva: el camino hacia el futuro. Presentación general de la 48ª reunión de la CIE.

https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000161565_spa?posInSet=6&queryId=N-EXPLORE-ac490cb8-8009-4a59-8cd1-baa003f2b68a

UNESCO. (2019). Marco de competencias de los docentes en materia de TIC. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia. [Marco de competencias de los docentes en materia de TIC UNESCO - UNESCO Biblioteca Digital](#)

Universidad de Antioquia. (2012). Código de ética en investigación de la Universidad de Antioquia.

<https://www.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/e79da6b4-1402-496b-88bc-0dc0321ba827/codigo-etica-udea.pdf?MOD=AJPERES>

Vaz de Azevedo, A. B., de Almeida Barbosa Lima, M. da C. ., & Oliveira Ribeiro de Souza, E. (2021).

Ensino de física inclusivo em nível universitário: o caso do Instituto de física da UERJ. *Revista De Enseñanza De La Física*, 33(2), 521–528. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35307>

Anexos

Anexo 1. Consentimiento informado

Medellín, 5 de septiembre de 2023

Consentimiento informado para participantes en la investigación “Uso de simulaciones computacionales para favorecer el aprendizaje de las ondas sonoras en secundaria: un enfoque en el Diseño Universal de Aprendizaje y la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico”

Para la presente investigación conducida por los practicantes Christian Johan Vallejo Quintero y Jenifer Muñoz López como proyecto para optar al título de Licenciado y Licenciada en física de la Universidad de Antioquia, se invita a los estudiantes de 11^o2 de la Institución Educativa Alfredo Cock Arango a participar en esta investigación. La meta de este estudio es “Analizar los aportes de las simulaciones computacionales en el aprendizaje de las ondas sonoras a partir de una propuesta de enseñanza basada en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico y el Diseño Universal de Aprendizaje”.

Si usted accede a participar en este estudio, **acepta** la realización de entrevistas, grabación de audio, registro fotográfico y de video; a su vez que la participación en actividades académicas como preguntas, realización de talleres, documentos y demás recursos utilizados en clase y producidos por los estudiantes. Además, el contacto con diversos materiales y herramientas tecnológicas con el fin de ser analizados por los investigadores para la construcción del trabajo de grado.

La participación en este estudio es **voluntaria y no generará ningún tipo de intercambio económico**. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Los investigadores han manifestado que, para efectos del informe de trabajo de grado y posibles publicaciones derivadas de la investigación, se asumirá el compromiso de protección de identidad de los participantes con omisión de nombre propio o uso de seudónimos y, en lo referente al uso de imágenes o grabaciones, los rostros de los participantes no se encontrarán en primer plano o serán difuminados. Además, como parte del proceso, se presentará a los participantes los resultados del estudio.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación a los correos johan.vallejo@udea.edu.co y/o jenifer.munoz1@udea.edu.co. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma.

Yo _____ acepto participar voluntariamente en esta investigación.

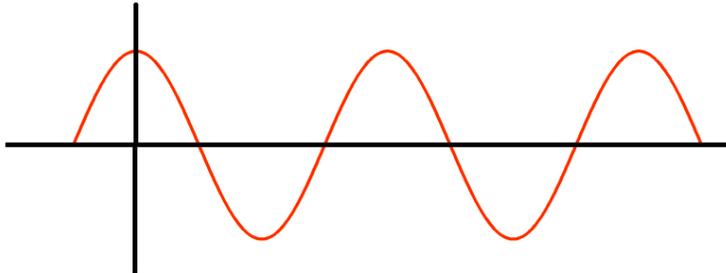
Firma del Participante _____

Nombre del acudiente:

Firma del acudiente _____

Anexo 2. Instrumento el tendedero ondulatorio

Nombre: _____



Cresta:

Valle:

Nodo:

Ciclo:

Amplitud:

Periodo:

Longitud de onda:

Frecuencia:

Anexo 3. Instrumento propagación de ondas sonoras

Propagación de ondas sonoras

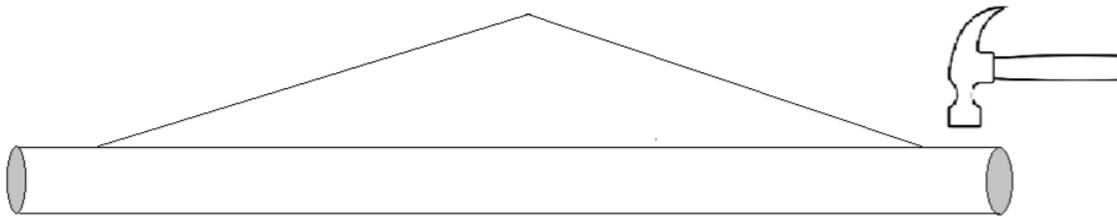
Nombre _____

Objetivos:

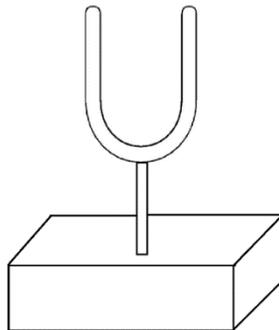
- Representar las ondas a partir de la percepción de los experimentos y las explicaciones.

Después de haber observado los experimentos, representa en cada dibujo cómo crees que se propagaron las ondas sonoras y qué otros elementos afectaron dicha propagación.

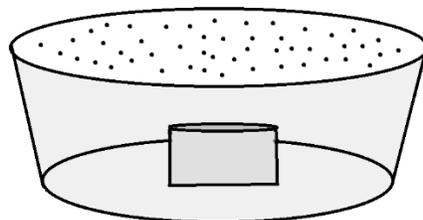
Experimento de la varilla y el martillo



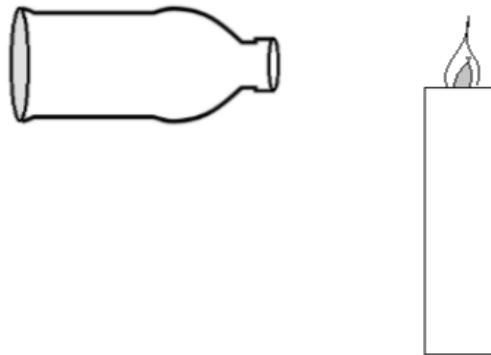
Diapasón



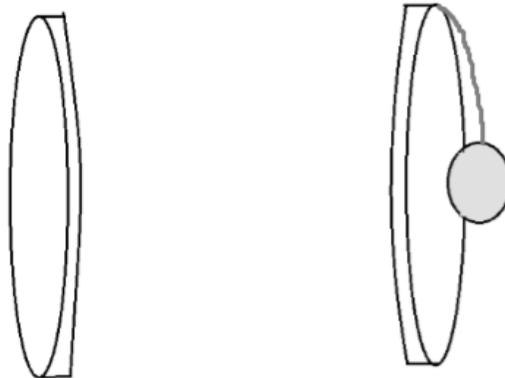
Altavoz y la vibración de la sal



Apagar una vela con una botella



Experimento de las panderetas



Sonido con una copa



Anexo 4. Instrumento variación de la gráfica de la onda y sus elementos**Variación de la gráfica de la onda y sus elementos**

Nombre: _____

Objetivo: Relacionar los elementos de la onda y sus cambios, con la gráfica de dicha onda.

Después de observar la presentación de GeoGebra, contesta las siguientes preguntas, teniendo en cuenta las discusiones dadas en clase además de tus conocimientos.

- Al cambiar algunos elementos de la onda se perciben cambios en la gráfica y en otros elementos de la onda, ¿cuáles cambios puedes identificar que cumplen con lo anterior y como explicas esa relación?

- Con relación a lo trabajado en otras clases y la presentación de GeoGebra, ¿qué representación y/o definición de los elementos de las ondas tienes?

- Esta es la velocidad del sonido en diferentes medios (líquido, gaseoso y sólido), ¿qué puedes observar? Cuéntanos algunas conclusiones que tengas sobre la velocidad del sonido.

Aire 343 m/s	Agua 1400 m/s	Helio 1005 m/s	Vidrio 4500 m/s
Hierro 5000 m/s	Hidrógeno 1300 m/s	Alcohol 1130 m/s	Agua de mar 1560 m/s

- En matemáticas se estudia el tema de relación directa e inversa (relación directamente proporcional o inversamente proporcional) y su uso en ciencias es más común de lo que se piensa, ¿puedes identificar alguna relación directa o inversa entre los elementos de la onda? si su respuesta es sí, representa ¿qué tipo de relación (directa o inversa) y entre cuáles elementos?

Anexo 5. Instrumento simulaciones computacionales y ondas sonoras**Simulaciones computacionales y ondas sonoras**

Nombre: _____

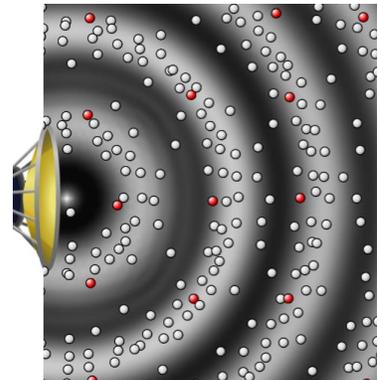
Objetivo: Identificar las relaciones entre los elementos de la onda (frecuencia, amplitud, longitud de onda y periodo) y las cualidades del sonido (intensidad, tono, timbre).

Interactúa con la simulación de PhET para identificar las variables que se pueden modificar y los cambios que se pueden observar y escuchar.

1. Con lo aprendido en clase sobre las maneras de representar las ondas sonoras, ¿crees que el simulador ayuda a comprender de manera clara la propagación de las ondas?, ¿por qué?

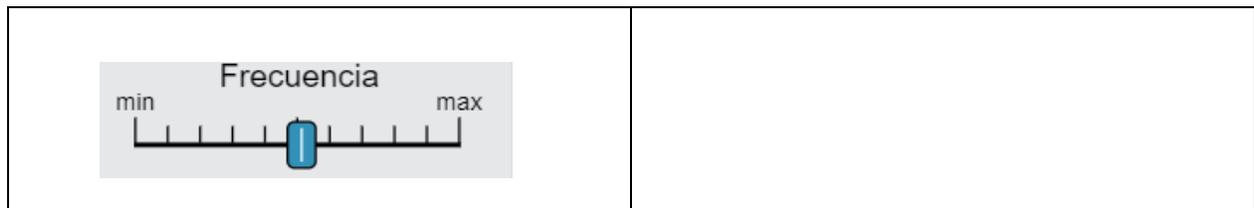
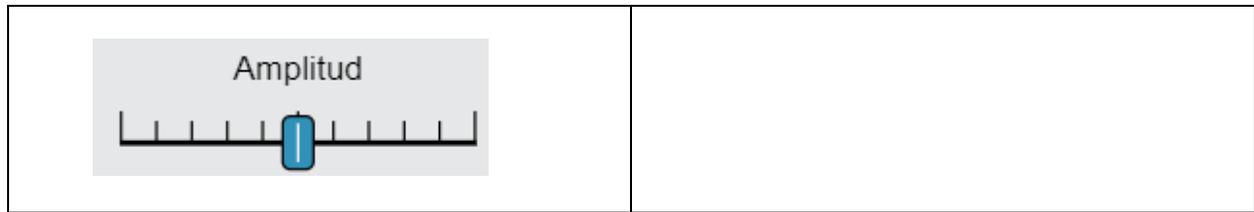
Interactúa en la simulación con las opciones para observar las ondas y las partículas y responde:

2. En relación con lo visto en la simulación y en el video visto en la sesión anterior, ¿cómo se comportan las partículas de una onda sonora?

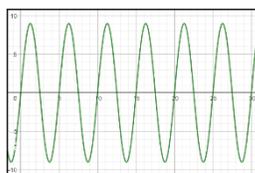


Interactúa en la simulación con las opciones para modificar la amplitud y la frecuencia y responde:

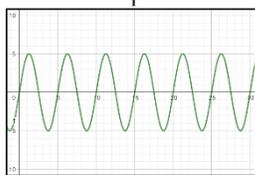
3. ¿Cómo influye el cambio de la amplitud y la frecuencia en la manera que observamos y escuchamos la onda sonora en el simulador?



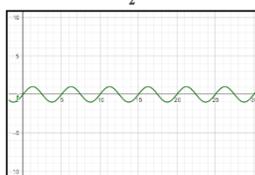
4. Algunos de los elementos de las ondas se pueden relacionar con las cualidades del sonido. Interactuando con el simulador y observando las imágenes, relaciona cada cualidad con la serie de imágenes que corresponda.



1



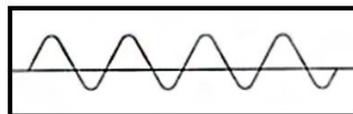
2



3



Timbre



Diapasón



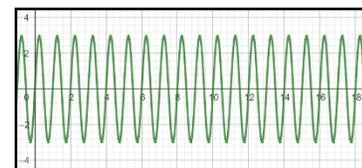
Flauta



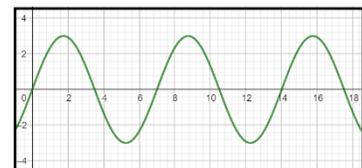
Violín



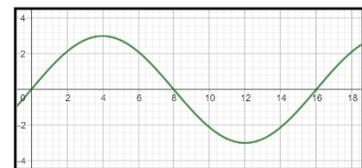
Tono



1



2



3



Intensidad

5. Escoge una frecuencia y una amplitud determinada con los deslizadores. Luego, con las herramientas que brinda la simulación (como el metro y el cronómetro, entre otras), encuentra una manera de medir la **longitud de onda** y el **periodo** en la simulación y halla con esos valores la frecuencia y la velocidad con las siguientes expresiones:

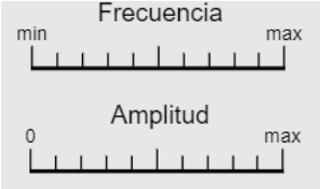
$$f = \frac{1}{T} \qquad v = \frac{\lambda}{T}$$

f = frecuencia

T = periodo

v = velocidad de propagación

λ = longitud de onda

<p>Señala en la imagen la posición escogida de cada una de las variables.</p>	
<p>Datos curiosos</p>	
 <p>Sabías que... Las notas musicales tienen una frecuencia determinada.</p>	 <p>Sabías que... La velocidad del sonido depende del medio y la temperatura.</p>
<p>Escribe tus procedimientos aquí:</p>	

Anexo 6. Instrumento produciendo una onda de sonido en CloudLabs

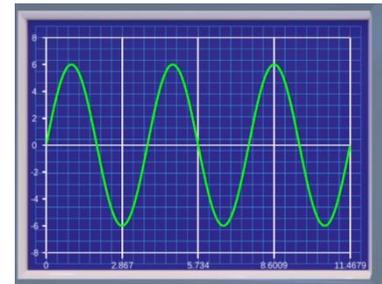
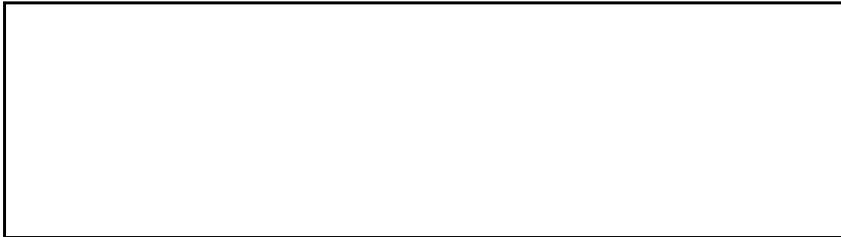
Produciendo una onda de sonido en CloudLabs

Nombre: _____

Objetivos

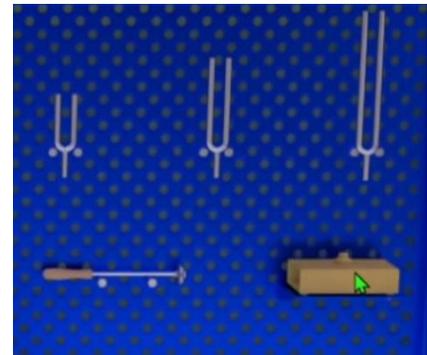
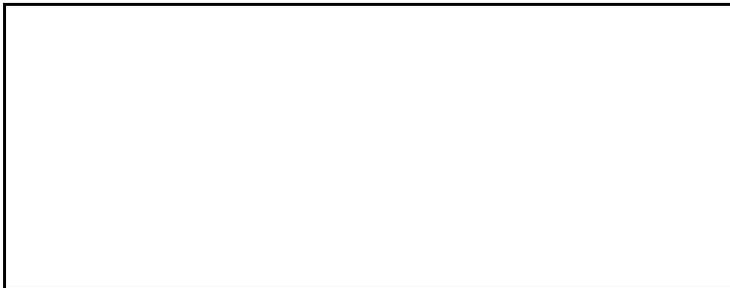
- Clasificar sonidos graves y agudos.
- Identificar la velocidad del sonido a una temperatura determinada.
- Reconocer cambios en los elementos de la onda para cada uno de los diapasones.

1. Escoge un diapasón y ubícalo donde indica CloudLabs, luego tocalo con el martillo. A partir de la onda generada qué se visualiza al sonar el diapasón, ¿qué ocurre con la amplitud en la gráfica y qué cambios notas en el sonido? ¿a qué cualidad del sonido corresponde este cambio?



2. Toca cada uno de los diapasones y al observar la gráfica, responde:

- a. ¿Cuál de los 3 diapasones produce una onda con mayor periodo y de qué manera lo determinaste?



- b. ¿Cuál de los 3 diapasones produce una onda con menor frecuencia y de qué manera lo determinaste?



3. Cada nota musical tiene una frecuencia que la caracteriza. Cuando la frecuencia es menor, el sonido es más grave y cuando la frecuencia es mayor, el sonido es más agudo. Según lo que puedes escuchar en los tres diapasones y tus observaciones de la frecuencia en la gráfica:

¿Cuál de los diapasones es el más agudo? _____

¿Cuál de los diapasones es el más grave? _____

4. La velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura. Escribe cuál es la velocidad en tu caso particular con la temperatura en °C que se muestra en el CloudLabs. Calcúlala con ayuda de la ecuación que encuentras en el icono *i*.



5. Después de todo lo visto hasta ahora, ¿cómo le explicarías qué es el sonido a un estudiante de música? (Sugerencia: utilizar expresiones propias del lenguaje de física).