



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Una propuesta de enseñanza-aprendizaje del movimiento ondulatorio a través de actividades experimentales con apoyo de las TIC: estudio de caso en el grado once del Colegio Santa María del Rosario.

Natalia María Ramírez Gil

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias
Medellín, Colombia
2018

Una propuesta de enseñanza-aprendizaje del movimiento ondulatorio a través de actividades experimentales con apoyo de las TIC: estudio de caso en el grado once del Colegio Santa María del Rosario.

Natalia María Ramírez Gil

Trabajo final de maestría presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales

Director:

M. Sc Diego Luis Aristizábal Ramírez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias

Medellín, Colombia

2018

Resumen

En este trabajo se implementa una metodología para la enseñanza aprendizaje del movimiento ondulatorio en estudiantes de grado once la cual se apoya en actividades experimentales usando las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) y en donde el referente pedagógico es el aprendizaje significativo de Ausubel y Moreira. La intervención se llevó a cabo en el Colegio Santa María del Rosario del municipio de Medellín con un grupo de 28 estudiantes del grado undécimo en 6 sesiones de tres horas cada una. En cada sesión se realizaron múltiples actividades experimentales algunas apoyadas en el software de simulaciones SimulPhysics y otras apoyadas en el software PhysicsSensor, ambos para dispositivos móviles. Inicialmente se lleva a cabo el estudio del Movimiento Circular Uniforme (MCU), se continúa con el estudio del Movimiento Armónico Simple (MAS) el cual comienza ilustrándose como una proyección del MCU. Por último se abordan las ondas mecánicas tanto viajeras como estacionarias presentándose con base en las oscilaciones armónicas. En definitiva, se abordan estos tres movimientos pero no de forma separada sino relacionándolos mutuamente facilitando su comprensión y apropiación del conocimiento. Para analizar el impacto de la intervención se emplearon dos herramientas, la primera fue un cuestionario de 20 preguntas tipo selección única el cual se aplicó antes y después de la intervención y mediante el factor de Hake se estimó cuantitativamente la denominada ganancia de aprendizaje. La segunda, una encuesta de satisfacción. Ambos dieron resultados muy satisfactorios que alientan a seguir aplicando esta metodología en el aula de clase.

Palabras clave: Aprendizaje Significativo, Movimiento Armónico Simple, Movimiento Circular Uniforme, Movimiento Ondulatorio, TIC.

Abstract

In this work, it is implemented a methodology for the teaching and learning process of wave movement in eleventh grader students, which is supported by experimental activities using ICT (Information technology and communications) and where the pedagogical reference is the significant learning of Ausubel and Moreira. The intervention was carried out in the Santa María del Rosario School in the municipality of Medellín with a group of 28 eleventh grader students in 6 sessions of three hours each. In each session, multiple experimental activities were carried out, some of which were supported in the simulation software SimulPhysics and others supported in the software PhysicsSensor both for mobile devices. Initially the study of the Uniform Circular Motion (UCM) is accomplished, the study of the Simple Harmonic Movement (MAS) is continued, which begins by illustrating itself as a projection of the UCM. Finally, mechanical waves, both traveling and stationary, are presented, based on harmonic oscillations. Ultimately, these three movements are addressed but not separately but related mutually related facilitating their understanding and appropriation of knowledge. Two tools were used to analyze the impact of the intervention; the first was a questionnaire of 20 unique type questions which was applied before and after the intervention and by means of the Hake factors the acquired learning was quantitatively estimated. The second, a satisfaction survey. Both gave very satisfactory results that encourage us to continue applying this methodology in the classroom.

Keywords: Meaningful Learning, Simple Harmonic Motion, Uniform circular Motion, Wave Motion, ICT.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	V
Contenido.....	VII
Lista de figuras	VIII
Lista de tablas.....	IX
Introducción	1
1. Descripción del problema y objetivos.....	3
1.1 Selección y delimitación del tema.....	3
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Descripción del Problema	3
1.2.2 Formulación de la pregunta	5
1.3 Justificación	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos Específicos	7
2. Marco Teórico	8
2.1 Referentes y Antecedentes.....	8
2.2 Referente Teórico.....	12
2.3 Referente Conceptual-Disciplinar	16
2.4 Referente Legal	18
2.5 Referente Espacial	19
3. Metodología.....	21
3.1 Selección y preparación del material.....	22
3.1.1 El software	22
3.1.2 Guías y material de laboratorio.....	22
3.2 Selección de la población muestra	23

3.3	Aplicación de test para evaluar el estado inicial.....	23
3.4	Aplicación de las actividades por sesión	23
3.5	Aplicación de test para evaluar el estado inicial.....	46
3.6	Aplicación de una encuesta de satisfacción	46
4.	Resultados y discusión	47
4.1	Ganancia de aprendizaje	47
4.1.1	Factor Hake	47
4.1.2	Resultados con base al factor de Hake.....	48
4.2	Encuesta de satisfacción.....	52
5.	Conclusiones y Recomendaciones	54
5.1	Conclusiones.....	54
5.2	Recomendaciones.....	55
	Anexos.....	59
A.	Anexo: Pretest.....	59
B.	Anexo: Guía SimulPhysics	64
C.	Anexo: Informe de laboratorio masa resorte.....	65
D.	Anexo: Informe de laboratorio péndulo simple.....	67
E.	Anexo: Análisis de simulaciones.....	69
F.	Anexo: Cálculos de ondas.	72
G.	Anexo: Informe de laboratorio onda estacionaria.....	74
H.	Anexo: Encuesta de satisfacción.....	76

Lista de figuras

	Pág.
Figura 3-1. Posición y desplazamiento angular	26
Figura 3-2. VIDEO TRACKER y tabla de datos.....	27
Figura 3-3. Gráficas de posición x e y de la partícula vs tiempo	27
Figura 3-4. Gráfica (cronograma) y ecuación del MAS.....	30
Figura 3-5. Cronograma de un MAS	31
Figura 3-6. MCU s MAS.....	32
Figura 3-7. VIDEO TRACKER sistema masa-resort	35

Figura 3-8. Resultados sistema masa-resorte de uno de los grupos de estudiantes36

Figura 3-9. Muestra experimental sistema masa-resorte37

Figura 3-10. Péndulo simple.....38

Figura 3-11. Resultados péndulo simple de uno de los grupos de estudiantes.....39

Figura 3-12. Onda longitudinal.....41

Figura 3-13. Onda transversal41

Figura 3-14. Onda armónica viajera42

Figura 3-15. MCU vs MAS vs Onda armónica viajera43

Figura 3-16. Ondas estacionarias en cuerdas.....45

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1. Normograma	18
Tabla 3-1. Ecuaciones MCU.....	25
Tabla 3-2. Ecuaciones del MAS.....	29
Tabla 3-3. Ecuaciones del MAS para un sistema masa resorte	33
Tabla 3-4. Ecuaciones del MAS para un péndulo simple	38
Tabla 4-1. Preguntas acertadas.....	48
Tabla 4-2. Factor de Hake	49

Introducción

El movimiento ondulatorio es el modelo físico que permite estudiar fenómenos como el sonido, la luz, entre otros sus múltiples aplicaciones son utilizadas para el continuo desarrollo científico y tecnológico de la humanidad. Para comprender fenómenos como la audición, la visión, la sísmica entre otros y aplicaciones tecnológicas como la radio, la televisión, la holografía, la microscopía, la imagenología, es necesario tener muy claro los conceptos básicos que involucran las ondas. Sin embargo, es muy común que su enseñanza se haga de forma muy mecánica a través de manipulación de fórmulas y con muy baja experimentación lo que usualmente no permite que los estudiantes apropien adecuadamente de estos conceptos.

Esta propuesta se centra en el aprendizaje de los conceptos que conducen al movimiento ondulatorio con el uso de diferentes herramientas educativas integradas y apoyadas en la TIC, lo que incluye guías, experimentos demostrativos y de medición, además de explicaciones por parte del docente. A su vez la presentación de los contenidos conceptuales se hace interrelacionando el MCU, el MAS y las ondas, proporcionando una mejor comprensión de los fenómenos periódicos.

La propuesta se aplica a través de una intervención didáctica a 28 estudiantes del grado once del Colegio Santa María del Rosario. Su desarrollo se realiza en seis sesiones esencialmente experimentales con duración de 3 horas cada una en promedio. El referente pedagógico es el aprendizaje significativo de Ausubel y Moreira, y por lo tanto en el diseño de la propuesta se tiene en cuenta aspectos básicos como el conocimiento previo de los estudiantes, la cercanía de las actividades con la vida cotidiana y el que los participantes se involucren con suficiente motivación en la intervención.

Este informe describe los aspectos básicos de la intervención tanto en su diseño como en su aplicación y evaluación de resultados. Su estructura consiste en cinco capítulos. El primer capítulo contiene el planteamiento del problema, justificación y objetivos a

desarrollar. El capítulo dos corresponde al marco teórico: referentes y antecedentes. En el capítulo tres se presenta el procedimiento implementado (metodología). En el capítulo cuatro se analizan los resultados de la intervención y se hacen las respectivas discusiones. En el capítulo cinco se presenta las conclusiones y las recomendaciones. En los anexos se encuentran los cuestionarios y guías de laboratorio utilizadas.

1. Descripción del problema y objetivos

1.1 Selección y delimitación del tema

Propuesta metodológica que contribuye a la enseñanza y aprendizaje del movimiento ondulatorio para estudiantes del grado once del Colegio Santa María del Rosario, a través de actividades experimentales apoyadas en la implementación de las TICs por medio del uso de PhysicsSensor y SimulPhysics, aplicaciones que permiten la visualización y la medición del movimiento ondulatorio o aspectos de sus características fundamentales tales como periodo, frecuencia, amplitud, longitud de onda, etc.; y también de la relación entre el movimiento circular uniforme, el movimiento armónico simple y el movimiento ondulatorio.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Descripción del Problema

Para la apropiación de los conceptos que encierran los fenómenos físicos, los sujetos utilizan la experiencia vivida como primera medida de interpretación de las cualidades del mundo que los rodea; esta primera interpretación depende de las características particulares de cada sujeto y del contexto donde está inmerso.

En este sentido, en el campo educativo, si se desea que los estudiantes se apropien de un concepto determinado, como en el caso de las ondas, sus propiedades y características, es deber del docente suministrar herramientas apropiadas en un ambiente de aprendizaje adecuado para llevar a cabo las metodologías propuestas para

ello. Es claro, que el uso de herramientas cada vez más sofisticadas, nos brindan la oportunidad de ampliar nuestra manera de ver y percibir el mundo, es el comienzo de una reforma educativa en la que sin lugar a duda se deben tener en cuenta los avances tecnológicos, además es necesario apropiarse de los mismos para mejorar las prácticas educativas.

Es posible que la información acompañada de la tecnología nos permita avanzar en el desarrollo y profundización del análisis, la interpretación, la argumentación, de las múltiples variables que rodean un objeto o sistema a través de la interactividad, debido a que ofrece la posibilidad de indagar a través de múltiples perspectivas, detalles y formas que componen el objeto o sistema en cuestión. Particularmente en la escuela, el uso del tablero, libros o computadores, han brindado al maestro la posibilidad de plasmar un objeto abstracto en un objeto “real”, sin embargo, esto siempre presenta algunas limitaciones.

Ciertamente, antes del computador, solo se podían representar los objetos o fenómenos abstractos mediante una imagen lo más cercana posible a lo que se quería significar, realizada por el docente en el tablero, o plasmada en un libro, pero sin la más mínima posibilidad de recrear un sonido, un movimiento o algún tipo de modificación a no ser de que se dibujara una secuencia de imágenes, para entenderlo mejor; con la invención de los computadores, se ha avanzado en el uso de herramientas que mejoran y dan un nuevo aire a las metodologías de enseñanza en la educación. La “nueva” herramienta permitió la visualización guiada de fenómenos u objetos a través de vídeos o software específicos de cada área, estos ampliaron el campo de visualización, extendiendo las posibilidades de recrear las imágenes agregándoles movimientos y/o sonidos, permitiendo que los estudiantes ampliaran sus posibilidades de interpretación.

En este aspecto, los maestros y personas relacionadas con la educación y el progreso de la misma, y centrados en el papel que juega socialmente, no pueden dejar de lado ni desconocer que debe ir a la vanguardia con los avances culturales, ya sean de carácter socio político, cultural y demás. Es por ello, que se deben preguntarse a diario cómo debe ir avanzando en concordancia con la sociedad en la que actúa. El uso de computadoras, tablet y celulares, son hoy en día herramientas casi indispensables para

realizar labores de la cotidianidad, convirtiéndose igualmente en herramientas educativas útiles para la enseñanza.

El papel del docente es guiar hacia las competencias que debe alcanzar el estudiante, que a partir de la experiencia, el alumno interprete la información, argumente sobre las variables observadas, desarrolle un trabajo colaborativo, y que proponga situaciones a diferentes situaciones problema planteadas. Las herramientas digitales pueden contribuir al análisis de las variables mencionadas además de ser una herramienta motivacional del aprendizaje ya que posibilitan la exploración de los objetos físico matemáticos desde otra perspectiva y pueden contribuir al aprendizaje significativo crítico junto con la transversalización de las áreas mediante la integración de contenidos.

1.2.2 Formulación de la pregunta

¿De qué manera la implementación de las TIC puede ayudar a mejorar la enseñanza aprendizaje del movimiento ondulatorio en las estudiantes del grado once del colegio Santa María del Rosario?

1.3 Justificación

El estudio del movimiento ondulatorio se ha venido impartiendo en el colegio Santa María del Rosario a través de metodologías tradicionales, donde son reducidas las herramientas utilizadas para el análisis de los componentes de este movimiento, además del no establecimiento de relaciones entre los movimientos que subyacen en el movimiento ondulatorio como por ejemplo el movimiento circular, desligando los conceptos y generando vacíos e incertidumbres en las características que conforman una onda.

La importancia de la comprensión de este concepto permite el desarrollo en el avance tecnológico y científico, ya que el estudio del movimiento ondulatorio amplía los conceptos de ondas de luz y de sonido, que son conceptos de múltiples aplicaciones en el mundo y que han hecho parte de los avances que han beneficiado a la humanidad.

Por otro lado, el uso de las TICs permite guiar la visualización de un objeto o fenómeno a través del uso de herramientas digitales, permitiendo a los estudiantes a través de la experiencia y la interacción ampliar su campo de percepción para mejorar competencias de análisis y argumentación frente al cambio de variables que intervienen en una situación particular para efectos de este trabajo, que se comprendan características básicas del movimiento ondulatorio como el periodo, la frecuencia, la amplitud, la longitud de onda y la velocidad de propagación a través de videos proporcionados para analizar con PhysicsSensor y simulaciones de SimulPhysics, estas herramientas acopladas en actividades experimentales.

La actualidad en permanente cambio dota de múltiples herramientas innovadoras para facilitar la comunicación y el que hacer en el mundo que nos rodea en este sentido, la educación debe ir enfocada al desarrollo de competencias para que el sujeto se desenvuelva de manera efectiva en una determinada situación.

Con este trabajo se pretende además, que el docente transforme sus metodologías tradicionales por nuevas metodologías o por lo menos metodologías estructuradas acordes con los cambios sociales o culturales, mostrando los alcances en el aprendizaje del movimiento ondulatorio que se pueden obtener mediante el uso de herramientas digitales como complemento en las prácticas de laboratorio para la visualización de objetos o fenómenos abstractos.

Finalmente, el colegio Santa María del Rosario, tiene como proyecto educativo el uso de las TICs como herramienta metodológica para la enseñanza, por esta razón, con este trabajo se desea contribuir a dicho proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar una propuesta metodológica en el aula que contribuya a la enseñanza aprendizaje del movimiento ondulatorio con el uso de las TIC.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer el estado inicial (pre test), que poseen las estudiantes sobre los conceptos básicos del movimiento ondulatorio.
- Recopilar y/o desarrollar material didáctico que sea potencialmente significativo para las estudiantes y que permita la apropiación de los conceptos básicos del movimiento ondulatorio.
- Aplicar el material didáctico mediante actividades que conduzcan a un aprendizaje significativo y que faciliten la apropiación de los conceptos básicos del movimiento ondulatorio.
- Establecer el estado final (post test) que poseen las estudiantes sobre los conceptos básicos del movimiento ondulatorio.
- Estimar la ganancia de aprendizaje en las estudiantes sobre los conceptos básicos del movimiento ondulatorio.
- Evidenciar cualitativamente el nivel de aceptación que las estudiantes tuvieron de la metodología empleada.

2. Marco Teórico

2.1 Referentes y Antecedentes

En la búsqueda de los antecedentes bibliográficos sobre la enseñanza del movimiento ondulatorio se tuvo en cuenta como característica principal que se hiciera usando herramientas tecnológicas que innovaran en las metodologías de enseñanza de la física.

En la Revista Eureka de España, sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, se publica en el año 2005 el artículo titulado “*Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos*” (Pontes, 2005) del autor Alfonso Pontes Pedrajas. En este artículo, se expone el análisis de las funciones y posibles objetivos educativos de las TICs en los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales en el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias. Presenta aspectos que se resaltan a continuación: en el aspecto conceptual, se resalta el alcance de los objetivos a partir de la adquisición de conocimientos teóricos con las TICs como facilitadoras del acceso a la información, influyendo de alguna manera en el aprendizaje de conceptos científicos debido a su exposición en diferentes representaciones, tales como textos, imágenes, sonidos, vídeos, simulaciones, entre otras, que se relacionan con fenómenos, teorías y modelos científicos; en el aspecto procedimental, la implementación de herramientas tecnológicas posibilita la construcción e interpretación de gráficos, la elaboración y contrastación de hipótesis, la resolución de problemas asistida por ordenador, el manejo de sistemas informáticos de adquisición de datos experimentales y el diseño de experiencias de laboratorio mediante programas de simulación de procedimientos experimentales; y en el aspecto actitudinal, el uso de las TICs, favorecen el intercambio de ideas, la motivación y el interés de los alumnos por el aprendizaje de las ciencias. Para finalizar, cabe resaltar la siguiente apreciación [...] “de las aplicaciones informáticas que presentan mayor

interés para la enseñanza de las ciencias, se encuentran los programas de simulación y los sistemas tutoriales integrados, que incluyen contenidos teóricos” (Pontes, 2005).

En el año 2008, Olga Lucía Castiblanco y Diego Fabián Vizcaíno, presentaron el artículo “El uso de las TICs en la enseñanza de la Física” (Castiblanco & otros, 2008) para reflejar la incidencia de estas herramientas en los roles de estudiantes y docentes dentro del campo de la formación científica, donde el comportamiento de los fenómenos hace que la capacidad de abstracción y raciocinio se ponga en juego por parte de los actores de dicho proceso, llegando a campos de conocimiento que exigen la interacción con el objeto mismo de estudio a partir de una práctica diseñada para tal fin. En este sentido, el papel del docente se manifiesta como un orientador que asimila, produce y utiliza de manera óptima las herramientas tecnológicas en la formación de sus estudiantes, incentivando el desarrollo de habilidades y el alcance de competencias apropiadas mediante la incorporación de diversas experiencias que propicien la aplicación de los conocimientos y destrezas.

Javier Guillermo Posada, presenta en el 2013 una propuesta de enseñanza titulada “*Unidad didáctica: Enseñanza de las ondas mecánicas para grado octavo*” (Posada, 2013) en este trabajo se implementó una metodología donde se utilizaron herramientas TICs, laboratorios físicos y virtuales para la enseñanza de las características del movimiento apelando al análisis de los fenómenos que nos rodean, proponiendo ambientes de aprendizaje propicios para el estudio de los fenómenos físicos asociados a las ondas mecánicas. Con la aplicación de esta metodología se concluye que hay una mayor participación por parte de los estudiantes debido a que aumenta el nivel de interés y la motivación, se propicia el trabajo colaborativo.

En el 2014, Edna Yadira Ortega y Hernando Tamayo de Santiago de Cali, presentan “*Inclusión de las tecnologías de la información y las comunicaciones como recurso didáctico en la enseñanza de ondas*” (Ortega & otros, 2014) en este trabajo las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones [TIC] se implementaron como medio de apoyo de las prácticas pedagógicas, en especial en el área de Física, específicamente para el tema de Ondas, con el fin de favorecer la comprensión y aplicación de los conceptos llevando a cabo la inclusión de un modelo virtual, mediante el uso de la plataforma PhET y el Proyecto Newton, con las cuales los estudiantes podían visualizar,

comprender y tener en claro la aplicabilidad de estos fenómenos naturales en su entorno inmediato. Su utilización en estudiantes de Ingeniería Electrónica, logró excelentes resultados e hizo posible la construcción del conocimiento y el aprendizaje significativo por lo que se propone su utilización para optimizar el proceso de enseñanza aprendizaje.

En este mismo año (2014), Mercedes Delgado, Xiomara Arrieta, y Víctor Riveros presentaron, en Venezuela, el escrito “Lineamientos teórico-metodológicos para el uso de las TIC en la formación de conceptos científicos en física” (Delgado & otros, 2014) como elementos mediadores en la formación de conceptos científicos, específicamente en el tema de ondas mecánicas. En este trabajo se describe como el uso de las TIC en los procesos educativos agrega valor a la formación de conceptos científicos ya que apoyan al docente y al estudiante en la construcción de conocimientos, lo que implica que el modelo educativo se adecue a la implementación de estrategias y recursos novedosos para el desarrollo de actividades, además de una evaluación integradora de los procesos conducentes a la obtención de aprendizajes significativos.

Desde otra perspectiva, en el 2016, Wilmar Stiven Murillo, Arias Oscar David Zapata Restrepo y Carlos Disarly Valencia Álvarez, en su trabajo “*Construcción de la noción de onda y el fenómeno de interferencia en el grado noveno*” (Murillo & otros, 2016) presentan el diseño e implementación de una práctica experimental integrada con el uso de herramientas digitales y situaciones problema para aproximar a los estudiantes del grado noveno a la noción de onda mecánica y al fenómeno de interferencia, donde se reafirma que la articulación de recursos digitales y la elaboración de prácticas experimentales como herramienta didáctica, proveen a los estudiantes de un ambiente de aprendizaje que favorece algunos aspectos tales como la motivación y la optimización del tiempo en la construcción de significados sobre los fenómenos ondulatorios.

Durante este mismo año (2016), en Bucaramanga, Francly Nelly Jiménez García y Ligia Beleño Montagut, escribieron un artículo titulado “*Integración de las TIC en el curso de ondas y partículas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga*” (Jiménez & otros, 2016) donde se muestra los resultados de un proyecto de investigación cuyo objetivo fue Implementar y evaluar el uso de las TIC en la enseñanza de la física en las carreras de ingeniería de la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB) usando la plataforma TEMA como metodología adicional a la tradicional, encontrando como elementos a favor

de la implementación la motivación por parte de los estudiantes, el fortalecimiento de habilidades científicas en cualquier lugar fuera del aula por medio de diferentes herramientas de comunicación aplicadas, la efectividad de las TIC implementadas como herramienta de apoyo a las metodologías tradicionales, el desarrollo de la comprensión mediante el aprendizaje visual y auditivo.

A su vez, el trabajo *“Diseño de una unidad didáctica para el análisis del desplazamiento de un oscilador armónico mecánico. Propuesta basada en la implementación del computador para el registro gráfico del movimiento de un sistema masa resorte en tiempo real”* (Vélez, 2016), del autor Nicolás Vélez Cadena, implementa actividades contextualizadas basándose en la idea de educación con tecnología a través del uso de un oscilador mecánico real en conjunto con un emulador gráfico inédito para el registro de su desplazamiento como herramienta didáctica. Dicho sistema proporciona el trabajo a partir de la interacción, donde es imperativo el énfasis en la conceptualización física y el análisis de las situaciones desde los parámetros físicos generales, que serán traducidos posteriormente a ecuaciones matemáticas. Este trabajo incita a la reflexión sobre la relación dialéctica entre el significado físico y su modelación matemática en el estudio de la ciencia, y en el ámbito pedagógico a la transformación de su enseñanza, como una simple transmisión del conocimiento a su reconstrucción mediante experimentación e investigación orientada, que permita la experimentación y la comprobación de la información a partir de actividades a través del uso de las Tics, la experimentación, la discusión, entre otras.

En el 2017, se presenta el trabajo de Milena Molina Ríos, que lleva por título *“Diseño de propuesta de enseñanza-aprendizaje de la física básica, especialmente la cinemática, mediante la representación gráfica, interpretación y análisis de eventos físicos a través de actividades experimentales usando los dispositivos móviles: estudio de caso en el Laboratorio de Física Mecánica para Ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín”* (Molina, 2017) el cual propone conducir al aprendizaje de los conceptos básicos de la física, especialmente el de la cinemática, la representación de gráficos, interpretación y análisis de eventos físicos, con actividades experimentales usando las denominadas NTIC (Nuevas Tecnologías de la Información la Comunicación) a través de los dispositivos móviles y las aplicaciones PhysicsSensor y SimulPhysics, dónde además

se presenta el impacto del uso de dichas herramientas en la apropiación de los conceptos trabajados.

Estos y otros trabajos donde se implementan las TIC como herramientas de apoyo a las metodologías tradicionales, para la enseñanza de la Física, son una fuente de inspiración que incentiva al diseño de propuestas de enseñanza aprendizaje que no solo se apliquen a estudiantes universitarios sino a estudiantes de la media académica y el bachillerato, por su claridad en las fortalezas que se destacan en este tipo de herramienta didáctica.

2.2 Referente Teórico

La base de un aprendizaje significativo como estrategia de enseñanza se apoya en gran medida en los materiales educativos que se utilizan para ello es el docente quien dirige el aprendizaje de los estudiantes valiéndose de múltiples estrategias, como lo dicta Moreira (2000) dichas estrategias deben tener como fin la adquisición de un conocimiento más completo o mejor estructurado de acuerdo con los conocimientos previos del aprendiz, los cuales pueden ser suscitados a través de preguntas minuciosamente establecidas, cuya intención va acorde con lo que el docente quiere estimular, estas preguntas son instrumentos de percepción, su forma y sus suposiciones determinan la naturaleza de la respuesta como lo afirma dicho autor.

En la interacción personal, la perspectiva individual es fundamental en la condición de sujeto de una cultura ahora, debe el sujeto hacer uso de su perspectiva e interactuar con los demás para hacer una construcción simbólica en la comunidad a la que pertenece lo más cercana a la realidad y, en el punto en el que su comunidad se aleja de dicha realidad, debe hacer uso de su propia representación computacional para hacer una postura crítica a lo que Postman y Weingartner (1971) referencian como subversivo: es el sentido de no aceptar pasivamente las cosas en términos del aprendizaje.

Para lograr dicha enseñanza subversiva en el sentido de lograr un aprendizaje significativo crítico, se tienen como fundamento los siguientes principios propuestos por Moreira:

Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas. En este principio la relación docente y alumno es fundamental en cuanto el docente facilita los ambientes de aprendizaje haciendo un llamado a la curiosidad por medio de preguntas que inciten a los estudiantes al aprendizaje de nuevos conceptos, como afirman Postman y Weingartner citados por Moreira (2000) “[...] el conocimiento es producido en respuestas a preguntas; todo nuevo conocimiento resulta de nuevas preguntas [...] ” (pág. 6) de ahí la importancia de las preguntas problematizadoras que el docente propondrá a través de un foro en el que se pretenda dar respuesta a una pregunta inicial, por ejemplo, ¿cómo llega el sonido a nuestros oídos?. Como consecuencia, esta pregunta inicial incitará nuevas preguntas por parte de los estudiantes en esta interacción entre profesor y alumnos “lo que importa es que profesor y alumnos se asuman epistemológicamente curiosos”, motivándolos al conocimiento científico a partir de una cuestión sobre algo que los rodea constantemente como lo es el sonido las tecnologías como la radio, la telefonía celular, el Internet, entre muchas otras, se basan conceptualmente en el entendimiento de las ondas, y en relación con esto propiciar y alentar la pregunta del alumno frente a cuáles serían las propiedades y las características de las ondas que permiten sus enormes aplicaciones en la vida moderna y en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física ondulatoria puedan dar respuesta a sus interrogantes.

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. Utilizar todo el material educativo posible con fines reconstructivos, es decir, donde alumno y profesor se interesen en retomar las fuentes primarias que condujeron a la construcción de los conceptos existentes dando claridad a las características de los mismos para ello, el docente hace uso de diversos materiales instruccionales como material concreto: péndulos, resortes, cuerdas, entre otros que son de fácil manipulación, llamativos y resistentes; guías e informes de laboratorio y el uso de los dispositivos móviles para realizar simulaciones en los talleres experimentales proporcionando la indagación de los conceptos a través de diferentes medios, ampliando el campo de observación y por ende la percepción en cada uno de ellos. Los diferentes medios facilitan la visualización de las ondas y sus diferentes comportamientos y cualidades la observación de un movimiento de vaivén con respecto a una posición de equilibrio puede conducir al entendimiento y la aplicación de la teoría de ondas y cómo éstas son capaces de transferir energía entre

dos puntos, sin que se transporte materia. La observación de dicho fenómeno desde diferentes perspectivas con ayuda de los diversos materiales, puede promover la discusión constante en los equipos de trabajo acerca de las características observadas, generando conclusiones más amplias sobre la práctica elaborada con respecto a las **ondas** como perturbaciones que se propagan a través de la materia para el caso de ondas mecánicas.

Principio del aprendiz como perceptor/ representado, principio del aprendizaje por error y principio del desaprendizaje. El alumno debe ser un perceptor y no un receptor de la información, la importancia de dicha percepción subyace en la funcionalidad que esta le represente al constructor o perceptor de la información para lograr algún objetivo en la medida en la que algún pre concepto no le sea útil, el aprendiz tendrá como alternativa cambiar las antiguas percepciones y desarrollar unas nuevas o más funcionales que le permitan concluir con los objetivos de la práctica propuesta por el docente en el taller experimental. Esto conduce a una reestructuración de los nuevos conceptos en relación con los conceptos previos mediante una visualización guiada (dirección de la percepción) y la subsecuente representación de los mismos a través de las simulaciones en el dispositivo móvil. El alumno podrá realizar comparaciones entre los eventos obtenidos en el laboratorio y las simulaciones al cambiar las características de las ondas como la amplitud, frecuencia, periodo y longitud de onda para desarrollar las guías propuestas. La simulación en el móvil tendrá como objetivo corroborar los datos obtenidos en la práctica para encontrar las variantes del medio que pueden incidir en el cambio del movimiento ondulatorio.

Principio del conocimiento como lenguaje y principio de la conciencia semántica.

La comprensión de cualquier ciencia radica fundamentalmente en la comprensión del lenguaje en la que se inscribe el conocimiento que imparte cifrado en su simbología y la manera como se percibe el mundo a través de ello. En esta medida, el docente debe reconocer las categorías lingüísticas que dispone el aprendiz, se hace necesario un conocimiento de los significados connotativos y denotativos de los alumnos a través de preguntas que conduzcan a lo que entienden por determinada palabra o su uso en el lenguaje cotidiano. Con base en ello, establecer una relación de todos los significados propuestos y su relación con el mundo que los rodea, hasta lograr una conciencia semántica del significado de las palabras científicas que hacen parte del lenguaje de

ondas e institucionalizarlas mediante la elaboración de un mapa mental. De esta manera, asociar de manera visual los elementos de una onda a través de su representación gráfica, algebraica e icónica las ondas no solo tienen propiedades como la frecuencia, la amplitud, la longitud de onda o el período que permiten definir las y cuantificarlas, sino que además, presentan comportamientos como la refracción, la reflexión, la interferencia y la capacidad para transportar energía, lo que permite que puedan utilizarse en diversos aspectos de la vida diaria.

Principio de incertidumbre del conocimiento. Las preguntas, definiciones y metáforas son herramientas de percepción su finalidad es la de conducir al pensamiento crítico del significado de lo que hoy se ha institucionalizado como verdadero, una visión del mundo que se ha explicado a través del lenguaje y que puede ser recreada a partir de la visión de un nuevo perceptor. El docente a través de las prácticas e informes de laboratorio buscará una interpretación y postura crítica por parte de los estudiantes. “Podría decirse que las preguntas constituyen el principal instrumento intelectual disponible para los seres humanos” y en consideración a ello y a la criticidad con la que lo asuman los alumnos, las definiciones de los conceptos a través del mundo que les rodea, de su consecuente utilidad para la humanidad, de la interpretación que cada uno le da de acuerdo a sus intereses, podrían pensar en qué podrían inventar o ingeniar a partir de lo que aprendieron en la práctica educativa y en qué sentido sería útil el conocimiento aprendido. Mediante la observación de las perturbaciones formadas en un estanque por la caída de una piedra o una gota de agua, las cuales se expanden por la superficie del agua hacia la orilla debido a la vibración de las “porciones” de agua con respecto a un punto de equilibrio transmitiendo energía a las “porciones” contiguas por causa de dicha vibración, el alumno podrá realizar conjeturas acerca de la relación entre los conceptos de vibración, onda y energía en un intento por describir lo sucedido experimentalmente con respecto al comportamiento de las “porciones” de agua y validar mediante el uso de los materiales educativos proporcionados por el docente, si sus conjeturas sobre la relación entre dichos conceptos se relacionan medianamente con la veracidad de lo establecido científicamente.

2.3 Referente Conceptual-Disciplinar

A través del tiempo las personas se han interesado por conocer los fenómenos del mundo que les rodea. Basándose en las leyes de la física se desarrollan artefactos que facilitan la subsistencia. La medicina, la ingeniería civil, la ingeniería industrial, la ingeniería mecánica, la bioingeniería, la robótica, la nanotecnología, las telecomunicaciones, la electrónica, entre otras, se han apoyado en el conocimiento de la física; también en el movimiento ondulatorio, el cual aparece en casi todas las ramas de la ingeniería.

A partir de los estudios que se hacen de las leyes de la mecánica, la termodinámica y el electromagnetismo, en las que está inmerso el concepto de onda, los seres humanos no solo han mejorado la calidad de vida sino la subsistencia. Y en su insistencia por comprender la naturaleza y los fenómenos que la subyacen, la física se distingue por su evolución a través de las transformaciones que experimenta.

Precisamente por el interés innato que despiertan el mundo y sus fenómenos, se puede educar para la comprensión de los alcances de la ciencia, influyendo en el mejoramiento de las condiciones de vida de las personas, así como en la responsabilidad que conlleva hacer la aplicación y uso del avance tecnológico con un alto sentido de la conservación y preservación del medio ambiente. El niño es un científico en embrión en cuanto se pregunta por el mundo que le rodea. El docente debe valerse de esta curiosidad para adentrarlo en el mundo de la ciencia, donde aprenderá las causas de los fenómenos y las cualidades de los conceptos físicos que los sustentan.

La enseñanza de la física no debe partir de contenidos teóricos inamovibles. Su objetivo es la formación de competencias científicas para fortalecer las habilidades del pensamiento, como se expresa en los estándares de educación (MEN 2004); su pretensión es la de fomentar y desarrollar la curiosidad, la honestidad en la recolección de datos y su validación, la flexibilidad, la persistencia, la crítica y la apertura mental, la disponibilidad para tolerar la incertidumbre y aceptar la naturaleza provisional propia de la exploración científica, la reflexión sobre el pasado, el presente y el futuro, el deseo y la

voluntad de valorar críticamente las consecuencias de los descubrimientos científicos, y la disposición para trabajar en equipo.

La física ondulatoria posibilita que los estudiantes asocien los efectos obtenidos a partir del movimiento ondulatorio a posibles causas físicas analizadas por los mismos superando lo que para Pottman y Weingartner corresponde a una causalidad simple, única y mecánica, intentando superar una enseñanza tradicional de concepciones únicas e inmutables, propiciando espacios de reelaboración de los conceptos y su aplicabilidad e influencia en el mundo que les rodea. Por ejemplo, el movimiento ondulatorio asociado con las ondas producidas en el aire o en el agua y su aplicabilidad en la generación de la energía eléctrica, el sonido de los instrumentos musicales y de la propia voz; las ondas que se propagan en los medios elásticos, como en el caso de las columnas de una construcción, los sismos; y en el campo electromagnético como, las ondas de radio, de TV, de luz, los rayos X, etc., mencionando solo algunas.

De acuerdo con lo anterior, podría afirmarse que la mayoría de fenómenos en nuestro planeta se relacionan directamente con los movimientos ondulatorios. La luz que recibimos del Sol y que se propaga por medio de ondas electromagnéticas hasta llegar al planeta Tierra, propicia condiciones apropiadas para el desarrollo de la vida, por ejemplo, el dosel de la cubierta vegetal sobre el planeta es una gran antena de captación de luz solar para realizar la fotosíntesis lo que produce atmósfera de oxígeno fundamental para el desarrollo de la vida y de la biodiversidad en el planeta. No se puede prescindir de esto cuando de pensar en avances científicos se trata: el uso que se le da a las propiedades de las ondas ha inspirado a la ciencia y a la tecnología a través de la historia; el uso de ondas mecánicas y electromagnéticas ha permitido la fabricación de artefactos en pro del desarrollo social; la invención de la bombilla se valió del movimiento ondulatorio de electrones generando una corriente alterna para su desarrollo y cualquier aparato que se deba conectar a la toma de corriente eléctrica se vale de ese sistema, por estas y otras razones se podría afirmar que la vida transcurre rodeada de movimientos ondulatorios.

Además, con su enseñanza mediante estrategias interdisciplinarias, se fortalecen habilidades en el pensamiento crítico, como lo propone Moreira: estudiantes capaces de desenvolverse en una situación en particular de acuerdo con el contexto, asumiendo una postura de análisis frente a un problema y a la posibilidad de sus múltiples

transformaciones, situaciones que involucran los procesos, que fortalecen las competencias no solo científicas sino las competencias presentes en diversas áreas del conocimiento, como matemáticas, lengua castellana, ciencias sociales, economía y política, historia, tecnología, emprendimiento, ética, química, biología, a partir de la argumentación, proposición e interpretación textual, análisis gráfico, solución de problemas, ejercitación de procedimientos, recopilación y procesamiento de la información, creación de modelos matemáticos, historia del desarrollo cultural, tecnológico y social, entre otros.

Este ambiente de aprendizaje interdisciplinar posibilita al docente un espacio motivacional para la enseñanza de la ciencia, en particular, la enseñanza de la física de ondas. En este proceso de enseñanza aprendizaje, alumno y docente, deben mostrarse científicamente curiosos para dar inicio a un recorrido por los fenómenos que constituyen el mundo en el que habitan y lo que ha significado para el desarrollo de la humanidad el desarrollo de este conocimiento.

2.4 Referente Legal

Tabla 2-1. Normograma

Documento rector	Texto de la norma	Contexto de la norma
Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales (2003)	<i>Establezco relaciones entre frecuencia, amplitud, velocidad de propagación y longitud de onda en diversos tipos de ondas mecánicas.</i> (pág. 139)	Las normas aquí especificadas apoyan de manera curricular la propuesta de enseñanza-aprendizaje de las ondas, dando pie a la enseñanza de la física ondulatoria para cumplir con los estándares establecidos por el MEN, la ley general de educación y la constitución política de
	<i>Explico el principio de conservación de la energía en ondas que cambian de medio de propagación.</i> (pág. 139)	
	<i>Explico las aplicaciones de las</i>	

	<i>ondas estacionarias en el desarrollo de instrumentos musicales. (pág. 139)</i>	Colombia haciendo hincapié al mejoramiento cultural, científico, tecnológico y la protección del ambiente que se encuentran igualmente establecidos en el plan de área del Colegio Santa María del Rosario.
DBA (Derechos Básicos de Aprendizaje)	<i>Comprende la naturaleza de la propagación del sonido y de la luz como fenómenos ondulatorios (Ondas mecánicas y electromagnéticas, respectivamente). (pág. 37)</i>	

2.5 Referente Espacial

El Colegio Santa María del Rosario se encuentra en el sector del poblado de la ciudad de Medellín. Es una institución privada de las hermanas Dominicanas de Siena, que cuenta con todos los espacios y materiales disponibles para aplicar diversas metodologías de enseñanza.

El colegio brinda educación en los niveles de preescolar, básica primaria, básica secundaria y media académica. Cuenta con una población pequeña, siendo el grupo más numeroso de 28 estudiantes y el más pequeño de 15, lo que facilita en algunos grupos una educación más personalizada, como es el caso del grado once, donde se llevó a cabo la propuesta de enseñanza aprendizaje descrita en este trabajo.

Su enfoque pedagógico se sustenta teóricamente en el marco de las teorías mediacionales, las cuales consideran que el aprendizaje es un proceso de conocimiento, de comprensión de relaciones, donde las condiciones externas actúan mediadas por las condiciones internas. Por esta razón, se da una especial importancia a las variables internas del aprendizaje, considerando la conducta como totalidad, dándole supremacía al aprendizaje significativo que supone reorganización cognitiva y actividad interna.

En la filosofía del colegio se encuentra enmarcado un principio fundamental que da sentido al aprendizaje en pro del progreso social: “La educación conlleva al descubrimiento de la Verdad, lo cual exige el saber, el saber ser y el saber hacer...” proponiendo en el área de Ciencias Naturales la asignación de la física como asignatura desde el primer año del bachillerato y estableciéndolo en la malla curricular con una intensidad académica de una hora semanal, con la intención de abarcar la física desde los conceptos básicos, para incrementar la mejora en el desempeño académico y los resultados de pruebas externas en los grados superiores.

Acorde con lo anterior, este trabajo pretende contribuir a la educación de ciudadanos competentes al servicio de la humanidad, la ciencia y la tecnología que posibiliten el desarrollo y progreso en beneficio de la sociedad en la que se encuentran inscritos a través de la enseñanza de la física.

3. Metodología

Con la elaboración de esta propuesta se pretende contribuir a la enseñanza y aprendizaje de los conceptos básicos del movimiento ondulatorio como el periodo, la frecuencia, la amplitud, la longitud de onda y la velocidad de propagación, mediante la elaboración de actividades experimentales de laboratorio apoyadas en la implementación de tecnologías de la información y la comunicación como PhysicsSensor y SimulPhysics, que proporcionan reproducciones visuales con las cuales se puede interactuar, evaluando las características de los componentes de una onda y analizando las variables que la componen y su correlación. Con esto se espera mejorar desempeños de proposición y argumentación que se vean reflejados en las pruebas internas de la institución y posteriormente mejoras en las pruebas externas.

Esta propuesta se desarrolló en la maestría de la enseñanza de las ciencias exactas y naturales, en su línea de profundización, y se aplicó mediante un estudio de caso consistente en una intervención de aula en un grupo de 28 estudiantes del grado 11 del Colegio Santa María del Rosario del municipio de Medellín, a través de seis sesiones de 3 horas cada una en promedio. El referente pedagógico tomado fue el aprendizaje significativo crítico de Ausubel-Moreira.

El procedimiento de la intervención fue el siguiente:

- ✓ Selección y preparación del material.
- ✓ Selección de la población muestra
- ✓ Aplicación de test para evaluar el estado inicial.
- ✓ Aplicación de las actividades por sesión
- ✓ Aplicación de test para evaluar el estado final.
- ✓ Aplicación de una encuesta de satisfacción.

3.1 Selección y preparación del material

La intervención consistió en la enseñanza aprendizaje de los conceptos básicos del movimiento ondulatorio y su relación de éste con el MCU (Movimiento Circular Uniforme) y con el MAS (Movimiento Armónico Simple). La metodología se apoyó en actividades experimentales mediadas por la NTIC (Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación). Con base en esto se seleccionó y preparó el material que se consideró adecuado para este tipo de intervención el cual se describe a continuación.

3.1.1 El software

3.1.1.1 SimulPhysics Mobile Edition¹

Este software es de libre uso y está disponible sólo para dispositivos ANDROID. De éste se usaron las simulaciones disponibles tanto para oscilaciones como para ondas.

3.1.1.2 PhysicsSensor Mobile Edition²

También de libre uso. Se usó para análisis de los videos con su aplicación **VIDEO TRACKER** y para generar señales armónicas con su aplicación **GENERADOR DE SEÑALES**.

3.1.2 Guías y material de laboratorio

Se utilizaron 6 guías para realizar las actividades respectivamente:

- ✓ Usando SimulPhysics analizar la relación entre el MCU y el MAS (anexo B).
- ✓ Estudios de la oscilación de un sistema masa-resorte (anexo C).
- ✓ Estudio de la oscilación de un péndulo simple (anexo D).

¹ Se puede obtener el siguiente link:

http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/simulphysics_mobile_edition/versiones.html

² Se puede obtener el siguiente link:

http://ludifisica.medellin.unal.edu.co/recursos/simulphysics_mobile_edition/versiones.html

- ✓ Taller sobre análisis de las simulaciones sobre ondas usando SimulPhysics (anexo E).
- ✓ Taller sobre breves cálculos de parámetros del movimiento ondulatorio (anexo F).
- ✓ Experimento sobre ondas estacionarias en cuerdas (Anexo G).

Adicionalmente se usaron guías de laboratorio proporcionadas por PhysicsSensor para realizar varios experimentos como se indicará en la descripción de las actividades.

3.2 Selección de la población muestra

La población muestra la conforman 28 estudiantes de sexo femenino entre los 15 y 17 años de edad que cursan el grado once en el colegio Santa María del Rosario ubicado en el sector del poblado estrato 5 y 6.

A nivel académico las estudiantes no mostraban mucho interés por el aprendizaje de la física y manifestaron en diferentes ocasiones que nunca habían recibido una enseñanza interactiva y práctica sino más bien teórica por lo que al realizar las actividades mostraron gran motivación.

3.3 Aplicación de test para evaluar el estado inicial

Para estimar el estado inicial en el que se encuentran las estudiantes respecto al tema a tratar se aplicó un test sobre conocimientos específicos del movimiento ondulatorio. Este constó de 20 preguntas seleccionadas cuidadosamente (anexo A). El tiempo asignado para responder el test fue de 60 minutos.

3.4 Aplicación de las actividades por sesión

Se realizan 6 sesiones que contienen, cada una, una explicación de los contenidos seguidos en una actividad experimental, haciendo uso de PhysicsSensor y SimulPhysics. Estos se aplican en el análisis posterior de los resultados obtenidos y, determinando matemáticamente el valor de las variables establecidas.

Adicionalmente a este trabajo, se realizan algunos talleres para fortalecer habilidades de cálculo y percepción a través del simulador. También se llevan a cabo muestras experimentales por parte del docente para visualizar los aspectos que intervienen en el movimiento ondulatorio, acompañadas por el desarrollo de guías o informes de laboratorio para el análisis y el cálculo.

Las sesiones son:

- MCU y sus proyecciones armónicas.
- MCU vs MAS
- MAS: Sistema masa-resorte
- MAS: Péndulo simple
- Ondas Viajeras
- Ondas Estacionarias

Sesión N. 1 MCU y sus proyecciones armónicas

El objetivo de esta sesión es deducir a través de un análisis gráfico las ecuaciones básicas del movimiento circular uniforme, para una masa puntual y verificarlas de manera experimental. Tabla 3-1. Para ello se da una breve introducción de lo que significa en el contexto un “movimiento circular” y dónde se puede apreciar, luego se analiza el significado de “movimiento circular uniforme”, cuáles serían las características principales de este movimiento y cómo están relacionadas las variables lineales con las angulares. En la Tabla 3-1, φ es la posición angular (en rad), φ_o la posición angular inicial (en rad), w la velocidad angular (en rad/s), t el tiempo (instante en s), f la frecuencia (vueltas/s), P el periodo (s), S la longitud del arco (en m), R radio (en m), V la rapidez lineal (en m/s), a_c la aceleración centrípeta (m/s^2). Se han utilizado las unidades del sistema internacional MKS.

Tabla 3-1. Ecuaciones MCU

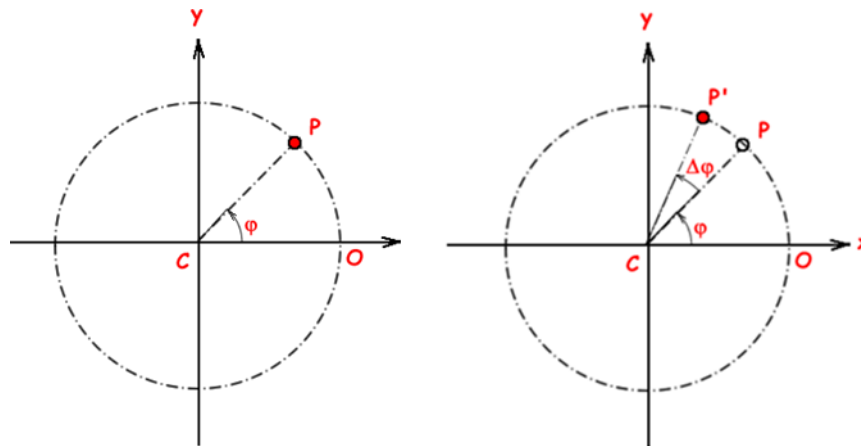
Velocidad Angular	Ecuación Básica del MCU	Periodo y Frecuencia	Relaciones Lineal angular
$w = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$	$\varphi = wt + \varphi_0$	$fP = 1$ $w = \frac{2\pi}{P}$ $w = 2\pi f$	$S = \varphi R$ $V = wR$ $a_c = w^2 R$

Luego de analizar el significado de las partes semánticas que componen el nombre de “movimiento circular uniforme”, se realiza una definición conjunta de su significado y se comienza a analizar cada una de sus características, haciendo un paralelo con los conocimientos que se tienen del movimiento rectilíneo y las características de las variables que lo describen. Se hace énfasis en que una partícula que recorre una trayectoria circular describe desplazamientos angulares $\Delta\varphi$, Figura 3-1. Así mismo sucede con la posición, la velocidad y la aceleración de la misma y se especifican las unidades de medida para cada variable.

Después se comienzan a trabajar los conceptos de periodo y frecuencia de igual manera, es decir, estableciendo relaciones con el contexto, y asemejándolos con repeticiones regulares en un determinado evento. Luego se especifica el significado de cada una en relación con el movimiento circular uniforme.

Una vez establecida la relación entre los componentes de un MCU a partir de su representación gráfica y su modelación matemática, se sigue con la actividad experimental descrita a continuación.

Figura 3-1. Posición y desplazamiento angular



Actividad Experimental

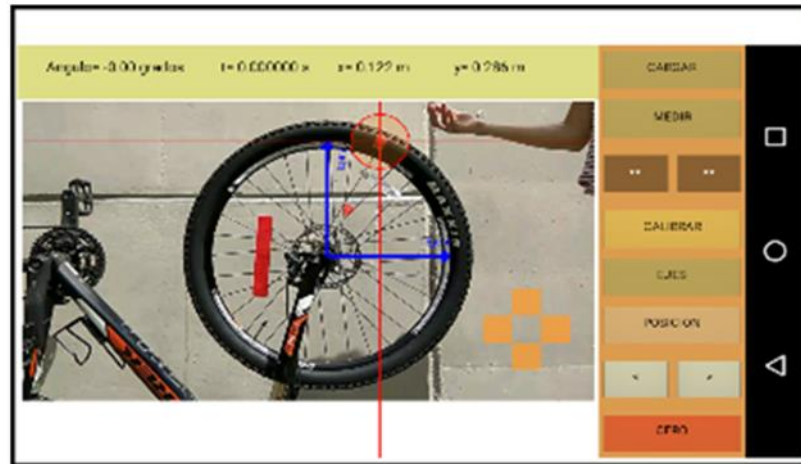
Haciendo uso del PhysicsSensor, las estudiantes observan a través del VIDEO TRACKER una masa puntual que describe una trayectoria circular. Es un punto de la periferia de una rueda de bicicleta que rota con MCU para analizar la cinemática. Se toman datos para aproximadamente veinte posiciones, estableciendo el tiempo (comenzando desde $t=0$), las posiciones en un sistema de coordenadas (x, y) y la posición angular. Figura 3-2.

Se presentan algunas dificultades con la guía de Excel para realizar la gráfica a partir de la tabla de datos, por lo que se realizan manualmente. Figura 3-3. En este caso, en particular, se verifica que las herramientas digitales optimizan el tiempo de actividad, en el que se puede invertir el análisis de las imágenes y cálculos obtenidos de manera simultánea al trabajo que se esté realizando con la aplicación.

Se aprecia en las gráficas de la Figura 3-3, la correspondencia que hay entre una vuelta completa en la circunferencia descrita por la partícula en el VIDEO TRACKER y las funciones Seno (en el análisis de la gráfica de la posición en el eje Y con respecto al tiempo) y Coseno (en el análisis de la gráfica de la posición en el eje X con respecto al

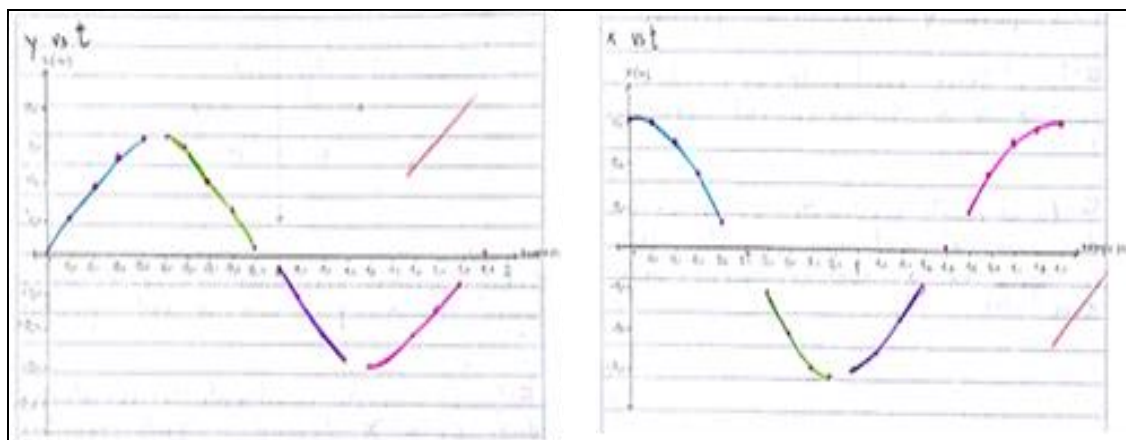
tiempo) lo que sería determinante en la construcción de las ecuaciones cinemáticas del Movimiento Armónico Simple.

Figura 3-2. VIDEO TRACKER y tabla de datos



# Dato	t (s)	x (m)	y (m)	ϕ (grados)	ϕ (rad)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Figura 3-3. Gráficas de posición x e y de la partícula vs tiempo



Algunas estudiantes realizan una descripción de lo que sucede paralelamente en ambos gráficos (circular y coordenado), al expresar que si se toma el eje Y como referente del movimiento, sucede que cuando su posición comienza de $Y=0$ la partícula sube en el primer cuadrante hasta que alcanza la posición más alta o el máximo valor de Y, luego baja de nuevo hasta la posición $Y=0$ en el segundo cuadrante, luego comienza a bajar para el eje Y negativo, por lo que se obtienen valores negativos en este cuadrante y se verifican en la tabla de datos, alcanzando su posición más baja o el mínimo valor en Y y luego vuelve a subir de nuevo llegando a su posición inicial.

Lo anterior es una descripción muy válida que demuestra el acercamiento que se va adquiriendo de las características básicas de un MAS y luego de una onda. De los datos obtenidos, se verifica el valor del periodo, la frecuencia, la velocidad angular y la aceleración centrípeta de la partícula.

Con esta actividad se finaliza la primera sesión.

Sesión N. 2 MCU vs MAS

En la sesión anterior se repasó el MCU y se analizaron las proyecciones de una partícula en MCU sobre los ejes coordenados x e y. Esto es determinante para el estudio del MAS. El objetivo de esta sesión es establecer a partir del análisis gráfico las ecuaciones cinemáticas del MAS y verificarlas experimentalmente a través de SimulPhysics y actividades complementarias como guías o informes de laboratorio y demostraciones por partes del docente con material didáctico en una práctica experimental.

Es importante retomar los conceptos trabajados en la sesión anterior y recordar los significados establecidos para las variables que intervienen en un movimiento circular uniforme para comenzar a construir el significado de “Movimiento Armónico Simple”.

Se utilizan las gráficas y los datos obtenidos en el trabajo con PhysicsSensor para un MCU, donde se aprecian las gráficas de las funciones Seno y Coseno fundamentales para la construcción de la ecuación de un MAS, Figura 3-3.

Se validan entonces, las construcciones conceptuales plenamente establecidas y se determina que una vuelta completa de la circunferencia equivale a un vaivén de la

partícula en el eje de coordenado con respecto al origen, lo cual se nombra como oscilación, luego, el vaivén correspondería de ahora en adelante a la oscilación de la partícula con respecto a su punto de equilibrio.

Entonces, al realizar una vuelta completa (2π) en un MCU o una oscilación completa (un periodo de la función Seno o Coseno) de su proyección, se estaría determinado el periodo como el tiempo invertido en realizar dicha oscilación completa. La frecuencia correspondería al número de oscilaciones completas en la unidad de tiempo y se determina la proporcionalidad inversa de las variables periodo y frecuencia.

En la Figura 3-3, también se aprecia que la función tiene un máximo y un mínimo, deduciendo el concepto de elongación máxima (Amplitud) en el que la partícula alcanzaría el punto más alto o más bajo de su trayectoria con respecto a su punto de equilibrio, lo cual corresponde igualmente al radio de la circunferencia en MCU.

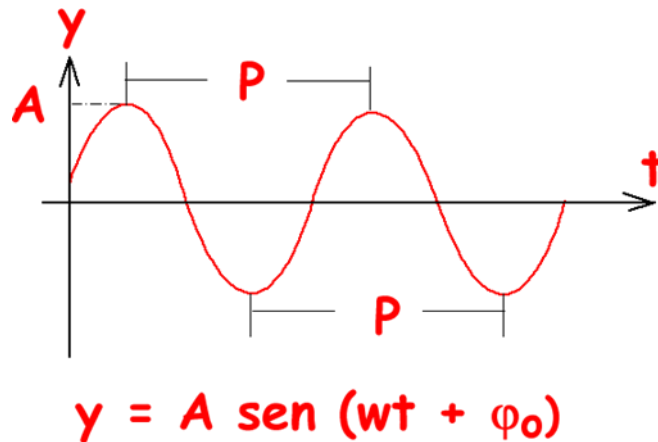
Se deducen las ecuaciones del MAS a partir del análisis gráfico y de la relación matemática de las variables, Tabla 3-2. Aquí y es la elongación, A es la amplitud, w la frecuencia angular, φ la fase y φ_0 la fase inicial.

Tabla 3-2. Ecuaciones del MAS

<p>Periodo n: número de oscilaciones</p>	<p>Frecuencia n: número de oscilaciones</p>	<p>Ecuación del MAS</p>
$P = \frac{t}{n}$	$f = \frac{n}{t}$	$y = A \sin \varphi$ $\varphi = wt + \varphi_0$ $y = A \sin(wt + \varphi_0)$

En la Figura 3-4 se ilustra la representación y vs t , en donde y es la denominada elongación del MAS.

Figura 3-4. Gráfica (cronograma) y ecuación del MAS



Entonces el MAS es un movimiento con características del movimiento periódico del MCU, en el que una partícula oscila a través del tiempo de manera repetitiva alejándose y acercándose de un punto llamado punto de equilibrio describiendo una curva Seno o Coseno en el tiempo.

La posición angular inicial del MCU correspondería a la fase inicial del MAS que a su vez está ligado al momento $t=0$ del oscilador, la velocidad angular del MCU correspondería a la frecuencia angular del MAS.

En este punto varias estudiantes concluyen que algunas de las características del movimiento de una masa puntual en MCU están estrechamente relacionadas con las de su proyección (MAS), pero que la diferencia está en las características de cada sistema, por lo que cambian de nombre para ser contextualizadas. En este ejercicio se evidencia la relación que se establece entre los conocimientos previos y los adquiridos en la intervención, lo que se puede pensar, conduce a un aprendizaje significativo crítico en la medida en que modifican o reestructuran los saberes para manipularlos de acuerdo a un contexto determinado subyacente al desarrollo de una situación problema.

Luego de establecer algunas conclusiones, se procede a realizar la actividad experimental descrita a continuación.

Actividad Experimental

Para realizar la verificación del análisis gráfico, se trabaja con SimulPhysics en la aplicación de oscilaciones para cronograma del MAS, Figura 3-5. Se observa cómo a partir de la oscilación de una masa que pende de un resorte se despliega una sinusoide lo que indica que la masa está realizando un MAS de acuerdo a las características anteriormente establecidas para este movimiento.

Luego, se realiza un análisis de oscilaciones para MCU vs MAS también en SimulPhysics, donde se muestra de manera análoga el movimiento de un sistema masa-resorte y una partícula en MCU y se observa la sincronización entre la partícula de la circunferencia y la del resorte por lo que se proyecta la misma sinusoide para ambas ya que los dos sistemas presentan un MAS (el sistema masa-resorte y la proyección de la partícula), Figura 3-6.

Figura 3-5. Cronograma de un MAS

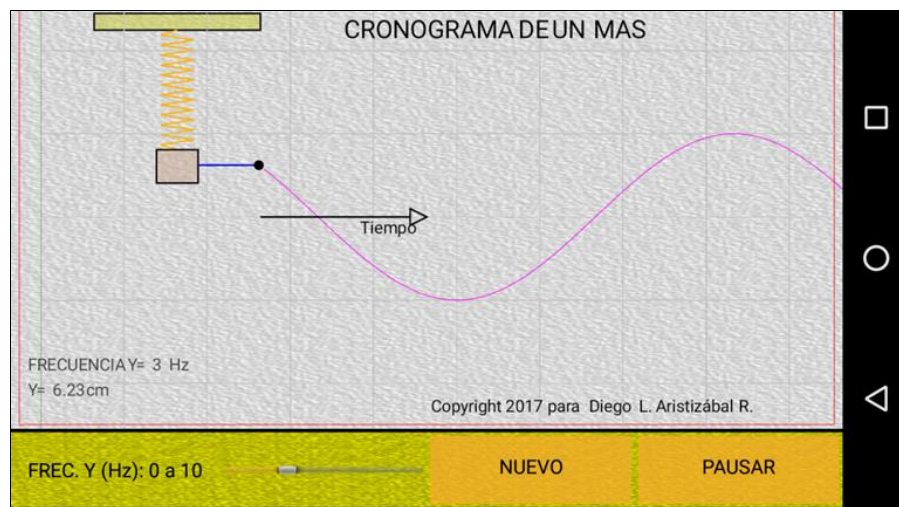
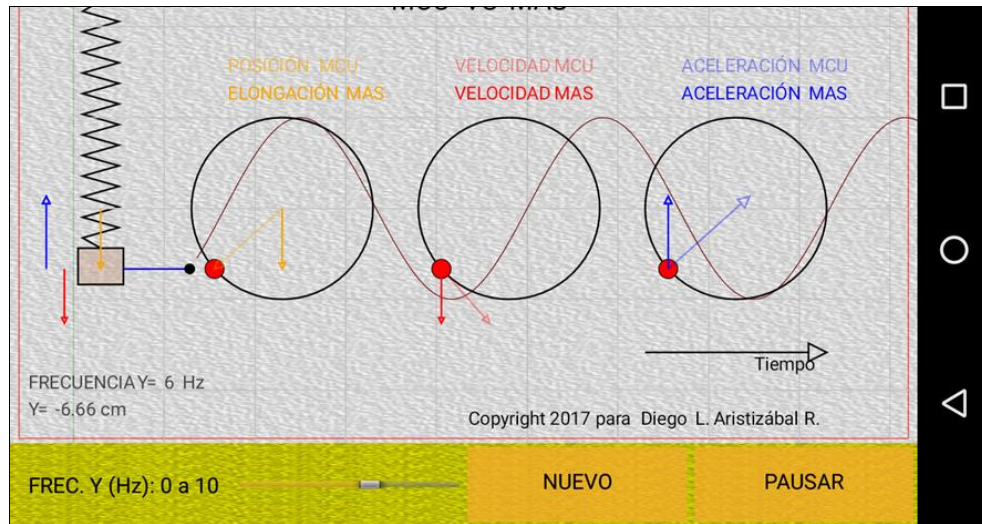


Figura 3-6. MCU s MAS



Esto le permite a las estudiantes observar el comportamiento de las variables en tiempo real, acercándolas un poco más a la situación física que se quiere representar en las gráficas realizadas y en los análisis matemáticos establecidos, además de que se observan los componentes posición, velocidad y aceleración que indican su comportamiento específico en cada uno de los sistemas (masa-resorte, MCU).

Se considera que dicha apreciación a través de la simulación permite concretar la visualización que cada una de las estudiantes genera a partir de las explicaciones y determinaciones que se hacen en el aula, confirmando la veracidad de los conceptos no solo a través de los cálculos y las representaciones gráficas, sino a través de las reproducciones visuales.

Finalmente se realiza el cálculo del periodo, la frecuencia, la amplitud, la fase inicial y la ecuación del MAS para las gráficas y datos obtenidos en la primera sesión.

Sesión N. 3 MAS: Sistema masa-resorte

En la sesión pasada, se asociaron los movimientos circular uniforme y el del sistema masa resorte con un movimiento armónico simple de acuerdo con su vibración periódica con referencia a su punto de equilibrio.

El objetivo de esta sesión, es verificar el movimiento armónico de la oscilación de un sistema masa-resorte evaluando su cronograma Y vs t , determinar el periodo y la frecuencia, introduciendo los conceptos de frecuencia natural o propia, y analizar las variables de constante elástica K y la masa m que penden de este. Para ello se utilizan ambas aplicaciones, PhysicsSensor y SimulPhysics, además de un experimento demostrativo por parte del docente para analizar la variabilidad de la frecuencia propia asociada al cambio de la constante de rigidez K del resorte y del cambio de la masa m que pende de este.

En el análisis dinámico de la oscilación del sistema masa resorte se despreció la fuerza de rozamiento con el aire y la fuerza arquimediana. Con base en esto se utiliza la ley de Hooke $F = -Ky$ y se combina con la segunda ley de Newton permitiendo obtener la aceleración de la masa oscilante en función de su elongación $a = -\frac{k}{m}y$. De aquí se concluye que la oscilación es armónica en donde el periodo y la frecuencia (denominada como frecuencia natural o propia), dependen de la constante K del resorte y de la masa m que pende de él como se indica en la Tabla 3-3.

Varias de las estudiantes realizaron algunas hipótesis teniendo en cuenta las ecuaciones obtenidas, Tabla 3-3, para el caso en que la constante K y la masa m , aumentarían o disminuirían, estableciendo el cociente obtenido entre ambas (K y m) y la relación inversa o directamente proporcional con las raíces cuadradas de éstas (K y m).

Tabla 3-3. Ecuaciones del MAS para un sistema masa resorte

Frecuencia angular	Periodo	Frecuencia
$\omega^2 = \frac{k}{m}$	$P = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

Cabe resaltar, que el análisis matemático de las ecuaciones ayuda a establecer las condiciones físicas del sistema, pero la mayoría de las estudiantes presentan dificultades notables en este tipo de razonamiento, lo que conduce a establecer que las dificultades o

vacíos conceptuales del área de matemáticas condicionan el análisis físico matemático de los eventos propuestos.

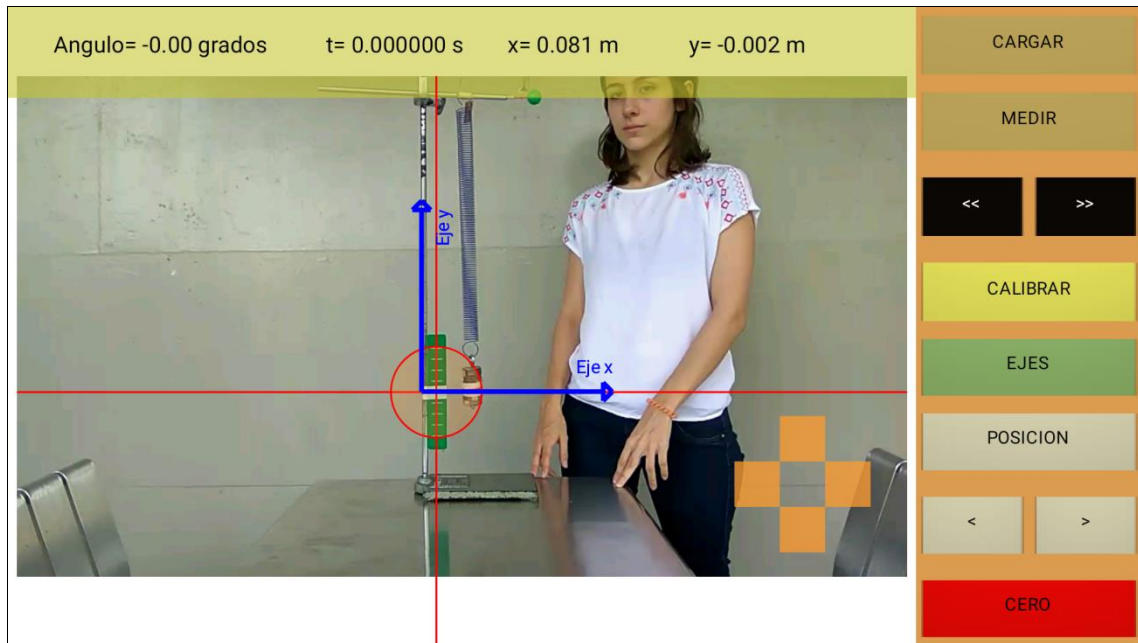
Se procede a realizar la actividad experimental descrita a continuación, para la verificación de la relación del sistema masa resorte con el MAS y la relación de las variables con las propiedades de la masa m y la constante de elasticidad K .

Actividad Experimental

Para verificar las hipótesis realizadas por el grupo, se realiza un trabajo en SimulPhysics, ejecutando la simulación de oscilaciones correspondiente a MCU vs MAS; en esta simulación se puede aumentar o disminuir la frecuencia del sistema y verificar el cambio adyacente en la senoide obtenida. Este trabajo se acompaña de una guía, ver anexo B, donde las estudiantes responden a las características del sistema frente a la variabilidad de cada uno de sus componentes (periodo, frecuencia, amplitud).

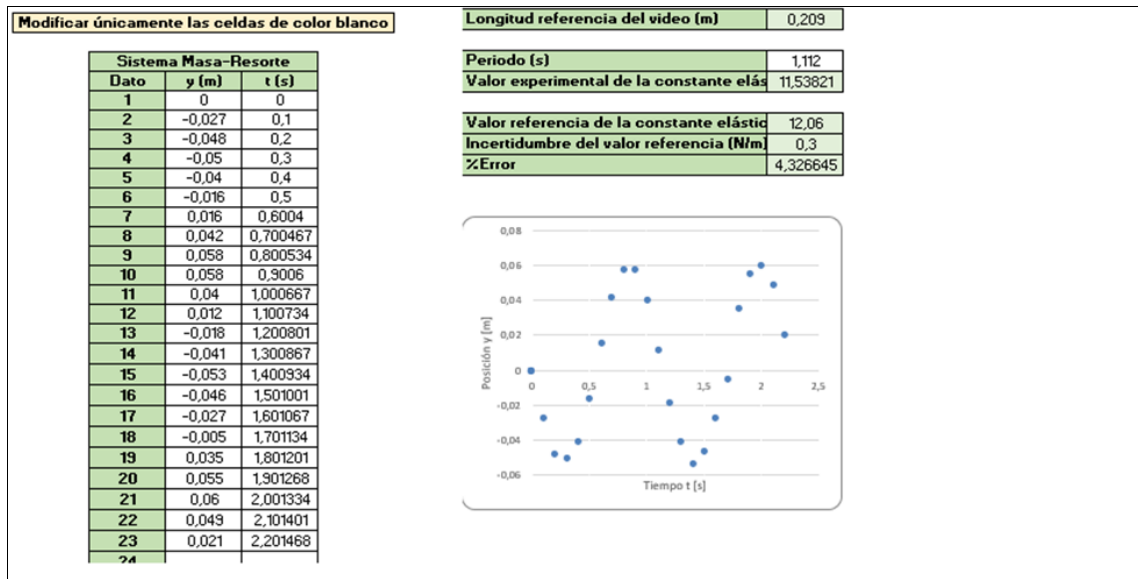
Luego se realiza una práctica experimental haciendo uso del PhysicsSensor, a través del VIDEO TRACKER para analizar la cinemática de la oscilación del sistema masa resorte, Figura 3-7. Se tomaron datos para 20 posiciones de la partícula, estableciendo el tiempo (comenzando desde $t=0$), las posiciones en un sistema de coordenadas y , ubicando el origen en la posición de equilibrio. Con los datos de posición y vs tiempo t ingresados en una hoja de Excel, se obtiene una senoide comprobándose que este sistema oscila armónicamente, es decir, el movimiento es MAS. De la gráfica se establecen los valores del periodo y la frecuencia. Con base en esta información se obtiene la constante elástica del resorte y se compara con su valor convencionalmente verdadero para obtener el porcentaje de error. En la Figura 3-8 se ilustran uno de los resultados obtenidos por uno de los grupos de estudiantes.

Figura 3-7. VIDEO TRACKER sistema masa-resort



En esta imagen se puede verificar que el porcentaje de error equivale al 4,3%. Dicho porcentaje se registra por encima y por debajo de este valor en otros trabajos presentados; cabe anotar, que son varios factores los que determinan que este porcentaje de error aumente o disminuya, como por ejemplo la exactitud con la que las estudiantes determinan la posición de la partícula para cada intervalo de tiempo en los fotogramas del video, pero, la mayor dificultad se encuentra al realizar el cálculo del periodo ya que en la gráfica no se aprecia exactamente los valores de la posición de la partícula sobre el eje horizontal (tiempo) para una oscilación completa, por lo que debe realizarse un cálculo matemático de la “distancia” entre los puntos consecutivos más cercanos al punto sobre el eje X que se quiere encontrar, como son un poco inexactas las mediciones que realizan esto se ve reflejado en la exactitud del cálculo del periodo de oscilación.

Figura 3-8. Resultados sistema masa-resorte de uno de los grupos de estudiantes



En la muestra experimental que realiza el docente, se arma un sistema masa resorte donde se conocen K y m , las estudiantes realizan un informe de laboratorio, a medida que el docente cambia las condiciones del sistema, como el valor de la masa y el valor de la constante de rigidez. Ver anexo C.

Para verificar la relación de las variables masa m y constante de elasticidad K del resorte con el periodo y la frecuencia de oscilación, el docente realiza una muestra experimental, Figura 3-9, que se complementa con un informe de laboratorio que las estudiantes desarrollan paralelamente. Ver Anexo C. Con el análisis presentado en este informe se finaliza la sesión.

Figura 3-9. Muestra experimental sistema masa-resorte



Sesión N. 4 MAS: Péndulo Simple

El movimiento de un péndulo simple también está asociado al MAS para pequeñas oscilaciones, verificándolo a través del análisis de su cronograma x vs t (x es la elongación definida como se ilustra en la Figura 3-10) el cual corresponde a una senoide y del análisis de las variables periodo y frecuencia natural que se obtienen a partir de la longitud L del péndulo y de la gravedad g .

El objetivo de esta sesión consiste en demostrar la veracidad de lo anterior a partir de actividades experimentales y el uso de PhysicsSensor mediante el análisis gráfico de las observaciones.

Para comenzar se hace una introducción al significado y características de un péndulo simple como un hilo inextensible de longitud L del que pende una masa puntual; al igual que en el caso del sistema masa resorte, en este sistema también actúa una fuerza recuperadora que es corresponde a la fuerza tangencial (es una componente del peso, $mg \text{ sen}\theta$) y que aproximadamente genera una aceleración en dirección x , $a_x = -\frac{g}{L}x$; de

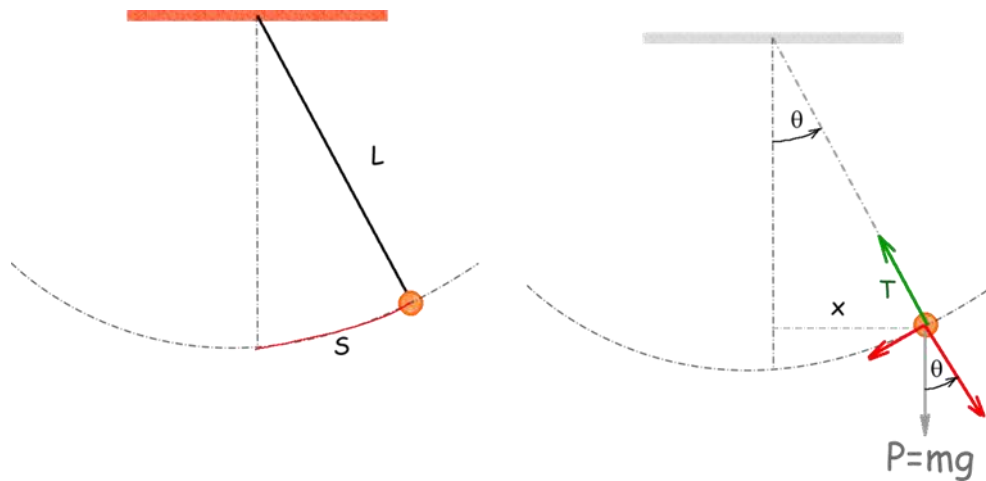
esta relación se obtiene la ecuación para la frecuencia angular de donde se derivan las ecuaciones del periodo y la frecuencia natural, Tabla 3-4.

Tabla 3-4. Ecuaciones del MAS para un péndulo simple

Frecuencia angular	Periodo	Frecuencia
$\omega^2 = \frac{g}{L}$	$P = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$	$P = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$

Se observa que la aproximación considerada aquí consiste en que para pequeñas oscilaciones (menores a unos 10°) se determina la trayectoria como pequeñas oscilaciones rectilíneas en dirección x (elongación de la masa pendular) y no como un arco de circunferencia S . Figura 3-10.

Figura 3-10. Péndulo simple

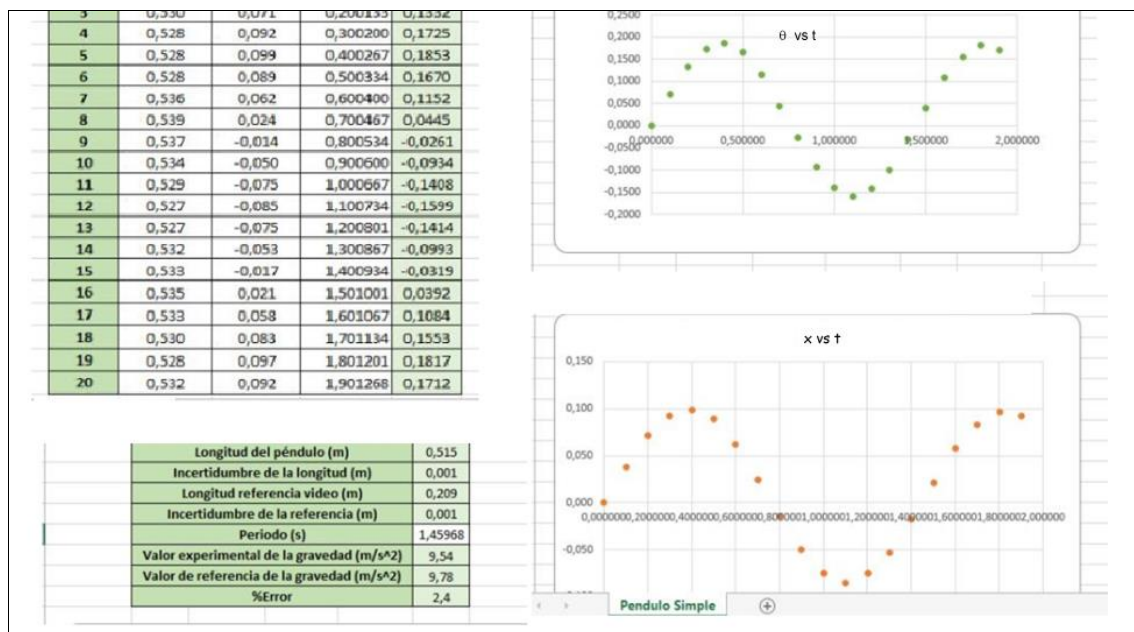


Al igual que en la sesión anterior, las estudiantes construyen unas hipótesis relacionadas con el periodo y la frecuencia natural del sistema, a partir de las ecuaciones obtenidas. Cabe resaltar que lo más interesante es el interés que muestran por verificar que la masa no está relacionada con las variables que intervienen en el periodo y la frecuencia de oscilación.

Actividad experimental

Se hace una verificación de las gráficas y ecuaciones, haciendo uso de la aplicación VIDEOTRACKER de PhysicsSensor, para analizar la cinemática del péndulo simple, se recopilan 20 datos que se ingresan a Excel y arroja una gráfica de x vs t correspondiente a una Sinusoide lo que verifica el MAS del sistema, Figura 3-11. A Partir de lo obtenido se halla el periodo y la frecuencia del MAS. Con esta información se obtiene el valor de la gravedad y el porcentaje de error al comparar con el valor convencionalmente verdadero (en Medellín este valor es 9.78 m.s^{-2}). Este porcentaje para el caso de la Figura 3-11 (resultados de un grupo de estudiantes) fue de 2,4 %. Aquí como en el caso del sistema masa resorte el periodo se debe estimar de la gráfica de Excel lo que dificulta su exactitud.

Figura 3-11. Resultados péndulo simple de uno de los grupos de estudiantes



Luego se realiza una muestra experimental por parte del docente, haciendo oscilar un péndulo con determinadas características que varían para la longitud L de la cuerda y la masa m , se mide el tiempo de diez oscilaciones con un cronometro para luego calcular el periodo compararlo con el obtenido mediante el cálculo con las ecuaciones para cada una de las variaciones. Las estudiantes realizan un informe de laboratorio donde analizan

lo obtenido por medio de cálculos y lo obtenido de manera experimental, estableciendo el porcentaje de error y con base a ello redactan unas conclusiones, Ver anexo D.

A partir de la práctica realizada se percibe que la muestra experimental del docente no proporciona características o condiciones del ambiente acordes o específicas con los alcances o resultados que se desean obtener, es decir, luz, aire, fuerza externa para la oscilación, entre otros, que aunque se tienen en cuenta, son condiciones que se tienen previamente establecidas para la elaboración de los videos proporcionados por PhysicsSensor, lo que conduce a obtener mayores porcentajes de error en la muestra experimental que en la actividad realizada en la aplicación.

Sesión N. 5 Ondas: Ondas viajeras

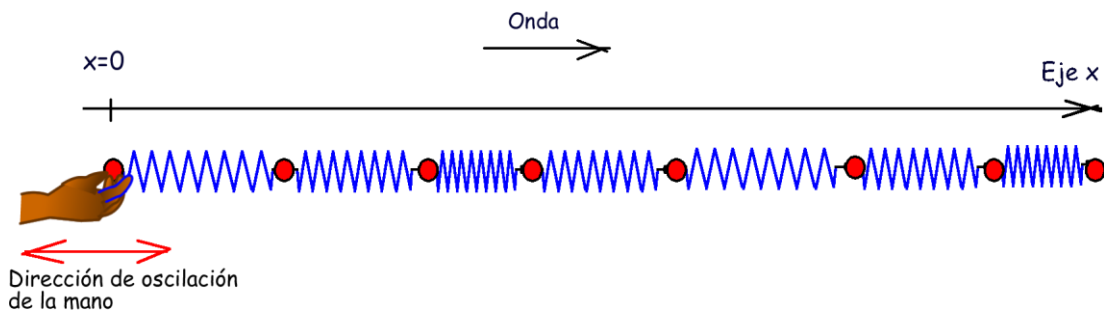
Habiendo estudiado las características de un movimiento armónico simple, se procede a dar inicio al trabajo de ondas armónicas y las características que las determinan.

Se comienza evaluando algunos ejemplos de la cotidianidad donde podemos percibir un movimiento ondulatorio, por ejemplo, en las ondas de un estanque de agua, en las ondas de una bandera que se mueve con el viento, en las ondas de las cuerdas de un instrumento musical. Además, se resaltan otras ondas que se perciben mediante otros sentidos como el oído y el tacto, como es el caso del sonido y las vibraciones en algunos medios materiales; por su parte, el olfato y el gusto conectados entre sí, tienen otro esquema de percepción que los hace diferentes a detectores de ondas. Estos ejemplos, conducen al análisis del movimiento ondulatorio mediante la percepción a través de los sentidos y puede ampliar el contexto hacia temas que involucran sistemas de adaptación fisiológicas de los seres vivos en torno a la visión y la audición de los cuales sabemos no se presenta de forma regular en relación con la evolución si no en forma representativa de acuerdo a las condiciones de vida.

El objetivo de esta sesión, es estudiar la cinemática de las ondas armónicas viajeras, estableciendo la diferencia entre vibración y propagación de una onda, su clasificación según el medio y según la dirección de propagación frente a la dirección de vibración, además de establecer la relación entre los parámetros que las caracterizan, tales como, longitud de onda, frecuencia y velocidad de propagación.

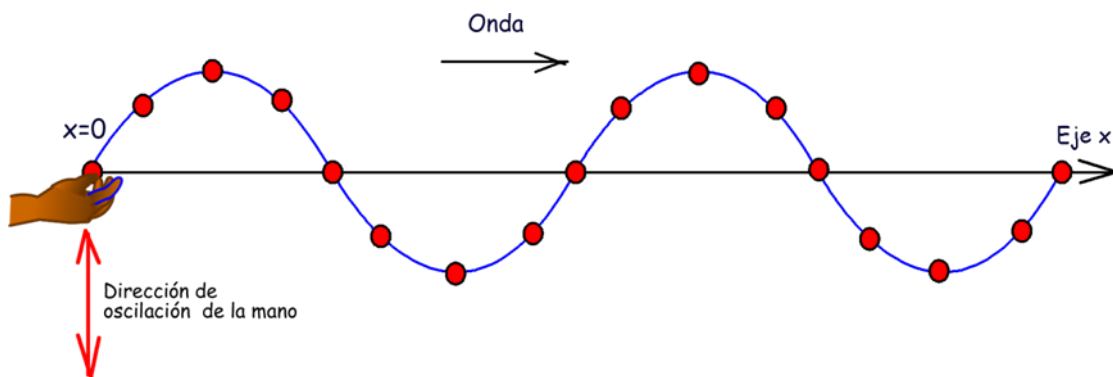
Para ello, se comienzan clasificando las ondas según su dirección de propagación comparada con su dirección de vibración en transversales y longitudinales. Haciendo uso de SimulPhysics ONDA LONGITUDINAL VIAJERA EN SLINKY, se analizan las características del movimiento y propagación de la onda, en la cual se puede establecer por medio de la observación que no hay un transporte de materia pero si de la energía que suministra el agente externo, las “partículas” (porciones de materia) oscilan alrededor de un punto de equilibrio y su movimiento está en la misma dirección en la que se propaga la energía y a esto se le denomina ondas longitudinales, Figura 3-12.

Figura 3-12. Onda longitudinal



Luego se ejecuta la simulación de ECUACIÓN DE ORO EN ONDAS, donde se observa que la vibración de las “partículas” es perpendicular a la dirección de propagación de la energía. Estas son las denominadas ondas transversales, Figura 3-13.

Figura 3-13. Onda transversal



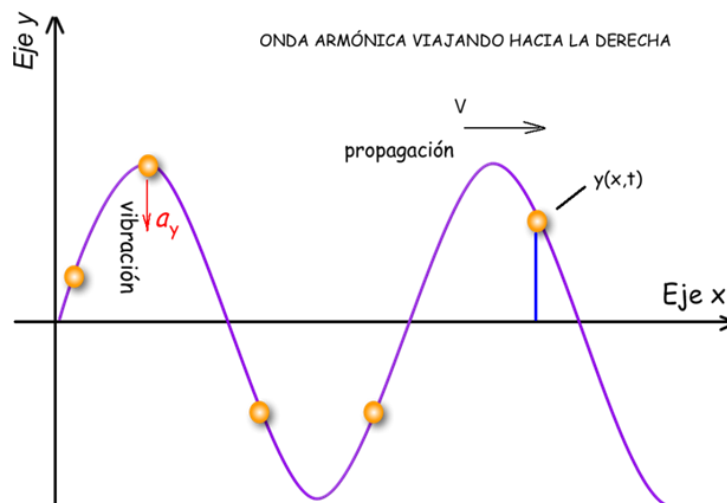
Finalmente se concluye que en el movimiento ondulatorio hay vibración de las “partículas” y propagación de energía.

Se procede a clasificar las ondas según su medio de propagación en mecánicas y electromagnéticas. Si se necesita un medio material para su propagación, son ondas mecánicas puesto que la energía se propaga a través de la vibración en la materia aprovechando la elasticidad del medio, además de que su velocidad depende de la densidad de este y de su elasticidad. Ejemplo de ello son las ondas en el agua, en un edificio, en puentes, en un instrumento de cuerda, de viento o de percusión. Las ondas sonoras hacen parte de esta clasificación ya que necesitan de un medio material para propagarse.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de la vibración de campos eléctricos y campos magnéticos por lo que se pueden propagar en el vacío. Su velocidad dependerá de las propiedades eléctricas y magnéticas del medio. La luz, las ondas de radio y televisión, los rayos X, hacen parte de esta clasificación.

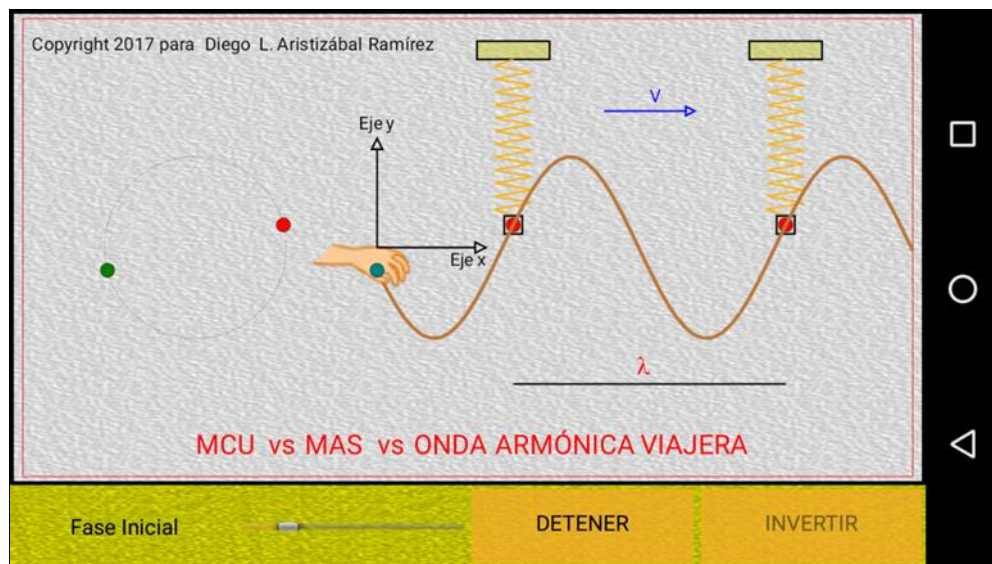
En el caso de las ondas en una cuerda se dan simultáneamente un movimiento de propagación de la energía a velocidad constante si el medio es homogéneo (velocidad de la onda) y un movimiento oscilatorio de las porciones del medio material (“partículas”) que si tiene las características de un MAS las ondas son armónicas, Figura 3-14.

Figura 3-14. Onda armónica viajera



En las ondas mecánicas cada “partícula” del medio que vibra, lo hace con un movimiento armónico simple, aunque no todas las “partículas” estén en fase. Habrá “partículas” que en su vibración aparezcan en fase (o con desfase de múltiplos enteros de 2π) y otras no. La distancia que hay entre dos “partículas” que oscilan (osciladores consecutivos) que tengan una diferencia de fase igual a 2π se denomina longitud de onda λ . A los puntos máximos y mínimos de perturbación de la onda se le denominan crestas y valles respectivamente. Para determinar estas características las estudiantes desarrollan el Taller I de análisis de simulaciones, Anexo E; haciendo uso de SimulPhysics, se analizan periodo, frecuencia, longitud de onda y osciladores en fase. Figura 3-15.

Figura 3-15. MCU vs MAS vs Onda armónica viajera



Como se atendió en sesiones pasadas, la frecuencia y el periodo se relacionan con el tiempo de oscilación y son inversamente proporcionales. Como en el MAS, en el movimiento ondulatorio se siguen cumpliendo las mismas condiciones para estas variables, así, el periodo es el tiempo en el que una partícula hace una oscilación completa y la frecuencia es el número de oscilaciones completas que realiza en la unidad de tiempo, para cada uno de los osciladores del medio.

La velocidad de propagación de la onda, corresponde a la velocidad con que se propaga la energía a través del medio y no a la velocidad con la que vibran las “partículas” de

éste; está relacionada con la longitud de onda y el periodo de oscilación y por ende con la frecuencia, $\lambda f = V$. Como se observa en la simulación de la Figura 3-15, esta ecuación se deduce del hecho que para cada oscilación completa de una “partícula” del medio que oscila armónicamente la onda viaja una longitud de onda.

Para calcular la velocidad de la onda, el periodo, la frecuencia y la longitud, las estudiantes realizan el Taller II de cálculos de ondas Anexo F, en diferentes situaciones de contexto, donde aplican los conceptos aprendidos durante esta sesión con respecto a las características del movimiento ondulatorio.

Sesión N. 6 Ondas: Onda estacionaria

En esta sesión se trabajaron las ondas estacionarias en las cuales se produce una vibración de las “partículas” pero no se establece una propagación neta de la energía debido a sus condiciones de frontera.

El objetivo de esta sesión es estudiar las ondas estacionarias y el fenómeno de resonancia a través de los armónicos obtenidos de una cuerda atada en sus extremos en una práctica experimental para verificar los armónicos obtenidos frente a la variabilidad de la frecuencia externa aplicada.

Se comienza por analizar la simulación de SimulPhysics ONDA ESTACIONARIA, en donde se ilustra cómo la onda estacionaria se obtiene de la superposición de dos ondas viajeras con igual amplitud, frecuencia y longitud de onda pero que viajan en direcciones opuestas. Donde interfieren destructivamente se originan los denominados nodos (las partículas del medio no vibran) cuando la cresta de la onda se superpone al valle de otra onda y se anulan, y donde interfieren constructivamente se originan los denominados vientres (las partículas del medio vibran con máxima amplitud) cuando se superpone la cresta (o el valle) de una onda y la cresta (o el valle) de la otra onda y los efectos se suman generando una onda de mayor amplitud lo que es posible debido a que las ondas estaban en igual fase.

Las frecuencias naturales o propias corresponden a las frecuencias de estas ondas estacionarias y se denominarán frecuencias armónicas, que en el caso de una cuerda

tensa dependerán de su longitud L y de la velocidad V de las ondas viajeras en ella, que a su vez depende de la tensión F de la cuerda y la densidad lineal μ de esta. Cuando un agente externo excita el medio limitado (con fronteras) aparecerán las ondas estacionarias cuando la frecuencia de este agente coincide con una de las frecuencias propias.

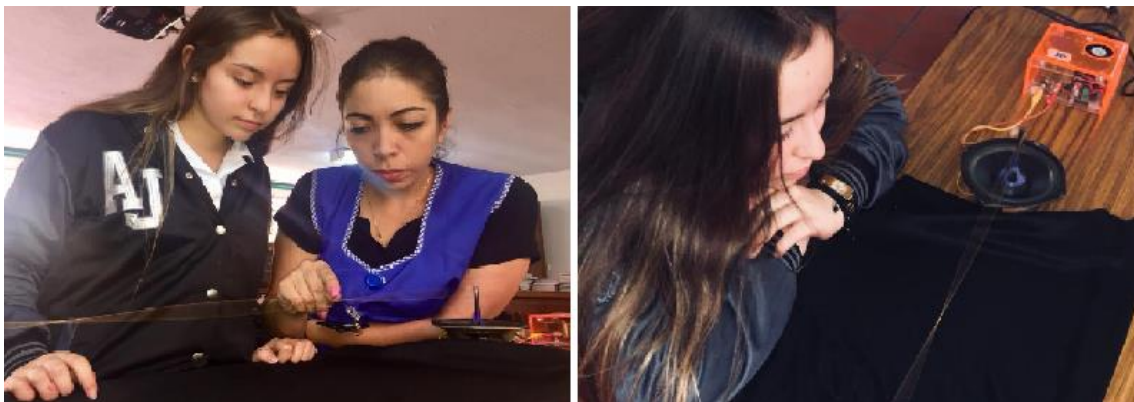
Se procede a realizar una muestra experimental por parte del docente, que se describe a continuación.

Actividad experimental

La resonancia se presenta cuando la frecuencia de vibración de una fuerza externa es igual (o por lo menos muy cercana) a la frecuencia natural del sistema que se excita haciendo que se presenten las ondas estacionarias que se caracterizan por la presencia de nodos y vientres. En este caso hay máxima transmisión de potencia desde el agente externo hacia el sistema.

Para evidenciar este fenómeno, el docente conecta un amplificador a una cuerda de longitud L atada en sus extremos y la pone a oscilar con un parlante a determinadas frecuencias proporcionadas por una señal sinusoidal obtenida del PhysicsSensor a partir del GENERADOR SEÑAL y donde se puede seleccionar la frecuencia. Figura 3-16.

Figura 3-16. Ondas estacionarias en cuerdas



Las estudiantes realizan un informe de laboratorio al tiempo que se realiza la muestra experimental, Anexo G, cuyo objetivo es determinar las frecuencias a las cuales debe

vibrar el parlante para obtener resonancia en la vibración de la cuerda. Se obtienen varios armónicos.

Con esta práctica se dan por terminadas las sesiones de la intervención, donde se pretenden alcanzar los conceptos básicos de un movimiento ondulatorio.

3.5 Aplicación de test para evaluar el estado inicial

Al final de la intervención se aplicó primero el cuestionario que se empleó en el pre test (anexo A) con el mismo tiempo de duración. Esto permitió comparar los resultados para lograr medir la denominada ganancia de aprendizaje a través del factor de Hake. Los resultados aportados por este test y su análisis se realizan en el siguiente capítulo.

3.6 Aplicación de una encuesta de satisfacción

También se aplicó una encuesta de satisfacción (Anexo H) la cual mediante la denominada escala de Likert aportó información sobre la estimulación que se obtuvo en los estudiantes en la intervención. El análisis del resultado obtenido de esta encuesta se realiza en el siguiente capítulo.

4. Resultados y discusión

Para analizar los resultados de la intervención se utilizaron dos herramientas:

- ✓ Ganancia de aprendizaje usando el cuestionario de 20 preguntas sobre conceptos del movimiento ondulatorio y que se aplicó tanto como pretest como postest (anexo A).
- ✓ Encuesta de satisfacción (Anexo H).

4.1 Ganancia de aprendizaje

4.1.1 Factor Hake

La ganancia de aprendizaje (factor de Hake) se calcula mediante la siguiente expresión (Hake, 1999):

$$g = \frac{(\% \text{ postest}) - (\% \text{ pretest})}{100 - (\% \text{ pretest})}$$

En donde:

% postest: corresponde al porcentaje de respuestas correctas del grupo de estudiantes después de la instrucción.

% pretest: corresponde al porcentaje de respuestas correctas del grupo de estudiantes antes de la instrucción.

g: Ganancia de aprendizaje.

Los resultados oscilan entre 0 y 1, el 0 significa que no hubo mejoras en el aprendizaje, mientras que 1 establece las máximas ganancias. De acuerdo a los resultados el factor Hake se establece niveles de aprendizaje:

- ✓ Si $g \leq 0,3$ la ganancia es de nivel bajo
- ✓ Si $0,3 < g \leq 0,7$ la ganancia es de nivel medio
- ✓ Si $0,7 < g \leq 1$ la ganancia es de nivel alto

4.1.2 Resultados con base al factor de Hake

En la Tabla 4-1 se ilustran los resultados del número de estudiantes que acertaron las preguntas tanto en el pretest como en el postest.

Tabla 4-1. Preguntas acertadas

Pregunta	Acertadas Pos Test	Acertadas Pre Test
P1	22	6
P2	23	10
P3	5	4
P4	13	8
P5	12	4
P6	0	0
P7	17	11
P8	16	13
P9	16	8
P10	14	14
P11	20	19
P12	10	8
P13	22	12
P14	23	17
P15	17	8
P16	21	4
P17	18	10
P18	9	2

Tabla 4-1. (Continuación)

Pregunta	Acertadas Pos Test	Acertadas Pre Test
P19	19	11
P20	6	7
Total	300	176

Para su análisis se agruparon las preguntas con base en asociación por conceptos, Tabla 4-2. Para cada agrupación se calculó el factor de Hake (ganancia por agrupación de conceptos). También se calculó este factor para el total de preguntas (ganancia global).

Tabla 4-2. Factor de Hake

Agrupación de preguntas por conceptos		Números de Pregunta	% Pre Test	% Post Test	Factor Hake	Ganancia
1	Relación MCU con MAS y cronograma	1, 2, 3	29	80	0.46	MEDIO
2	Frecuencia y periodo naturales (MAS)	4, 5, 6, 7	21	38	0.22	BAJO
3	Onda Viajera	8, 9, 13, 16	33	67	0.51	MEDIO
4	Onda Estacionaria	11, 12, 19, 20	40	49	0.15	BAJO
5	Clasificación de las ondas	10, 12, 14, 15	42	57	0.26	BAJO
6	Parámetros de las ondas	17, 18	21	48	0.34	MEDIO
	Todas (global)	1, 2, ..., 20	31	54	0.33	MEDIO

Las preguntas acerca de las relaciones de las variables de un movimiento circular uniforme y un movimiento armónico simple a través del cronograma de la proyección del

movimiento en los ejes X y Y, reflejan un valor de la ganancia medio, lo que indica que hubo un aumento en los niveles de análisis de las relaciones, por lo que se podría afirmar que al proporcionar diferentes representaciones (gráficas, simulaciones, prácticas de laboratorio) se amplían campos de visualización e incluso se permiten diferentes niveles de aprendizaje de acuerdo con el ritmo y forma de aprendizaje de cada una de las estudiantes. Lo interesante de este aspecto, es entender que las metodologías de enseñanza vinculadas unas con otras, en particular, las utilizadas en este trabajo, proporcionan una mayor asimilación de los conceptos trabajados.

Para la segunda clasificación por agrupación, con respecto a las preguntas relacionadas con el cálculo matemático de los componentes de una onda, se obtiene un valor de la ganancia bajo debido a las dificultades procedimentales que reflejan las estudiantes por algunas limitaciones presentadas a lo largo de su proceso de enseñanza-aprendizaje en esta aspecto. En general, solo algunas de las estudiantes del curso dan cuenta de un buen manejo de las ecuaciones cuando se les han proporcionado en guías, tablas de datos o evaluaciones parciales. Sin embargo, cuando estas no se les facilitan, como en el caso del pretest y el posttest, no demuestran competencias de modelación matemática para relacionar las variables que intervienen en casos específicos del MAS, como por ejemplo el sistema masa resorte y el péndulo simple.

La ambivalencia que se presenta entre las relaciones físico matemáticas de un objeto, expresadas en los párrafos anteriores, en las que las estudiantes concuerdan fácilmente en expresar las características físicas del objeto mas no la relación con su representación matemática, se puede evidenciar en la tercera y cuarta agrupación de las preguntas relacionadas con el concepto de onda viajera y onda estacionaria, donde la ganancia de aprendizaje es medio y bajo respectivamente; nuevamente se evidencia la dificultad en resolver ejercicios de tipo algebraico y un muy buen desempeño en determinar características físicas, relacionadas con la características cinemáticas del movimiento ondulatorio.

En la quinta agrupación, acerca de la clasificación de las ondas, se ven favorecidos los aspectos relacionados con las condiciones necesarias para la propagación de una onda y su dirección de propagación, sin embargo, la estructura característica de las ondas viajeras y de las ondas estacionarias, no permite una distinción clara de lo que significa

cresta y valle en relación con lo que significa vientre y nodo, lo que revela que faltó mayor profundización en estos aspectos conceptuales que se trabajaron al final de la intervención y en lo que es importante resaltar aspectos relacionados con las diferencias existentes entre los comportamientos cinemáticos y energéticos de las ondas viajeras respecto a las estacionarias.

Por último, en la sexta agrupación de las preguntas relacionadas con los parámetros de las ondas, se refleja una clara asimilación de las relaciones entre los componentes frecuencia, periodo, longitud de onda y velocidad de propagación, cuyas ecuaciones aunque no se proporcionan en los test evaluativos, son de fácil recordación debido a sus características simples de relación directamente proporcional o inversamente proporcional, características que además se trabajaron en los aspectos físicos del movimiento mediante las diferentes herramientas utilizadas para tal fin.

Finalmente, al promediar los resultados obtenidos en cada agrupación, se obtiene una ganancia del aprendizaje medio, por lo que se puede afirmar en general, que la estrategia es positiva en el fortalecimiento de habilidades y competencias del aprendizaje del movimiento ondulatorio tanto en aspectos conceptuales como procedimentales a través del uso de herramientas tecnológicas que complementan las metodologías tradicionales.

Este resultado, permite al docente además de evaluar su práctica, reevaluar metodologías para la enseñanza de otros conceptos de la física.

4.2 Encuesta de satisfacción

Porcentaje de respuesta a la encuesta de Satisfacción. La encuesta está disponible en el anexo H.

N.	PREGUNTAS	% de los estudiantes que contestaron cada respuesta en cada pregunta						
		OPCIÓN						
		1	2	3	4	5	SI	NO
1	¿El material didáctico usado en la intervención fue de fácil adquisición y bajo costo?			3,6	14,3	82,1		
2	¿En la intervención se usaron adecuadamente las denominadas nuevas tecnologías de la información y la comunicación NTIC (computador, internet, celulares, tablets)?				7,1	92,9		
3	¿En la intervención las actividades realizadas fueron muy interesantes y agradables. Realmente disfruté este proceso de enseñanza - aprendizaje?		3,6		17,9	78,6		
4	¿Las condiciones ambientales (espacios, recursos utilizados, guías) han sido adecuadas para facilitar el proceso formativo?			3,6	17,9	78,6		
5	¿Los temas tratados en la intervención fueron interesantes?				10,7	89,3		
6	¿La metodología empleada en la intervención (experimentos, relación con la vida cotidiana, discusiones en grupos, actividades en general) fue apropiada?				17,9	82,1		
7	¿El docente guio la intervención educativa adecuadamente?				3,6	96,4		
8	¿La intervención te dejó gran interés en los temas tratados?			7,1	42,9	50,0		
9	¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales?				3,6	96,4		
10	¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales y sobre todo éstas usando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación				10,7	89,3		
11	¿Después de haber participado en esta intervención educativa quisiera repetir la misma experiencia con otros temas relacionados con las ciencias naturales?						100	
12	¿Recomendaría a otros compañeros participar de una intervención didáctica que usara una metodología similar?						100	

Los resultados de la encuesta se analizan teniendo en cuenta la escala ordinal tipo Likert (1932), con cinco posibilidades de respuestas cerradas (1: Totalmente en desacuerdo; 2:

En desacuerdo; 3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo; 4: De acuerdo; 5: Totalmente de acuerdo.

Las preguntas realizadas hacen referencia a dos aspectos importantes en el proceso de enseñanza aprendizaje, en primer lugar la posición del estudiante frente a su proceso de aprendizaje y segundo, la labor del docente como mentor o guiador de dicho aprendizaje en el proceso de enseñanza.

En correspondencia con los resultados proporcionados por la encuesta de satisfacción, se puede afirmar que las estudiantes consideran la metodología utilizada apropiada y motivante para el aprendizaje de las ciencias naturales, manifiestan que el uso de las TICs como apoyo en las actividades experimentales es muy interesante. Además de ello, recomiendan implementar este tipo de metodología en otras temáticas de las ciencias lo que pone de manifiesto lo agradable de la intervención bajo la estrategia implementada.

En relación con el papel del docente, la encuesta refleja que la metodología propuesta en el presente trabajo es satisfactoria en referencia al aumento en el aspecto motivacional que se quiere generar en los estudiantes en determinado ambiente de aprendizaje, propiciando que los niveles de desempeño procedimental y actitudinal mejoren significativamente; por lo que se considera que se pueden mejorar las prácticas educativas con la ayuda de herramientas tecnológicas en la enseñanza de las ciencias.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

La revisión bibliográfica acerca de las metodologías apoyadas en el uso de herramientas digitales en la enseñanza de la física inspiró la propuesta presentada en este trabajo. Así, se diseñaron actividades para estudiantes que cursan la básica secundaria y media académica, con la intención de establecer mejoras en la comprensión de los conceptos físicos y fortalecer habilidades y competencias educativas antes de que ingresen a la universidad. Además, los textos leídos concuerdan en que el uso de las TICs se hace cada vez más inherente a las prácticas educativas por los estímulos que genera tanto en los procesos de enseñanza como en los procesos de aprendizaje lo que incrementa el deseo de estar a la vanguardia.

El diseño de material didáctico que se beneficia por el uso de herramientas tecnológicas, a través de las aplicaciones PhysicsSensor y SimulPhysics, favorecieron otros aspectos del aprendizaje como el aspecto visual “en tiempo real” de las representaciones gráficas y modelos matemáticos para las variables o componentes del movimiento ondulatorio, a través de los videos y simulaciones proporcionadas por estos programas, beneficiando otros medios para la comprensión de los objetos abstractos que son de difícil visualización. Se desarrollaron actividades guiadas por el trabajo colaborativo y discusiones grupales acordes con las hipótesis establecidas en cada experiencia registrada, lo que favoreció el desarrollo de habilidades científicas en las estudiantes.

La implementación de diferentes metodologías alrededor de un concepto permitió al docente ofrecer prácticas pedagógicas que contuvieran diferentes niveles y formas de

aprendizaje, ampliando las posibilidades de adquisición o comprensión de los conceptos en cada una de sus estudiantes.

Al realizar un análisis de los resultados arrojados tanto por el pre test como por el pos test, dan cuenta de una ganancia del aprendizaje después de realizada la intervención; las estudiantes identifican las características físicas o cinemáticas del movimiento ondulatorio, y presentan dificultades en la modelación matemática que relaciona las variables que intervienen en dicho movimiento.

Los aspectos metodológicos de la intervención han proporcionado un avance significativo en la apropiación de los conceptos trabajados de acuerdo con los resultados obtenidos especificados en el capítulo 4, además de las ganancias obtenidas de manera cualitativa analizadas por el docente bajo la perspectiva de la investigación acción llevada a cabo en cada una de las sesiones.

Estas intervenciones no solo proporcionan información sobre los alcances del aprendizaje y comprensión de los conceptos trabajados, sino que además, permiten que el docente reevalúe sus metodologías, su forma de enseñanza, su oralidad, los aspectos en cuanto a los ambientes de aprendizaje y también sobre el diseño de herramientas (guías, informes de laboratorio, textos, evaluaciones).

5.2 Recomendaciones

Integrar al laboratorio de Física de los colegios herramientas digitales como tablets o celulares que contengan solo las aplicaciones requeridas para realizar prácticas de tipo experimental y evitar distracciones de otras aplicaciones en los celulares de uso personal.

La evaluación final (postest) que se realiza de la intervención podría estar acompañada de los dispositivos móviles para el uso de las aplicaciones en el desarrollo de la prueba, además de incluir las ecuaciones necesarias ya que la memorización no es específica del aprendizaje adquirido mientras que la manipulación adecuada y racional de las variables en un modelo matemático indican apropiación de las operaciones y relaciones de igualdad en un sistema.

Hacer algunas modificaciones pertinentes a las guías en el diseño de las preguntas, para evitar complicaciones en la comprensión de lectura por parte de los estudiantes y poder conducir más acertadamente a lo que el docente desea que se logre; esto con el fin de poder utilizar las herramientas aquí propuestas en cualquier medio educativo, ya sea de manera virtual, como actividad extraescolar o presencial.

Reforzar las competencias académicas en el área de matemáticas para lograr compendiar el estudio físico matemático del movimiento ondulatorio o de cualquier otro sistema; cabe resaltar que el lenguaje de la matemática es el utilizado para expresar cuantitativamente las características de los fenómenos físicos y por tal su relevante importancia.

Referencias

- Blasco, Josefa. *La investigación- acción*. Recuperado el 12 de septiembre de 2017, de La investigación- acción:
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/12090/1/LA%20INVESTIGACI%C3%93N%20ACCI%C3%93N.pdf>
- Castiblanco, Olga & Vizcaíno, Diego. (2008). *El uso de las TICs en la enseñanza de la física*. Ingenio libre, 20-26. Bogotá.
- Correa, Ruy & Castro, Maribel. (2012). *La investigación-acción en la transformación de las prácticas de enseñanza de los maestros de lenguaje*. Leng, volumen 40 n. 2. Cali.
- Delgado, Mercedes & otros (2014). *Lineamientos teórico-metodológicos para el uso de las TIC en la formación de conceptos científicos en física*. Universidad Privada Dr. Rafael Belloso Chacín: Venezuela.
- Hake, Richard R (1999). *Analyzing Change/Gain Scores*. Indiana University: Woodland Hills, USA.
- Jiménez, Francy & Beleño, Ligia. (2017). *Integración de las TIC en el curso de ondas y partículas de la Universidad Autónoma de Bucaramanga*. Scientia et Technica Año XXII, volumen 22, 95-101. Pereira.
- MEN. (2003). *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales*. Bogotá: Editorial magisterio.
- MEN. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje V. 1*. Medellín: Secretaría de educación de Medellín.

- Molina, Milena (2017). *Diseño de propuesta de enseñanza-aprendizaje de la física básica, especialmente la cinemática, mediante la representación gráfica, interpretación y análisis de eventos físicos a través de actividades experimentales usando los dispositivos móviles: estudio de caso en el Laboratorio de Física Mecánica para Ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín*. Universidad Nacional de Colombia: Medellín.
- Moreira, Marco. (2000). *Aprendizaje Significativo Subersivo*. Actas del III encuentro internacional sobre aprendizaje significativo, (págs. 33-45). Lisboa .
- Murillo, Wilmar & otros (2016). *Construcción de la noción de onda y el fenómeno de interferencia en el grado noveno*. Universidad de Antioquia: Medellín.
- Ortega, Edna & Tamayo, Hernando. (2014). *Inclusión de las tecnologías de la información y las comunicaciones como recurso didáctico en la enseñanza de ondas*. Volumen 3 n. 10, Santiago de Cali.
- Pontes, Alfonso. (2005). *Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos*. Volumen 2 n. 1, 2-18. España.
- Posada, Javier. (2013). *Unidad didáctica: Enseñanza de las ondas mecánicas para grado octavo*. Universidad Nacional de Colombia: Medellín.
- Postman, N & Weingartsner, C. (1971). *Teaching As a Subversive Activity*. Delta.
- Vélez, Nicolás. (2016). *Diseño de una unidad didáctica para el análisis del desplazamiento de un oscilador armónico mecánico. Propuesta basada en la implementación del computador para el registro gráfico del movimiento de un sistema masa resorte en tiempo real*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas: Bogotá.

Anexos

A. Anexo: Pretest

FUNDAMENTOS DEL MOVIMIENTO ONDULATORIO

DURACIÓN: 60 MINUTOS

SELECCIÓN ÚNICA

1. La proyección de una partícula que se mueve circularmente con velocidad angular constante (MCU) :
 - a. Se mueve también con MCU.
 - b. Se mueve con aceleración constante (MUV).
 - c. Oscila con movimiento armónico simple (MAS).
 - d. Ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta.
2. Se mueven con MAS:
 - a. La proyección de una partícula que se mueve con MCU.
 - b. El sistema masa resorte cuando oscila.
 - c. El péndulo simple cuando hace pequeñas oscilaciones.
 - d. Todas las afirmaciones anteriores son correctas.
3. En la Figura 1 se representa el cronograma de un MAS. Se puede afirmar que:
 - a. Su frecuencia vale 2,0 Hz.
 - b. Su frecuencia vale 0,5 Hz.
 - c. Su amplitud es 5 m.
 - d. Ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta.

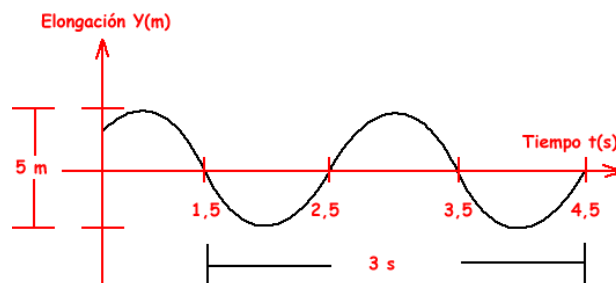


Figura 1

4. Si en un sistema masa resorte se aumenta la masa entonces:
 - a. Aumenta su frecuencia.
 - b. Disminuye su frecuencia.
 - c. Disminuye su periodo.
 - d. Aumenta la constante de rigidez k .

5. Si se cuadruplica la longitud de un péndulo simple su periodo:
 - a. Se cuadruplica.
 - b. Se duplica.
 - c. Baja a la mitad.
 - d. Ninguna de las afirmaciones anteriores es correcta.

6. Si un péndulo simple oscila en un planeta con un periodo que es la mitad del periodo con el cual oscilaría en nuestro planeta, se puede concluir que la aceleración de la gravedad allí es en m.s^{-2} :
 - a. 4,90.
 - b. 2,45.
 - c. 19,60.
 - d. 39,20.

7. Si un sistema masa resorte se lleva a la Luna (allí la gravedad es aproximadamente $1,6 \text{ m.s}^{-2}$) se puede afirmar que:
 - a. Su frecuencia aumenta.
 - b. Su frecuencia disminuye.
 - c. La masa disminuye.
 - d. Su frecuencia permanece constante.

8. Es cierto que en una onda mecánica viajera:
 - a. La materia se propaga.
 - b. La energía se propaga.
 - c. La materia oscila y se propaga.
 - d. Ninguna de las anteriores afirmaciones es correcta.

9. Una onda se propaga por un slinky, Figura 2. Cuando el agente externo generador de la onda (la mano) hace un oscilación completa, es cierto que:
 - a. La onda viaja una longitud de onda.
 - b. Ha transcurrido un periodo.
 - c. La energía se propaga con velocidad constante.
 - d. Todas las anteriores afirmaciones son correctas.

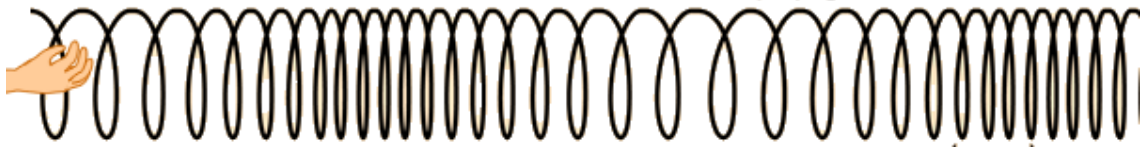


Figura 2

10. Para la onda de la Figura 2 es correcto afirmar que:
- La onda posee crestas y valles.
 - La onda es transversal.
 - Las espiras oscilan con velocidad constante.
 - La onda posee nodos y vientres.
11. En la Figura 3 se ilustra ondas estacionarias en una cuerda.

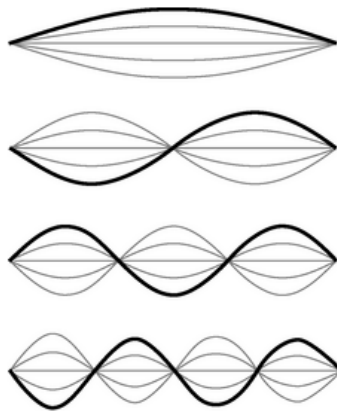


Figura 3

Es correcto afirmar que:

- La onda posee crestas y valles.
 - Entre dos nodos consecutivos la distancia equivale a media longitud de onda.
 - Las cuatro ondas estacionarias de la figura tienen diferente frecuencia de oscilación.
 - Entre dos crestas consecutivas la distancia equivale a una longitud de onda.
12. Para las ondas de la Figura 3 es correcto afirmar que:
- Son longitudinales y mecánicas.
 - Son transversales y mecánicas.
 - En ellas hay propagación de energía.
 - En ellas hay propagación de materia.
13. El tiempo que se demora una partícula del medio por donde se propaga una onda mecánica en hacer una oscilación completa corresponde a:

- a. La frecuencia de la onda.
 - b. El periodo de la onda.
 - c. La longitud de onda.
 - d. La amplitud de la onda.
14. En el vacío se pueden propagar las ondas:
- a. Longitudinales.
 - b. Transversales.
 - c. Electromagnéticas.
 - d. Mecánicas.
15. Si la vibración de las partículas del medio es perpendicular a la dirección en la que se propaga la onda, se puede decir que:
- a. La onda es transversal.
 - b. La onda es longitudinal.
 - c. La onda es mecánica.
 - d. Las opciones a y c son correctas.
16. La máxima separación de la posición de equilibrio de las partículas que vibran cuando una onda se propaga por un medio se denomina:
- a. Periodo.
 - b. Longitud de onda.
 - c. Desplazamiento.
 - d. Amplitud.
17. Si la velocidad con la que se propaga una onda en una cuerda es 50 m/s y la frecuencia con que vibra es 100 Hz entonces su longitud de onda es:
- a. 5 000 m.
 - b. 0.5 m
 - c. 5 m
 - d. 500 m
18. ¿Un sonido de 2 000 Hz propagándose en el aire ($V = 340 \text{ m/s}$) que longitud de onda tiene?
- a. 17 m.
 - b. 17 cm.
 - c. 7,5 cm.
 - d. 7,5 m.

En la Figura 4 se ilustra un experimento de formación de ondas estacionarias en una cuerda. La velocidad con la que se propagan las ondas en la cuerda es igual a $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y la longitud L es igual a 2 m. Con base en esta información responder las preguntas 19 y 20.

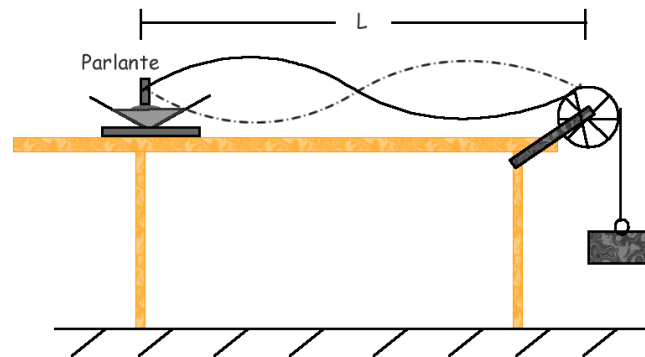



Figura 4

19. La frecuencia con la que oscila el parlante para que se presente la resonancia ilustrada en la Figura 4 es igual a:
- 25 Hz.
 - 50 Hz.
 - 12,5 Hz.
 - Ninguna de las anteriores respuestas es correcta.
20. Para que se presente el armónico 3 en la cuerda la frecuencia del parlante debe ser:
- 25 Hz.
 - 37,5 Hz.
 - 50 Hz.
 - Ninguna de las anteriores respuestas es correcta.


B. Anexo: Guía SimulPhysics

 <p>Colegio Santa María del Rosario Medellín</p>	SimulPhysics: MCU vs MAS		
Nombre:	Grado y grupo:		
Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Asignatura: Física		
Docente: Natalia María Ramírez Gil	Período:	Fecha:	

Ejecutar la simulación de *OSCILACIONES* denominada *MCU vs MAS* de **SimulPhysics**, en ella se puede observar la relación entre un *MCU* y un *MAS*.

1. Cómo varía el periodo del cronograma si aumenta la frecuencia del sistema o si disminuye. Adjunte un Screenshot para ambos casos señalando el periodo en el cronograma.
2. Qué sucede cuándo la frecuencia es igual a cero. Adjunte un Screenshot.
3. Cuál es el punto de equilibrio del sistema masa-resorte (realice una descripción) y adjunte un Screenshot resaltando el punto de equilibrio.
4. Describa el movimiento del resorte para completar una oscilación. Adjunte un Screenshot y resalte una oscilación completa.
5. Cuál es el valor de la amplitud de la oscilación.

C. Anexo: Informe de laboratorio masa resorte.

 Colegio Santa María del Rosario Medellín	Movimiento armónico simple: Sistema Masa-Resorte	
	Nombre:	Grado y grupo:
Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental		Asignatura: Física
Docente: Natalia María Ramírez Gil	Período:	Fecha:

Sistema Masa - Resorte

Objetivo: Mostrar mediante experimentos demostrativos que la frecuencia propia de las oscilaciones del sistema masa resorte depende de la constante de rigidez K del resorte y de la masa m que pende de éste.

Materiales:

- Dispositivo móvil
- Resortes
- Pesas
- Portapesas
- Balanza

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{m}}$$

Actividad

1. Usar la ecuación para calcular el periodo de oscilación, conociendo el valor de la constante de rigidez y la masa.

Resorte Azul. Valor teórico de P:

Resorte Amarillo. Valor teórico de P:

2. Realizar una verificación experimental del resultado obtenido, haciendo oscilar el sistema y midiendo el periodo para compararlo con el calculado. Se recomienda medir con el cronometro del dispositivo móvil el tiempo para 10 oscilaciones completas.

Resorte Azul. Valor experimental de P:


Resorte Amarillo. Valor experimental de P:

3. Calcular el porcentaje de error en cada caso.

$$\frac{(\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental})}{\text{Valor teórico}} \times 100$$

4. Cuáles pueden ser las posibles causas de error.
5. Aumentar la masa del sistema (Resorte Azul) y responder:
- ¿Qué sucede con el periodo de oscilación?
 - ¿Qué sucede con la frecuencia de oscilación?

D. Anexo: Informe de laboratorio péndulo simple.

 <p>Colegio Santa María del Rosario Medellín</p>	Movimiento armónico simple: Péndulo Simple		
Nombre:	Grado y grupo:		
Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Asignatura: Física		
Docente: Natalia María Ramírez Gil	Período:	Fecha:	

Péndulo simple

Objetivo: Mostrar mediante actividades experimentales que la frecuencia propia del movimiento de un péndulo simple depende de su longitud L y de la gravedad g y es independiente de la masa.

Materiales:

- Dispositivo móvil
- Péndulo simple
- Masas pendulares
- Cinta métrica

$$P = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

Actividad

1. Usar la ecuación para calcular el periodo de oscilación (para pequeñas oscilaciones), conociendo el valor de la longitud de la cuerda y la gravedad ($9,8 \text{ m/s}^2$).

Valor teórico de P :

2. Realizar una verificación experimental del resultado obtenido, haciendo oscilar el péndulo y midiendo el periodo para compararlo con el calculado. Se recomienda medir con el cronometro del dispositivo móvil el tiempo para 10 oscilaciones completas.

Valor experimental de P:

3. Calcular el porcentaje de error.

$$\frac{(\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental})}{\text{Valor teórico}} \times 100$$

4. Cuáles pueden ser las posibles causas de error?
5. Aumentar la masa del sistema y responder qué sucede con el periodo de oscilación.
6. Disminuir la longitud de la cuerda a la cuarta parte y verificar si su periodo baja a la mitad. Responder qué le pasa a la frecuencia.
7. Cuánto debe ser la longitud de un péndulo simple para que su periodo valga 1 s. Calcular y verificarlo experimentalmente.

Valor teórico de L:

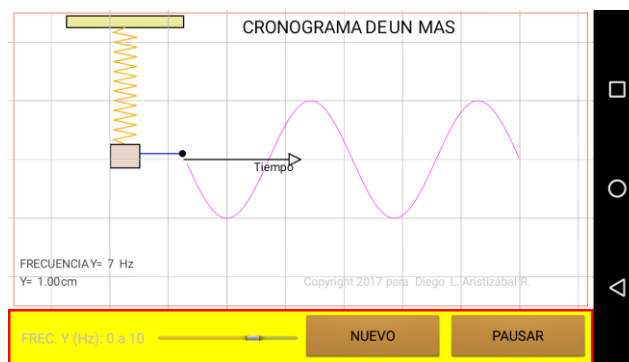
Valor experimental de L:

E. Anexo: Análisis de simulaciones

TALLER I: ANÁLISIS DE SIMULACIONES -OSCILACIONES Y ONDAS VIAJERAS-

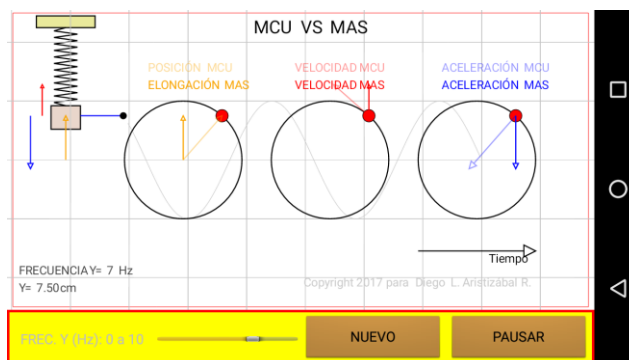
Copyright 2018 para Diego L. Aristizábal R.,
Profesor con Tenencia de Cargo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

SIMULACIÓN 1: CRONOGRAMA DEL MAS



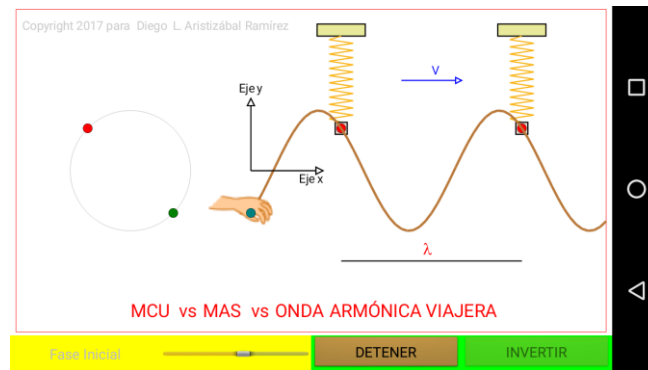
1. Explicar el concepto de periodo (P) del MAS con base en la simulación y señalar con segmentos horizontales diferentes porciones del cronograma que representan un periodo.
2. Aproximadamente cuántas oscilaciones ha realizado la masa según el cronograma ilustrado.
3. Ilustrar dos puntos del cronograma que estén sincronizados (desfasados 2π).
4. Según lo tratado en el curso que le sucede al periodo si se cuadruplica la masa.

SIMULACIÓN 2: MCU VS MAS



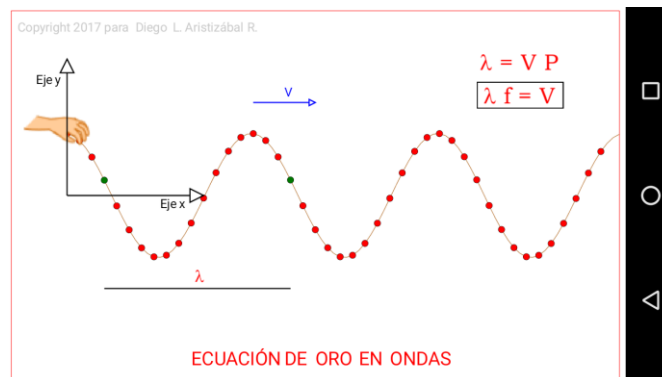
1. ¿Cuántas vueltas da la bolita cuando la masa hace 10 oscilaciones?
2. ¿La curva tenue que se muestra en la simulación qué representa?

SIMULACIÓN 3: MODELO DE ONDAS VIAJERAS



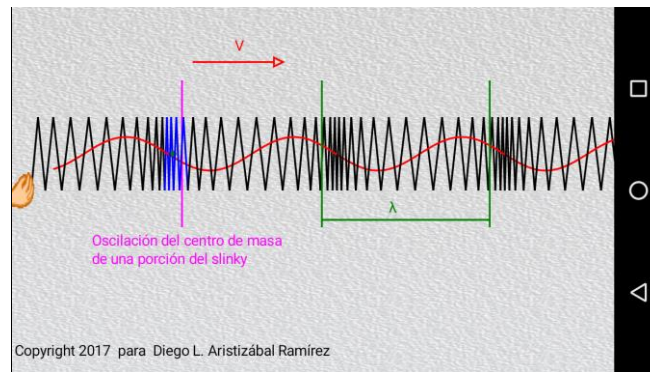
1. ¿Cómo se denomina el tiempo invierten las bolitas que se desplazan con MCU para dar una vuelta?
En este tiempo, ¿Cuántas oscilaciones da la mano?
2. ¿Cuánto vale el desfase entre las masas que se ilustran suspendidas de resortes?
3. ¿Transcurrido un periodo P cuánto ha viajado la onda?
4. ¿En la onda, la materia se propaga, vibra o ambas?

SIMULACIÓN 4: ECUACIÓN DE ORO DE ONDAS



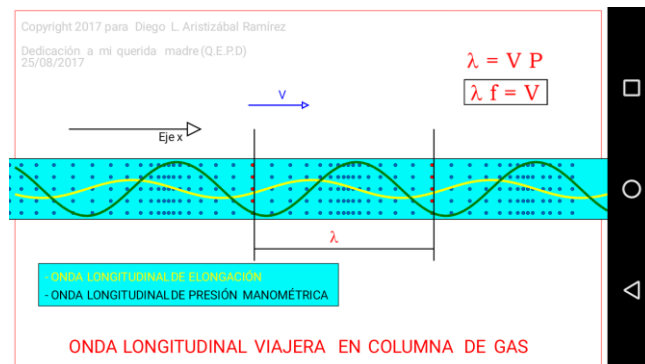
1. ¿Cuántas oscilaciones debe dar la mano para que la onda se propague 7 longitudes de onda?
2. ¿Cuánto se ha desfasado la mano cuando la onda ha viajado 3 longitudes de onda.
3. ¿Esta onda tiene crestas y valles o nodos y vientres?
4. Señalar con una barra horizontal dos puntos sobre la cuerda que estén en oposición (desfasados π). ¿Cuántas longitudes de onda los separa?
5. ¿Dónde se deforma más la cuerda y dónde se deforma menos?

SIMULACIÓN 5: ONDA LONGITUDINAL VIAJERA EN SLINKY



1. ¿Las espiras del resorte vibran, se propagan o ambas?
2. ¿Cuántas longitudes de onda separan crestas consecutivas?
3. ¿Cuántas longitudes de onda separan una cresta y el valle que le sigue?

SIMULACIÓN 6: ONDA LONGITUDINAL VIAJERA EN GAS



1. ¿Las partículas del gas vibran, se propagan o ambas?
2. ¿Cuántas longitudes de onda separan crestas consecutivas?
3. ¿Cuántas longitudes de onda separan una cresta y el valle que le sigue?

F. Anexo: Cálculos de ondas.

TALLER II: ALGUNOS CÁLCULOS EN ONDAS

1. La ecografía permite obtener imágenes del feto dentro del claustro materno sin causarle ningún daño. Los pulsos ultrasónicos con frecuencias de hasta 5,00 MHz rebotan en la superficie del feto y emiten por reflexión su eco correspondiente, Figura 1. Mediante sistemas electrónicos se transforman los tiempos de ida y vuelta en distancias y éstas en imágenes. Si la velocidad de la onda sonora en el tejido blando es prácticamente su velocidad en el agua (1 500 m/s) ¿cuál será la longitud de onda utilizada a la frecuencia de 5,00 Mhz? Rp. $\lambda = 0,300$ mm



Figura 1

2. El período de una onda longitudinal que se propaga en un slinky es igual a $3,00 \times 10^{-3}$ s. La distancia entre dos puntos consecutivos cuya diferencia de fase es $\frac{\pi}{2}$ vale 30,0 cm. Calcular: (a) La longitud de onda, (b) la velocidad de propagación.
Rp. 400 m/s
3. Calcular la longitud de onda de la radiación electromagnética que emite una emisora de radio cuya frecuencia es igual a 0,500 MHz.
Ayuda: La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío y aproximadamente en el aire es igual a 300 000 km/s (3×10^8 m/s).
Rp. 600 m
4. Un láser de luz verde tiene una longitud de onda de 550 nm. Calcular su longitud de onda.
Ayuda: La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío y aproximadamente en el aire es igual a 300 000 km/s (3×10^8 m/s).
Rp. $5,45 \times 10^{14}$ Hz = 545 THz

5. ¿Un sonido de 2 000 Hz propagándose en el aire ($V= 340$ m/s) que longitud de onda tiene?
Ayuda: La velocidad de propagación de las ondas sonoras en el aire es igual a temperatura del orden de 20 °C es 340 m/s.

Rp. 17 cm

6. ¿Un sonido de 2 000 Hz propagándose en el agua ($V= 1 500$ m/s) que longitud de onda tiene?
Ayuda: La velocidad de propagación de las ondas sonoras en el agua a $1 500$ m/s.

Rp. 75 cm

7. Una cuerda se hace oscilar a 50 Hz. Si la velocidad con la que se propagan las ondas en ella es igual a 20 m/s, calcular su longitud de onda.


Rp. 40 cm

8. Las comunicaciones con Bluetooth y con WiFi, lo mismo que los hornos microondas, funcionan con ondas electromagnéticas cuya frecuencia es igual a 2.4 GHz (microondas). Calcular la longitud de onda respectiva.

Ayuda: La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío y aproximadamente en el aire es igual a $300 000$ km/s (3×10^8 m/s).

Rp. 12,5 cm

G. Anexo: Informe de laboratorio onda estacionaria.

 Colegio Santa María del Rosario Medellín		Movimiento ondulatorio: Ondas estacionarias en cuerdas	
Nombre:		Grado y grupo:	
Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental		Asignatura: Física	
Docente: Natalia María Ramírez Gil		Período:	Fecha:

Ondas estacionarias

Objetivos

- Estudiar la relación entre longitud de onda, frecuencia y velocidad de propagación.
- Estudiar el fenómeno de resonancia y verificar la relación:

Materiales:

- Cuerda
- Parlante
- Pesas
- Polea
- prensa en C
- Dispositivo móvil Android.
- PhysicsSensor (generador de señales)

$$f = n \cdot f_n$$

Actividad

1. Variar la frecuencia del parlante para encontrar la frecuencia fundamental de oscilación de la cuerda, es decir, cuando n (número de vientres) es igual 1. Realiza un dibujo de lo que se observa y señala los nodos y vientres.
2. Que sucede si se aumenta la frecuencia del parlante al doble de la fundamental. Cuantos nodos y vientres se obtendrían. Realiza un análisis teórico, experimental y hacer un dibujo de lo que se debería observar.

$$f_{\text{Externa}} = \text{____} \text{ Hz}$$

Nodos: _____

Vientres: _____

Dibujo**Verificación experimental:** $f_{\text{Externa experimental}} = \text{_____}$

3. Calcular el porcentaje de error.

$$\frac{(\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental})}{\text{Valor teórico}} \times 100$$

4. ¿Cuáles pueden ser las posibles causas de error?
5. Si el parlante oscila a una frecuencia igual al triple de la frecuencia fundamental, ¿cuántos nodos y vientres se obtendrían? Realiza una gráfica de lo que se observaría. Verificar experimentalmente.
6. ¿Cuál sería la frecuencia del armónico 6? Verificar experimentalmente.
7. A partir de lo observado experimentalmente, ¿qué se puede deducir de la amplitud y la longitud de onda a medida que se van obteniendo armónicos superiores?

H. Anexo: Encuesta de satisfacción

CUESTIONARIO DE SATISFACCIÓN

Señor estudiante:

Esta encuesta es con el fin de estimar la valoración que usted hace de la intervención didáctica de la cual usted formo parte. Conteste con tranquilidad y sinceridad. Por favor no marcar la hoja

Asigne en una escala de 1 a 5 (marcando con X al lado).

1. El material didáctico usado en la intervención fue de fácil adquisición y bajo costo.

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

2. En la intervención se usaron adecuadamente las denominadas nuevas tecnologías de la información y la comunicación, NTIC (computador, internet, celulares, tablets).

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

3. En la intervención las actividades realizadas fueron muy interesantes y agradables. Realmente disfruté este proceso de enseñanza aprendizaje.

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

4. La condiciones ambientales (espacios, recursos utilizados, guías) han sido adecuadas para facilitar el proceso formativo:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

5. Los temas tratados en la intervención fueron interesantes:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

6. La metodología empleada en la intervención (experimentos, relación con la vida cotidiana, discusiones en grupo actividades en general) fue apropiada:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

7. El docente guió la intervención educativa adecuadamente:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

8. La intervención te dejó gran interés en los temas tratados:

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

9. ¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales?

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

10. ¿Crees que la enseñanza de las ciencias naturales debe ser orientada con actividades experimentales y sobre todo éstas usando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC)?

1 ___ 2 ___ 3 ___ 4 ___ 5 ___

Responder SI o NO

11. Después de haber participado en esta intervención educativa quisiera repetir la misma experiencia con otros temas relacionados con las ciencias naturales:

SI ____ NO ____

12. Recomendaría a otros compañeros participar de una intervención didáctica que usara una metodologías

similar: SI ____ NO ____