



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**APORTE DE UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA
BASADA EN APLICACIONES MÓVILES, PARA
EL APRENDIZAJE DEL MOVIMIENTO
PENDULAR Y SISTEMA MASA RESORTE**

Autor

Victor Julián López Ramírez

Universidad de Antioquia
Facultad de Educación
Maestría en Educación en Ciencias Naturales
Medellín, Colombia
2020



APORTE DE UNA PROPUESTA DE ENSEÑANZA BASADA EN APLICACIONES
MÓVILES, PARA EL APRENDIZAJE DEL MOVIMIENTO PENDULAR Y
SISTEMA MASA RESORTE.

VÍCTOR JULIÁN LÓPEZ RAMÍREZ

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Educación en Ciencias Naturales

Asesora: Mg. Vanessa Arias Gil

Línea de Investigación:
TIC para la Enseñanza de las Ciencias
Grupo de Investigación: PiEnCias, Perspectivas de investigación en Educación en
Ciencia

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS NATURALES
MEDELLÍN
2020

Dedicado desde el fondo de mi corazón

A mi hijo Miguel Ángel López, por su paciencia ante tantas noches y fines de semana sin jugar con su papi, el sacrificio valió la pena. A mi hermosa esposa, por su apoyo, por sus consejos, y por sus palabras de aliento, te amo mi princesa. A mi familia, mi hermana, y especialmente a mi padre William López y mi abuela Emilia Salgado su apoyo desde la distancia y fortaleza fueron un gran combustible para no perder la motivación, los adoro.

AGRADECIMIENTOS

Infinitas gracias a mi asesora y compañera de camino Vanessa Arias, por su paciencia, entrega, dedicación, y guía incondicional en el desarrollo de este proyecto, sus enseñanzas en el campo de la educación en el área de la física fueron mi brújula para el éxito de este.

Gracias también a las profesoras Sonia López y María Mercedes Jiménez por sus valiosos aportes en las clases de seminario, a todos los profesores y compañeros de maestría que de alguna forma dieron su granito para la realización del proyecto.

Gracias enormes a los estudiantes de grado once de la institución educativa Cristóbal Colón, especialmente a los que hicieron parte de esta propuesta, gracias por su paciencia, y empeño en hacer las cosas bien, igualmente gracias a las directivas y profesores de la institución por su disposición en algunos momentos.

De nuevo gracias a mi esposa, y mi familia por su apoyo incondicional, sin ustedes esto no habría sido posible este sueño de ser magister.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	5
INDICE DE IMAGENES.....	6
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN Y ABSTRACT	8
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	16
2.1. OBJETIVO GENERAL	16
2. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 M-Learning y su posibilidad de movilizar el aprendizaje y la enseñanza	24
4.2. La teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC): once principios para transformar las relaciones de la escuela.....	27
4.3. TASC y M-learning una relación necesaria en la escuela de hoy.....	30
4.4. Los movimientos oscilatorios y las relaciones entre TASC y M-Learning	33
5. METODOLOGÍA.....	36
5.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO.....	36
5.2 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
5.3 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	37
5.3.1. ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA.....	37
5.3.2. OBSERVACIÓN Y DIARIO DE CAMPO	38
5.3.3. TALLERES	38
5.4 CRITERIOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	39
5.5 PROCESOS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	40
5.5.1 CATEGORIZACIÓN	40
5.5.1. TRIANGULACIÓN.....	41
5.6 PROPUESTA DIDACTICA.....	43
5.6.1. FASE DE CARACTERIZACIÓN E INDAGACIÓN DE SABERES	43
5.6.2. FASE DE PRESENTACIÓN DE CONTENIDOS Y ESTRUCTURACIÓN DE CONOCIMIENTO	45
5.6.3. FASE DE USO DE APLICACIONES	47

5.6.4. FASE DE CIERRE	49
6. RESULTADOS Y ANALISIS	52
7. CONCLUSIONES	89
8. RECOMENDACIONES	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	102
ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO	102
ANEXO 2. FORMATO PARA ENTREVISTA INICIAL	104
ANEXO 3. ACTIVIDAD DIAGNÓSTICA	106
ANEXO 4. GUÍA DE TRABAJO ECUACIONES Y GRAFICAS DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE	108
ANEXO 5. EJERCICIOS DE PRÁCTICA DE CONCEPTOS (TOMADOS DEL LIBRO FÍSICA 11 HIPERTEXTO, SANTILLANA)	111
ANEXO 6. GUIA DE PRACTICA DE DEMOSTRACIÓN DEL PÉNDULO	112
ANEXO 7. GUÍA DE PRACTICA DE DEMOSTRACIÓN SISTEMA MASA RESORTE .	116
ANEXO 8. ACTIVIDAD SIMULACIÓN <i>péndulo simple (13) PHYSICS AT SCHOOL</i>	118
ANEXO 9. PHET. SIMULACIÓN LABORATORIO DEL PÉNDULO	120
ANEXO 10. ACTIVIDAD SIMULACIÓN <i>OSCILADOR ARMÓNICO (16), PHYSICS AT SCHOOL</i>	121
ANEXO 11. ACTIVIDAD SIMULACIÓN SHM 08 APP HORIZONTAL SPRING MASS MODEL	123
ANEXO 12. ACTIVIDAD DE CREACIÓN CARICUTURA	124
ANEXO 13. EVALUACIÓN FINAL DE CONOCIMIENTOS SOBRE OSCILACIONES .	125
ANEXO 14. ACTIVIDAD MAPA MENTAL	127
ANEXO 15. ENTREVISTA FINAL	128
ANEXO 16. DIARIO DE CAMPO REGISTRO FOTOGRAFICO DE ALGUNAS PÁGINAS 	129
ANEXO 17. INTERFAZ DE LAS APLICACIONES	130

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Circulo con los vectores posición, velocidad, y aceleración, para explicar el movimiento circular y el movimiento armónico simple	46
Imagen 2. Representación elaborada por E1 y E2, del SMR	61
Imagen 3. Respuestas de E1, E2, y E3 en el foro WhatsApp	62
Imagen 4. Representación de los vectores posición, velocidad. Aceleración del estudiante E1	63
Imagen 5. Momento donde se explica el SMR en la sesión cuatro	65
Imagen 6. Graficas de masa vs tiempo en dos situaciones con constantes diferentes, elaboradas por E1, y E2	66
Imagen 7. Graficas de la relación longitud periodo realizados por E1, E2, y E3.....	67
Imagen 8. Representación dibujada por E3 de la posición, velocidad, y aceleración en el SMR	69
Imagen 9. Caricatura del péndulo de E1	71
Imagen 10. Caricatura del bungee jumping de E1	72
Imagen 11. Representación hecha por E1 del SMR en el cuestionario final.....	73
Imagen 12. Mapa mental elaborado por E1	73
Imagen 13. Tabla y gráfica de vectores del M.A.S. elaborada por E1.....	78
Imagen 14. Tabla y grafica de vectores del M.A.S. elaborada por E2.....	79
Imagen 15. Solución de ejercicios de M.A.S. de los estudiantes E1, E2, y E3	79
Imagen 16. Esquema elaborado por E3 de la relación masa periodo como dos resortes diferentes para el SMR	80
Imagen 17. En la parte superior cálculos elaborados por E1 en la sesión de la simulación del péndulo Physics at School, y la parte inferior cálculos hechos por E2 de la misma sesión...	81
Imagen 18. Ejemplo de algunos cálculos elaborados por E1 en la sesión dos de la simulación del péndulo del Phett	82
Imagen 19. De arriba a abajo cálculos elaborados por E1, E2, y E3 en la simulación del SMR de la sesión tres.....	82
Imagen 20. Esquema de las gráficas de posición, velocidad, y aceleración de un SMR, elaborado por E1 en la sesión cuatro de la fase de uso de aplicaciones.....	83
Imagen 21. Mapa mental elaborado por E2	84
Imagen 22. Mapa mental elaborado por E3	85
Imagen 23. Esquema elaborado por E1 para representar diversas situaciones del movimiento en el SMR.....	86
Imagen 24. Algunos estudiantes interactuando con la aplicación Physics at school.....	87
Imagen 25. Estudiantes interactuando con la simulación PHET	88
Imagen 26. Estudiantes interactuando con la simulación del SMR Physics at school.....	88
Imagen 27. Estudiantes interactuando con la simulación SHM 08 SMR.....	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación de artículos de índole instrumental en cuanto a tipos de fenómenos físicos mencionados	18
Tabla 2. Relación de artículos donde se evidencia alguna propuesta pedagógica, en cuanto a tipos de fenómenos físicos mencionados.....	19
Tabla 3. Tipos de herramientas TIC implementadas en los artículos revisados	19
Tabla 4. Fases y actividades propuestas para cada fase	50
Tabla 5. Escala cualitativa de valoración para la capacidad de formular preguntas. Tomado de López y Solano (2014)	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de relación entre los principios de movilidad del M-Learning y la TASC	30
Figura 2. Relaciones entre el M-Learning y TASC tomadas para la investigación.....	33
Figura 3. Esquema del comportamiento de un cuerpo en movimiento armónico simple, en sus relaciones posición contra tiempo, velocidad contra tiempo, aceleración contra tiempo. Tomado de https://www.blogdefisica.com/movimiento-armonico-simple.html	34
Figura 4. Esquema del péndulo simple. Tomado de https://mesoatomic.com/es/fisica/ondulatorio/mov-armonico-simple/mas-y-pendolo-simple	35

RESUMEN Y ABSTRACT

RESUMEN

En las clases de física a nivel de la enseñanza media en las instituciones públicas de Medellín, son recurrentes diversas problemáticas para el desarrollo de la actividad práctica y experimental con los estudiantes, entre ellas la falta de recursos físicos para laboratorio, o espacios de cómputo para realizar simulaciones o practicas virtuales que complementen los acercamientos teóricos que se dan en el aula de clase; ante estas dificultades, es menester valorar el aporte que puedan tener algunas aplicaciones móviles para el aprendizaje en Física, y específicamente de los movimientos oscilatorios, un fenómeno que representa especial dificultad para la comprensión de sus conceptos asociados, y para el cuál hoy en día existen diversas propuestas de enseñanza apoyadas en los dispositivos móviles e internet.

Para esta investigación se toman dos elementos teóricos, a saber, el M-Learning desde la mirada de Sharples (2009) y la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (2005, 2010), a partir de los cuales se sustenta, en primer lugar, la construcción de una propuesta didáctica cuyo eje central es el uso de aplicaciones móviles para el aprendizaje de algunos movimientos oscilatorios (sistema masa resorte y péndulo). En segundo lugar, estos referentes orientan el análisis de dicha propuesta didáctica mediante cuatro relaciones establecidas a partir del vínculo teórico entre ambos planteamientos.

Esta investigación se hace bajo el paradigma cualitativo y desde un estudio de caso instrumental en el que se busca valorar cómo es el aprendizaje de movimientos oscilatorios, en tres estudiantes de la institución educativa Cristóbal Colon de Medellín, cuando se utilizan herramientas digitales móviles como el celular y sus aplicaciones. Como técnicas e instrumentos de recolección de la información se recurrió a la observación a través de videos, grabaciones y diario de campo, los talleres, y las entrevistas semiestructuradas; además de talleres y producción escrita de los estudiantes. El estudio contempló cuatro fases denominadas fase de caracterización e indagación de saberes, fase de presentación de contenidos y estructuración de conocimiento, fase de uso de las aplicaciones, y fase de cierre.

Los resultados muestran que el uso de aplicaciones móviles contribuye al aprendizaje de movimientos oscilatorios, específicamente del movimiento pendular y sistema masa resorte,

toda vez que, las herramientas permiten al estudiante interactuar con variables y establecer relaciones entre magnitudes; además de esto, por el hecho de que a partir del uso de las aplicaciones móviles se favorece la apropiación del lenguaje propio de la física, el reconocimiento de elementos no suficientes del conocimiento previo para el desaprendizaje de conceptos, y elementos de indagación sobre estos movimientos.

ABSTRACT

In physics classes at the level of secondary education in public institutions in Medellín are several recurring issues for the development of practical and experimental activity with students, including lack of physical resources to laboratory spaces or computing for virtual simulations or practices that complement the theoretical approaches that occur in the classroom; faced with these difficulties, it is necessary to assess the contribution they may have some mobile applications for learning in physics, and specifically the oscillatory movements, a phenomenon that represents special difficulty understanding their associated concepts, and for which today there teaching various proposals supported on mobile devices and the Internet.

For this research two theoretical elements, namely, the M-Learning is taken from the perspective of Sharples (2009) and the Theory of Learning Significant Critical Moreira (2005, 2010), from which it is based firstly construction of a didactic proposal whose centerpiece is the use of mobile applications for learning some oscillatory movements (pendulum spring and mass system). Second, these references guide the analysis of this didactic proposal by four relationships established from the theoretical link between the two approaches.

This research is done under the qualitative paradigm and from a study of instrumental case that seeks to assess how he is learning oscillatory movements in three students of the school Cristobal Colon de Medellin, when digital tools phones are used as cell and its applications. Techniques and instruments of data collection were used to observation through videos, recordings and field notes, workshops, and semi-structured interviews; as well as workshops and written production of students. The study included four phases called, phase of characterization and investigation of knowledge, phase of presentation of contents and structuring of knowledge, phase of use of applications, and closing phase.

The results show that the use of mobile applications contributes to learning oscillatory movements, specifically the pendulum movement and mass spring system, since the tools allow the student to interact with variables and relationships between magnitudes; In addition to this, by the fact that from the use of mobile applications appropriation of the language of physics, recognition is not sufficient evidence of prior knowledge to unlearning concepts and elements of inquiry it is favored on these movements .

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ser humano desde sus inicios intelectuales se ha preguntado cómo funciona el mundo que lo rodea, fenómenos desde el más grande a escala universal, hasta el más pequeño a escala atómica lo han inquietado y permitido la construcción de invaluable conocimientos. En este proceso, la curiosidad del hombre ha sido una virtud sin límites, donde la imaginación y la creatividad jugando un papel trascendental.

La física como cualquier otra ciencia es producto de este proceso de construcción, y constituye hoy en día un cuerpo de conocimientos que sustenta explicaciones a eventos cotidianos y naturales como la luz, el movimiento, las fuerzas actuantes en un cuerpo, la electricidad, entre otros. No obstante, el proceso de enseñanza de la física ha representado a lo largo de la historia un desafío para el maestro, desafío que se evidencia en el amplio campo de producción de la didáctica de las ciencias y la física en particular. La preocupación por los contenidos, por las herramientas, por las prácticas, por los saberes previos, por la evaluación, entre otros asuntos, ha motivado importantes planteamientos en este campo.

A propósito de lo anterior, Gil et. al. (1999), destacan la importancia de las prácticas experimentales en la didáctica de la física; se resalta la idea de los trabajos prácticos como búsqueda de superación de una enseñanza puramente libresco y acentúa que esta es vista por los maestros como una suerte de «revolución pendiente» que se ve obstaculizada por dificultades externas como la falta de material adecuado, falta de instalaciones, gran número de estudiantes en las aulas, entre otros. Por su parte, Campelo (2003) destaca la necesidad de engranar los conceptos básicos de la física, con los asuntos prácticos de la vida cotidiana de los estudiantes y resalta que en la manera como se enseña la física, partiendo desde lo teórico a lo práctico, no se da oportunidad al estudiante de dotar de significado el aprendizaje a partir de su propia experiencia y, por ende, limita la construcción del conocimiento.

Es posible la construcción teórico-formal de un modelo didáctico que se basa científicamente en el proceso enseñanza-aprendizaje de la física, en correspondencia con las exigencias histórico-concretas, que recoja conocimientos y habilidades de manera integrada eliminando la dicotomía teoría-práctica, posibilitando superar las

deficiencias existentes en la preparación de los estudiantes en Física. (Campelo, 2003, p. 87)

Por su parte, Campanario-Moya (1999) y Campanario-Otero (2000), destacan la necesidad de que el maestro recurra a todas las estrategias, recursos y herramientas didácticas posibles, para que el estudiante comprenda mejor los fenómenos de la naturaleza.

Cuando los alumnos aplican las capacidades de comparar, organizar coherentemente la información, predecir o formular hipótesis e inferencias y obtener conclusiones, están aplicando estrategias científicas, pero además están aplicando estrategias cognitivas y metacognitivas que también son útiles en el procesamiento de la información. (Esler, 1985; Carter y Simpson, 1978, citado en Campanario y Otero, 2000, p. 165)

Por otro lado, Wainmaier y Salina (2005), mencionan la importancia de conocer los saberes previos de cada estudiante frente a los diversos fenómenos de la Física con el fin de empezar a darles sentido real, partiendo desde lo epistemológico y ontológico propio (Gil, et. al. 1991; Salinas, 1991, citado en Wainmaier y Salina, 2005). En el mismo sentido, Grosslight et. al. (citado en Wainmaier y Salina, 2005) hacen mención a que existen concepciones y epistemologías ingenuas frente a la Física, y que esta supuesta ingenuidad es un ingrediente esencial para el aprendizaje significativo del estudiante.

En el caso de la enseñanza de los movimientos oscilatorios y especialmente en lo relacionado con el movimiento pendular y sistema masa resorte, estas dificultades y preocupaciones generalizadas de la didáctica de la física se acentúan (García y Bolívar, 2008), y por ello, se hace imprescindible partir de los saberes previos, articular la teoría con la práctica para dotar de significado el aprendizaje del estudiante, mediar entre la comprensión del fenómeno y su expresión matemática, entre muchos otros asuntos. En la enseñanza de este contenido en particular, es recurrente encontrar que los estudiantes confunden magnitudes como tiempo y periodo, longitud y amplitud, entre otras, y, sobre todo, es recurrente encontrar que el estudiante intenta resolver problemas asociados a estos movimientos con reemplazos en ecuaciones, sin antes tener una comprensión física de los mismos.

Frente a estas dificultades son muchos los eventos que se pueden asociar, la manera como el tema es presentado en los libros de texto, la carencia de instrumentos de laboratorio, la escasa

dedicación horaria al aprendizaje de la Física, entre muchos otros. No obstante, entre estos eventos, la carencia de instrumentos de laboratorio podría ya no ser una excusa, para nadie es un secreto que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el acceso a dispositivos inteligentes ha permeado todos los ámbitos de la sociedad y especialmente el ámbito educativo, y que estas podrían favorecer la ejecución de estos procesos en el aula de clase, sin embargo algunos estudios dan cuenta que muchos docentes se muestran reacios a utilizar las TIC en sus clases ya que esto implicaría más tiempo para planear, además no todas las veces existe conexión a la red, o los equipo no son óptimos para la ejecución de este tipo de trabajos (Domingo y Marques, 2011).

En la institución educativa Cristóbal Colón ubicada en el barrio Santa Mónica de la ciudad de Medellín, confluyen las diferentes problemáticas hasta aquí enunciadas; por un lado están presentes las dificultades en el aprendizaje de los estudiantes en el área de Física y especialmente en el tema de movimiento pendular y sistema masa resorte, dificultades que se evidencian cuando por ejemplo, tienden a confundir la relación entre periodo o frecuencia con la longitud de un péndulo, o la relación entre la masa y la constante de elasticidad en un sistema masa-resorte, o entre amplitud y longitud del péndulo. Estas dificultades han sido evidenciadas por investigadores en otros contextos, tal es el caso de Elizondo (2013) que menciona seis dificultades que algunos estudiantes tienen para comprender enunciados de situaciones problema en el área de física, entre las que figuran: dificultad para interpretar los datos del problema; para comprender los significados del problema; para contextualizar los conceptos de física; para transcribir al lenguaje matemático; en sus habilidades matemáticas y, para transcribir al lenguaje de la física la solución del problema.

Por otro lado, la carencia de espacios y materiales de laboratorio de Física en la institución, dificulta la realización de prácticas experimentales y lleva a que los profesores del área se vean obligados a diseñar actividades con recursos improvisados que implica en muchos casos que la práctica se vea reducida a una demostración del fenómeno donde el estudiante tiene un rol limitado a la observación. De igual manera, la limitación de recursos tecnológicos como aulas de cómputo y restricciones del uso de dispositivos móviles no favorecen la implementación de las TIC en los procesos de aprendizaje de esta área, ya que a pesar de las múltiples opciones que la informática educativa ha dispuesto para favorecer la visualización y simulación de fenómenos a través de laboratorios virtuales y otras herramientas, el acceso a estas se ve limitado por la carencia de espacios de cómputo al servicio de la enseñanza de las ciencias

naturales, estos están reservados a otras áreas, lo que implica que sean pocas las prácticas que se puedan programar o que las mismas no alcancen a ser desarrolladas en su totalidad.

Finalmente, y en referencia al carácter sancionatorio del uso de herramientas tecnológicas como el *Smartphone*, en la institución educativa en mención se contempla el uso de estos dispositivos en el aula de clase como un evento susceptible de un correctivo disciplinario y es frecuente el sentir de muchos docentes respecto al constante desgaste con los estudiantes para que estos estén prestos a las actividades que se les proponen, ya que en muchas ocasiones están haciendo uso del teléfono inteligente para actividades no necesariamente académicas. Se parte de estos hechos para inferir que se hace necesario dar un giro normativo, pero sobre todo pedagógico al uso de estos dispositivos, de manera que puedan ser aprovechados como herramientas para el desarrollo de actividades que apoyen la enseñanza y el aprendizaje. De acuerdo con Gil y Di Laccio (2017), una de las problemáticas en cuanto a recursos didácticos y de laboratorio es el reducido presupuesto con que cuentan algunas instituciones, por lo que el uso del *Smartphone* se convierte en una herramienta de apoyo didáctico, más aún cuando muchos estudiantes cuentan con esta, y que de ser bien usada se puede convertir en un laboratorio ambulante

Ante estas dificultades curriculares y de infraestructura, es menester valorar el aporte que puedan tener algunas aplicaciones móviles para trabajar, en el aula, los movimientos oscilatorios, en un intento por vincular la tecnología a los procesos de enseñanza y de aprendizaje de las ciencias con una fundamentación teórica que la sustente; para ello se parte de la idea que

La existencia actual de un amplio abanico de recursos informáticos para la enseñanza de las ciencias o los avances tecnológicos que se puedan ir desarrollando sobre este tema en el futuro no garantizan que el uso educativo de las TIC llegue a producir una mejora significativa de la calidad de la educación científica, si no se tiene en cuenta la importancia de los aspectos metodológicos y el papel que desempeñan profesores y alumnos en los procesos de enseñanza y aprendizaje. (Najjar, 1997; Novak et al., 1999; Bransford et al., 1999, como se cita en Pontes, 2005, p. 331)

A partir de lo mencionado se hace pertinente una investigación que propenda por el uso adecuado de las herramientas TIC, específicamente en el uso de dispositivos móviles en las

clases de física, para el aprendizaje de conceptos como los movimientos oscilatorios, atendiendo a lo que dice Castiblanco y Vizcaino (2008):

El uso de las TIC en la enseñanza de la Física es una ayuda para desarrollar la inteligencia científica, entendida como las habilidades de pensamiento que se deben formar en el estudiante para la producción científica (capacidad de abstracción, lectura y escritura científica, reflexión y análisis de información), y de igual manera contribuyen al desarrollo de la inteligencia tecnológica, entendida como la habilidad para implementar el uso de las nuevas tecnologías en pro de su propio crecimiento, tanto como la habilidad de crear o dar nuevos usos a diversos recursos tecnológicos. (p.25)

Con base en este planteamiento se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es el aporte de una propuesta de enseñanza apoyada en aplicaciones móviles, para el Aprendizaje del movimiento pendular y sistema masa resorte, en estudiantes de grado once de la Institución Educativa Cristóbal Colón?

2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

2.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar el aporte de una propuesta de enseñanza apoyada en aplicaciones móviles, para el Aprendizaje Significativo Crítico del movimiento pendular y sistema masa resorte, en estudiantes de grado once de la Institución Educativa Cristóbal Colón.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer relaciones entre los planteamientos del M-Learning y los principios de la TASC como base teórica que sustente una propuesta de enseñanza en relación con el aprendizaje del movimiento pendular y sistema masa resorte.
- Definir los elementos pedagógicos y didácticos de una propuesta de enseñanza basada en aplicaciones móviles y orientada por los principios de la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico TASC y el M-Learning para el abordaje del movimiento pendular y sistema masa resorte.
- Identificar en los estudiantes las evidencias de aprendizaje en relación con el movimiento pendular y sistema masa resorte, a la luz de los principios de la TASC y su relación con el M-Learning.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

Para la revisión de literatura con miras a establecer un diagnóstico del estado de la investigación sobre el tema, se inició por una selección de revistas indexadas en el contexto iberoamericano, para ello se recurrió al operador de búsqueda *Scimago Journal & Country Rank* y a la base de datos de *publindex*, mediante las cuales se seleccionó una muestra de revistas bajo algunos criterios previamente definidos, entre ellos, que sean revistas de educación, educación en ciencias y educación con tecnologías. Además, que en el ámbito nacional pertenecieran al Índice Bibliográfico Nacional de *publindex* en las categorías B y C para la vigencia 2014 y, en el internacional que se ubicaran en los cuartiles 1 y 2 según *Scopus*. Bajo estos criterios, en el contexto iberoamericano se seleccionaron 19 revistas, de las cuales 8 son latinoamericanas (la mayoría de ellas brasileñas) y 11 son españolas. Con el instrumento de *PUBLINDEX* se escogieron las revistas colombianas de ámbito educativo donde se obtuvieron 9.

Cabe resaltar que a la lista latinoamericana se le añadieron 6 revistas que no estaban en el listado inicial filtrado en *SCIMAGO*, esto dado que se consideran importantes en el campo de investigación en el que se inscribe el trabajo; además, son citadas por autores como Rezende, Osterman, y Ferraz (2009) quienes hacen un estado del arte de la producción académica en la enseñanza de la física. También se incluyó como excepción una revista nacional (revista latinoamericana de enseñanza de física).

Para la selección de artículos se establecieron los siguientes parámetros: artículos cuyo contenido en título, resumen, y palabras clave, incluyeran los términos de **educación con TIC o m-Learning, enseñanza media, y física o movimientos oscilatorios**. La revisión se hizo en un periodo de 11 años (2008-2018).

En esta selección se encontraron 53 artículos latinoamericanos (la mayoría en *Revista Brasileira de Ensino de Física*, y *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*). En España fueron seleccionados 19 artículos, gran parte de ellos de la revista *Eureka* y, *Enseñanza de las Ciencias*. En el ámbito nacional fueron escogidos 19 artículos, la gran mayoría de ellos de la *Revista Latinoamericana de Enseñanza de la Física*. Posteriormente se hizo una segunda revisión basada en la lectura completa de los artículos con miras a identificar el cumplimiento de los criterios de selección, dentro de su contenido. De esta revisión, se conservaron 38 artículos, de

los 91 artículos que anteriormente habían sido identificados, debido a que en su contenido la mayoría eran trabajos en el contexto universitario, y otros eran artículos que mencionan el trabajo con TIC pero en una disciplina diferente a la física.

Este proceso de revisión de literatura dejó ver dos tendencias principales en la estructuración y fundamentación de los artículos; en la primera de estas, se agrupan aquellos artículos en los que la implementación de las TIC tuvo un marcado índole instrumental sobre alguna herramienta tecnológica, esto es, aquellos que además de no tener una orientación hacia alguna teoría o planteamiento pedagógico, “carecen de estrategias que favorezcan la comprensión de la Naturaleza de la ciencia y de la construcción del conocimiento por parte de los estudiantes y a través de la interacción con dichos recursos” Arias (2016); en este grupo se incluyen 18 artículos latinoamericanos, 10 de ellos enfocados a movimientos oscilatorios (ver TABLA III); de los 18 artículos, 14 son de la Revista Brasileira de Ensino de Física, 2 de Caderno de Ensino de Física, 2 de A Física na Escola, 4 artículos españoles (todos ellos de la revista Eureka), y 4 colombianos (los 4 de la Revista Latinoamericana de Enseñanza de la Física). Para un total de 26 artículos.

Tabla 1. Relación de artículos de índole instrumental en cuanto a tipos de fenómenos físicos mencionados.

Artículos de índole instrumental	
Movimientos oscilatorios	11
Otros fenómenos físicos	15

La segunda tendencia agrupa aquellos artículos en los que se identifica un fundamento teórico más allá de lo instrumental. Aquí se incluyen 5 artículos latinoamericanos (3 de la revista Caderno Brasileiro de Ensino de Física, 1 de Revista Brasileira de Ensino de Física, y 1 de Revista Brasileira de Pesquisa em Educaçao). De España después del segundo filtro, se analizaron 2 artículos (1 de la revista Eureka, y 1 de la revista Enseñanza de la Ciencia). Del contexto nacional se analizaron 5 artículos todos de la Revista Latinoamericana de Enseñanza de la Física. Para un total de 12 artículos. Cabe destacar que esta tendencia ningún artículo menciona específicamente el estudio de movimientos oscilatorios (TABLA 2).

Tabla 2. Relación de artículos donde se evidencia alguna propuesta pedagógica, en cuanto a tipos de fenómenos físicos mencionados.

Artículos de TIC en física con evidencia de alguna estrategia pedagógica

Movimientos oscilatorios	0
Otros fenómenos físicos	12

En la TABLA 3 se hace un desglose de los artículos en relación al tipo de herramientas TIC utilizada en su estudio, se evidencia una escasa contribución en el uso de Aplicaciones de celular para el estudio de movimientos oscilatorios.

Tabla 3. Tipos de herramientas TIC implementadas en los artículos revisados.

Tipo de herramienta TIC utilizada			
Artículos de índole instrumental		Artículos de TIC en física con evidencia de alguna estrategia pedagógica	
Aplicaciones de celular	Otro tipo de herramienta	Aplicaciones de celular	Otro tipo de herramienta
5	21	1	11

Podría decirse que el grueso de los estudios (25 de 38) hace referencia al uso instrumental de los recursos TIC; por ejemplo, Calderón, Gil, Di Lacio, Núñez, Silva, entre otros, enfatizan en el uso de vídeos y análisis de estos con software como *Physics Toolkit* (Calderón, Núñez y Gil 2009), y simuladores de computador y Tablet para realizar laboratorios de bajo costo (Calderón et. Al 2015; Di Laccio et Al. 2017; Silva 2018), en dichos escritos se muestra los procesos de cómo implementarlo y el desarrollo con sus resultados acerca del experimento, pero no se evidencia un instrumento de tipo didáctico, Bouciguez y Santos (2010) hace una revisión sobre varios aspectos cualitativos de diferentes *applets* o simulaciones que existen en la red, para la práctica docente en el área de la física, específicamente en fenómenos ondulatorios, donde analizan las posibilidades de aplicar estas en la enseñanza.

Otros autores se enfocan en el uso de sensores para prácticas de laboratorio y/o uso demostrativo, en los casos analizados se usaron estos dispositivos para explicar movimientos oscilatorios, por ejemplo, Lucatto et. al. (2014) utilizan un sensor en una máquina de Atwood para explicar el movimiento armónico de este dispositivo. Moura da Silva et. al. (2013) hacen algo similar con el péndulo de Wiberforce, en el cual estudian sus oscilaciones mediante un sensor. Da Rocha, Maranghello, y Lucchese (2014) utilizan una placa electrónica con acelerómetro, conectada a un osciloscopio, para explicar la caída libre de los cuerpos y el movimiento armónico amortiguado de un péndulo. Otros ejemplos similares son los que hacen Correa, De Carvalho, y Da Silva (2017), y Amrani y Paradis (2010) quienes utilizan sensores acoplados a algún sistema de adquisición de datos para analizarlos por computador, con el fin de explicar movimientos oscilatorios tal como el sistema masa-resorte o el péndulo.

Otros autores que explican cómo funciona determinada aplicación o simulación en un fenómeno físico, Tsegaye, Baylie, y Dejne (2010) desarrollan una simulación de computador para realizar operaciones vectoriales; Vieira y Aguilar (2016) y, De Jesús y Sasaki (2016), explican cómo usar el acelerómetro de un celular para experiencias como la caída libre y el sistema de dos masas, y para explicar el impulso de un cuerpo respectivamente. Vicario et. al., (2016) también hacen lo propio para explicar el uso de una aplicación celular en el estudio del efecto Doppler. Riposati, Santos y Stuart (2010) hacen un estudio sobre cómo se puede utilizar la herramienta PHET de la Universidad de Colorado en diversas temáticas de la física, pero no especifica la forma didáctica en que se podría implementar, solo resalta que es una buena herramienta para la enseñanza de la física.

Respecto al asunto específico de trabajo sobre movimientos oscilatorios con el uso del celular existen trabajos como el de Martínez (2015), Monteiro, Cabeza, y Marti (2015) quienes emplean el acelerómetro y una aplicación para explicar el movimiento pendular; sin embargo, no se evidencia en su trabajo algún acercamiento de tipo pedagógico.

Dentro de los hallazgos de esta revisión se encontró un número significativo de artículos que hacen referencia a la implementación de TIC para la enseñanza de la Física, pero desde el ámbito de la educación superior (Silva, Netto y Nogueira, 2018; Nascimento y Guedes, 2014; Bonventi y Aranha, 2015; De Jesús y Barros, 2014; De Luca y Ganci, 2011; Lopez Mariño et. al., 2017; Matar et. al., 2018; Netto y Nogueira, 2016; y Zhang, 2015) los instrumentos que ellos mencionan bien se podrían adaptar desde su fundamento teórico para ser aplicados en la

educación media, con un desarrollo matemático más sencillo, y la inclusión de elementos didácticos o pedagógicos en los que se pueda fundamentar la implementación de los instrumentos en el proceso de enseñanza.

En esta perspectiva más enfocada en los procesos pedagógicos, autores como Da Silva y Barrera (2015), resaltan la importancia del uso de las TIC en la enseñanza de la física y la necesidad de hacer un uso consciente y adecuado de estas para dejar de lado los métodos obsoletos y tradicionales de enseñar ciencia. Las ayudas audiovisuales son usadas en ocasiones para experiencias en la clase de física, Torres (2009), desarrolla un instrumento de aprendizaje de fenómenos físicos y químicos (mecánica de fluidos y reacciones químicas), mediante la realización, edición y revisión de videos donde el estudiante debe explicar el fenómeno, de manera que cualquier persona lo pueda comprender, concluye que el hecho de tener que revisar el video, repetir la experiencia si no quedó bien, o regrabar si el concepto no quedó bien explicado, implica al estudiante en el fortalecimiento del concepto, se logra así un aprendizaje de este. Guzmán, Domínguez, y Vega (2011) aplican en un contexto de diversidad cultural e idiomática del sur de México, un modelo de clases el cual consta de combinar métodos tradicionales y una ayuda audiovisual a través de diapositivas animadas, con las cuales los estudiantes lograron una mejor comprensión de los fenómenos, que cuando se explicaba con métodos tradicionales.

En otras investigaciones se encontró el uso de páginas web, blogs o portales donde el estudiante participaba de manera activa por medio de actividades como foros, o de forma pasiva con la observación de demostraciones, Puente, Guillarón, y Guerrero (2009) por ejemplo, usaron un portal web en el desarrollo de un curso preuniversitario de física; en este proceso, los docentes deben prepararse para el uso del mismo, después con los estudiantes indagaban por un diagnóstico previo, y luego de implementado el curso por medio del portal web evaluaron los aprendizajes obteniendo los resultados que ello esperaban en cuanto habilidades y aprendizajes en física. Garcia y Barojas (2011) hacen lo mismo con un curso en línea de física, partiendo del conocimiento de saberes previos, para luego ocuparse del aprendizaje; por su parte, Soares et. al. (2016) trabajaron la motivación y el aprendizaje de conceptos físicos como masa y peso, a través de la construcción de un blog sobre aspectos físicos de la luna.

Los computadores y algunos software o simulaciones que pueden ser instalados en estos, o trabajados desde la web, son también parte del universo de las TIC como herramienta en la

clase de física, en la revisión se encuentran varios trabajos de simulación computacional que fueron empleadas como herramientas de apoyo para alguna actividad o práctica en el aula, Donizetti, Rutz, y Feiser (2017) por ejemplo, hace uso de unas *Flash Card* para trabajar con los estudiantes la motivación y participación en la clases de física, por otro lado, Moro, Neide, y Hepp (2016), aplican algunos instrumentos del aprendizaje significativo crítico, como el mapa conceptual y el cuestionario para evaluar la contribución de una práctica real y una simulación, para la comprensión de los distintos tipos de transferencia de energía térmica.

Amadeu y Leal (2013) hizo un estudio sobre el impacto del uso de simulaciones computarizadas (*The PPhysics Classroom*) sobre el tema de caída libre y lanzamiento de proyectiles, se aplica dicha estrategia en un grupo de estudiantes y los métodos tradicionales en otro, encontró que con los estudiantes a los que se les realizó la actividad con la simulación su aprendizaje fue mejor que con los que utilizaron actividades de métodos tradicionales; Najera (2010) utiliza la computadora y el laboratorio físico para implementar una propuesta didáctica en sus estudiantes para el estudio del movimiento rectilíneo, dicho trabajo pretende fomentar el trabajo en grupo y el uso de herramientas TIC con el computador como complemento para el aprendizaje: De igual manera, Souza y De Melo (2017) realizan una serie de actividades experimentales tanto analógicas como virtuales, a través del software *MODELLUS*, para que los estudiantes aprendan el concepto de fluidos y aerodinámica de un avión; mediante la simulación y juegos como creación de aviones de papel, estudian los conceptos de la dinámica de fluidos, para este estudio los investigadores acuden a la teoría del aprendizaje significativo y aplican un pretest para indagar por los saberes previos, y luego un pos test para valorar el aporte de las diversas actividades y simulaciones.

En cuanto al uso del celular o smartphone, Alvarenga (2016) menciona la importancia del uso de dispositivos móviles para las actividades académicas en el aula de física, inicia con un estudio de accesibilidad a internet en Brasil, el objetivo de este proyecto era mirar como una *app* sobre ciencias -*Sci mobiele trouxes*- contribuía con la motivación, dedicación e interés de los estudiantes cuando se explican fenómenos ondulatorios y fenómenos magnéticos en la clase de física de último año de enseñanza media en algunas escuelas de Sao Paulo. El estudio al cual se hace alusión anteriormente se llevó a cabo mediante análisis de test y estadística, donde se encontró que en los estudiantes con los cuales se trabajó por medio de esta aplicación se apreciaron resultados significativos en cuanto a motivación, dedicación e interés, en comparación con los que desarrollaron las mismas clases con métodos tradicionales.

De la revisión de literatura realizada se concluye que son más los estudios sobre TIC en la enseñanza de fenómenos físicos de tipo instrumental que aquellos cuyo enfoque es aplicado a la práctica docente, muchos de estos en cuanto al uso de computadores o alguna herramienta de recolección de datos, también se encontró que el uso de la web ya sea con la implementación de un blog, página o portal para el aprendizaje de algún fenómeno físico o varios de estos, ha sido mencionado en varias investigaciones, en cuanto a las TIC como herramientas de algún instrumento didáctico o pedagógico se encuentra menos información, gran parte de ésta en cuanto al uso de simulaciones o páginas usadas por computadoras, muy escasa en cuanto al uso de celulares como herramienta para la práctica pedagógica.

Con respecto al uso de dispositivos móviles como herramienta para el aprendizaje de movimientos oscilatorios como el movimiento pendular o el sistema masa resorte, la literatura aporta nutrida información sobre sus tecnicismo y la forma de cómo usarlo; sin embargo, estudios del impacto en el aula, o estudios pedagógicos de estas no se evidenciaron específicamente en dicho tema, esto demuestra la pertinencia de lo que se pretende llevar a cabo con la presente investigación, ya que respecto al uso del celular como herramienta complementaria para la enseñanza de movimientos oscilatorios, la información es casi nula.

4. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación se tomaron como referentes teóricos tres elementos, a saber: *M-Learning*, Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC), y movimientos oscilatorios, esto con el fin de tener una base teórica desde la cual se pudiera valorar el aprendizaje acerca de dichos movimientos en una propuesta de articulación de tecnologías. De esta manera, el marco teórico de la presente investigación se estructura en cuatro secciones, en la primera, se habla del M-learning y sus principales características, destacando las cinco movilidades que propone Sharples, et. al. (2009). En la segunda sección se describe la TASC y sus principios facilitadores, como fundamento didáctico para la propuesta a desarrollar. En el tercer apartado se procura establecer relaciones entre los principios de la TASC y las movilidades del M-Learning. Finalmente, se presentan los movimientos oscilatorios a desarrollar en la propuesta didáctica desde esta perspectiva integradora.

4.1. M-Learning y su posibilidad de movilizar el aprendizaje y la enseñanza

Las herramientas tecnológicas aplicadas en la educación han sido tema de desarrollo e investigación durante las últimas décadas, desde la aparición de la computadora hasta nuestros días en que los dispositivos inteligentes se redujeron al tamaño de un teléfono, las preguntas por su aporte a la enseñanza y al aprendizaje no se han hecho esperar. El aprendizaje mediante el uso de dispositivos móviles o *M-Learning* no es ajeno a esta tendencia, al respecto la Unesco (2013) “reconoce sencillamente que los dispositivos móviles son digitales y fáciles de transportar y que pueden posibilitar o facilitar toda clase de tareas, como la comunicación, el almacenamiento de datos, la grabación de vídeo y audio, el posicionamiento global, etcétera” (p. 10).

El M-Learning entonces contempla el uso de los dispositivos móviles con fines educativos, Sharples, Arnedillo, Milrad y Vavuola son exponentes que se constituyen en importantes referentes para este trabajo, Sharples et.al. (2009), mencionan que el uso de dispositivos móviles en el campo de la educación es un tema que se viene desarrollando desde la década de los 70 del siglo pasado, con proyectos como el de *Xerox Dynabook* que era una especie de cuaderno electrónico en el que los estudiantes debían depositar sus experiencias y aprendizajes;

sin embargo, dicho proyecto estuvo enfocado a dispositivos de escritorio, en cambio, hoy en día hay múltiples maneras de abordarlo en el aula, y precisamente esto ha permitido que sea en los últimos años donde el *M-Learning* ha presentado más estudios e investigaciones.

El *M-Learning* se define como el aprendizaje de conocimientos, habilidades, experiencias mediante el uso de dispositivos móviles electrónicos. Este aprendizaje se apoya en el concepto de Movilidad, entendido como la apertura a nuevas formas de conectar y comunicarse, con base en ello, en el *M-Learning* se distinguen las siguientes características: movilidad en el espacio físico, movilidad de la tecnología, movilidad en el espacio conceptual, movilidad en el espacio social, y aprender en el tiempo libre.

La movilidad en el espacio físico denota que en el trabajo con dispositivos móviles el espacio es irrelevante, ya que cualquier lugar o momento sería ideal para el aprendizaje por este medio; de acuerdo con Sharples et. al (2009) “La ubicación puede ser relevante para el aprendizaje, o simplemente un telón de fondo” (p. 4).

La movilidad de la tecnología hace referencia a que diversas herramientas pueden ser llevadas consigo en el dispositivo móvil, tales como *apps* y simulaciones. De acuerdo con Sharples et. al (2009), la relevancia de las herramientas y recursos portátiles es que están disponibles para ser transportados convenientemente en un dispositivo ligero.

La movilidad en el espacio conceptual implica que en el trabajo con dispositivos móviles, el aprendizaje de conceptos puede estar movido por los intereses del aprendiz, como se cita en Sharples, et. al. (2009):

Los temas de aprendizaje compiten por una atención cambiante de la persona. Un adulto típico emprende ocho importantes proyectos de aprendizaje por año, así como numerosos episodios de aprendizaje todos los días, por lo que la atención pasa de un tema conceptual a otro, impulsado por intereses personales, curiosidad o compromiso.
(p. 4)

La movilidad en el espacio social implica que a través del M-learning puede haber interacción social entre aprendices por medio (por ejemplo) de redes sociales, para interactuar, preguntar, explorar el mismo conocimiento, es decir, que “los estudiantes por medio de este aprendizaje

pueden interactuar con grupos sociales, familiares, la oficina, o el mismo contexto del aula” (Sharples, et. al. 2009, p. 4).

Finalmente, aprender en el tiempo libre, hace referencia a que este medio de aprendizaje está diseñado para ser usado en espacios tanto formales como informales, por lo que el tiempo es una cuestión independiente.

Sharples et.al. (2009) hacen hincapié en que el aprendizaje móvil tiene muchas virtudes entre ellas que NO se centraliza en el aula, y es libre en cuanto a conceptos, es decir que el espacio de aprendizaje puede variar desde el mismo salón de clase o fuera del salón de clase, y los conceptos a desarrollar pueden ser abordados con libertad.

Ante esta tendencia del uso de las tecnologías móviles en la educación, los gobiernos de casi todos los países se han mostrado interesados en adoptar políticas para facilitar su uso, en especial en los países desarrollados donde existen políticas serias para que los estudiantes y profesores puedan tener fácil acceso a la red desde su dispositivo para acceder a contenidos educativos, “en algunos países europeos, el estudiante trae consigo su propio dispositivo, bien sea una computadora portátil, una tableta o un teléfono inteligente, y lo conecta a la red de Wi-Fi de la escuela para acceder a recursos, crear contenidos y colaborar con otros estudiantes” (Unesco, 2013, p.24). En Latinoamérica, aunque a ritmo lento también se implementan políticas para incentivar el uso de dispositivos móviles en el aula, favoreciendo la accesibilidad a la red para tal fin; por ejemplo, países como Argentina, Chile, Uruguay y Colombia han desarrollado portales de educación en línea y una serie de contenidos virtuales de fácil acceso (Unesco, 2013, p.32). Un ejemplo claro de estas iniciativas es la que ofrece el Ministerio de Educación en Colombia, en su *portal educativo de Colombia aprende*, cuyo objetivo es ser el principal punto de acceso y encuentro virtual de la comunidad educativa colombiana, mediante la oferta y el fomento del uso de contenidos y servicios de calidad que contribuyen al fortalecimiento de la equidad y el mejoramiento de la educación en el País (Portal Educativo Colombia Aprende, 2018).

Por otro lado, pese a las virtudes del M-Learning, es necesario tener en cuenta que el mero uso de dispositivos móviles no garantiza aprendizajes en los estudiantes, este proceso debe ir siempre acompañado por algún objeto pedagógico que lo sustente (Colomer, 2015), ella también menciona que el proceso de aprendizaje debe ir guiado por tres cuestiones,

comprobación de ideas previas para tener un punto de partida, construcción de retos o problemas por el medio del cual los estudiantes irán descubriendo los conceptos y modificando sus concepciones erróneas, y proposición de cuestiones de reflexión donde los estudiantes podrán reflexionar sobre su experiencia y transferir el conocimiento a nuevas experiencias. Estas ideas son de suma importancia y orientan algunos elementos para la construcción de la propuesta didáctica que hace parte de este trabajo de investigación.

4.2. La teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC): once principios para transformar las relaciones de la escuela

Los cimientos de esta teoría datan de la década de los sesenta con la teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, desde este punto, se reconoce que deben existir dos condiciones para que exista un aprendizaje significativo, el material potencialmente significativo que pueda ser relacionado con la estructura cognitiva de quien aprende y, la predisposición del estudiante para aprender de manera significativa los contenidos que le son enseñados (Ausubel, 1963; Moreira, 2005; López, 2014).

En el mismo sentido, Postman y Weingartner (1969) hablan de aprendizaje subversivo, y hacen una crítica a la escuela tradicional donde se enseñan verdades absolutas, y el maestro se ubica en el rol de impartidor de conocimientos, estos autores dicen que para que el aprendizaje surja, se debe salir de estos esquemas. Moreira (2000, 2005, 2010) retoma este concepto de subversión y lo complementa con la idea de criticidad, es decir, expone la idea de que el aprendizaje no debe ser sólo significativo sino también crítico, y que debe servir de sustento para sobrevivir en la sociedad contemporánea (Lopez, 2014).

Para Moreira el aprendizaje significativo crítico es “aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella” (Moreira, 2010, p.7), es decir, que el sujeto en este aprendizaje debe ser capaz de actuar, resolver situaciones desde un punto de vista crítico, estar inmerso en su cultura, pero no ser sometido por esta. De la misma manera que Ausubel propuso unos principios de la teoría del aprendizaje significativo, Moreira propone once principios o ideas que de implementarse en el aula, favorecen el Aprendizaje Significativo Crítico de los estudiantes; dichos principios son:

1. Principio del conocimiento previo. Aprendemos a partir de lo que ya sabemos: En el sentido de interiorizar significados culturalmente construidos, es decir para el conocimiento de todo concepto el sujeto tiene que aprenderlo significativamente y para esto el conocimiento previo es parte fundamental de este proceso.

2. Principio de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas: “Cuando un alumno formula una pregunta relevante, apropiada y sustantiva, está utilizando su conocimiento previo de forma no arbitraria y no literal, y eso es evidencia de aprendizaje significativo” (Moreira 2010, p.9). De acuerdo con esto, quien hace las preguntas apropiadas y es capaz de negociar significados con otros acerca de un tema o concepto, es porque ha adquirido un aprendizaje significativo crítico.

3. Principio de la no centralización en el libro de texto. Del uso de documentos, artículos y otros materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos. “El libro de texto simboliza aquella autoridad de donde “emana” el conocimiento. Los profesores y alumnos se apoyan excesivamente en el libro de texto” (Moreira, 2010, p.10) En este sentido Moreira explica que el libro no debe ser la única herramienta o material educativo en el aula, sino que se deben diversificar los recursos, para favorecer un aprendizaje significativo.

4. Principio del aprendiz como perceptor/representador: “El aprendiz es un perceptor/representador, o sea, percibe el mundo y lo representa: todo lo que el alumno recibe, lo percibe.” (Moreira, 2010, p.11). Es decir, reconoce en el estudiante la capacidad de percibir el mundo a partir de sus ideas previas, de aprender de lo que percibe; en este sentido, el conocimiento es una conjunción entre el conocimiento previo y el perceptible.

5. Principio del conocimiento como lenguaje: “El lenguaje está lejos de ser neutro en el proceso de percibir, así como en el proceso de evaluar nuestras percepciones. Estamos acostumbrados a pensar que el lenguaje “expresa” nuestro pensamiento y que refleja lo que vemos. Sin embargo, esta creencia es ingenua y simplista, el lenguaje está totalmente implicado en cualquiera y en todas nuestras tentativas de percibir la realidad” (Moreira, 2010, p. 12). Por ende, el aprendizaje de cualquier disciplina implica, aprender su lenguaje, el cual se constituye de conceptos, símbolos, caracteres, entre otros.

6. Principio de la conciencia semántica: “La primera, y tal vez la más importante de todas, es tomar conciencia de que el significado está en las personas, no en las palabras” (Moreira, 2010, p.13), es decir las cosas no son lo que son por el nombre, sino por el significado que las personas le dan.

7. Principio del aprendizaje por el error: Moreira al respecto nos dice que aprender desde el error, sin que nos den una respuesta acertada es mucho más significativo que aprender el concepto ya establecido y validado, con esto quiere decir, que en el proceso de aprendizaje se puede partir del error para construir nuevos aprendizajes.

8. Principio del desaprendizaje: “En este proceso, como ya se ha dicho, el nuevo conocimiento interacciona con el conocimiento previo y, en cierta forma, se ancla en él” (Moreira, 2010, p. 15), para que el aprendizaje se dé es necesario que el estudiante sea consciente de sus conocimientos previos, y sea capaz de identificar los elementos que no le son suficientes para comprender nuevos fenómenos y conceptos.

9. Principio de incertidumbre del conocimiento: “Las definiciones, preguntas y metáforas son tres de los más potentes elementos con los cuales el lenguaje humano construye una visión del mundo (Postman, 1996, p. 175). El aprendizaje significativo de estos tres elementos sólo será de la manera que estoy llamando crítica cuando el aprendiz perciba que las definiciones son invenciones, o creaciones, humanas, que todo lo que sabemos tiene origen en preguntas y que todo nuestro conocimiento es metafórico.” (Moreira, 2010, p. 16), en este sentido dentro del Aprendizaje Significativo Crítico, se hace importante que el aprendiz sea crítico de lo que aprende, comprendiendo que todo viene de modelos explicativos como acercamiento a la realidad, y que dichos modelos son susceptibles de refutación.

10. Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza: este principio concuerda con el tercer principio y establece que se debe diversificar el uso de estrategias para la enseñanza. En el aprendizaje clásico es el tablero el amo y señor de las clases, en el aprendizaje significativo crítico es una más de las herramientas de enseñanza y se le da relevancia al estudiante como actor principal en el proceso de aprendizaje.

11. Principio del abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable: hace referencia a que la “Enseñanza centrada en el alumno, teniendo al profesor como mediador, es enseñanza en la que el alumno habla más y el profesor habla menos” (Moreira, 2010, p.18), en esta vía, el profesor deja de ser el protagonista de la clase, se aleja del rol de transmisor de conocimientos y permite que el estudiante actúe, hable, intervenga, pregunte, negocie significados, aprenda de los errores, etc.

De estos 11 principios, nueve son categorizados por López (2014) en principios que obedecen a lo conceptual y/o disciplinar (principios 2, 4, y 5), a lo epistemológico (principios 6, 7, 8, y 9), y a lo pedagógico-didáctico (principios 3, y 10).

4.3. TASC y M-learning una relación necesaria en la escuela de hoy

De estos principios planteados por Moreira (2000, 2005, 2010) y tras realizar un contraste con los conceptos establecidos por Sharples (2009) del M-Learning, se retoman 8 principios de la TASC con los que establecen relaciones con el M-Learning . Dichas relaciones se establecen en el siguiente esquema.

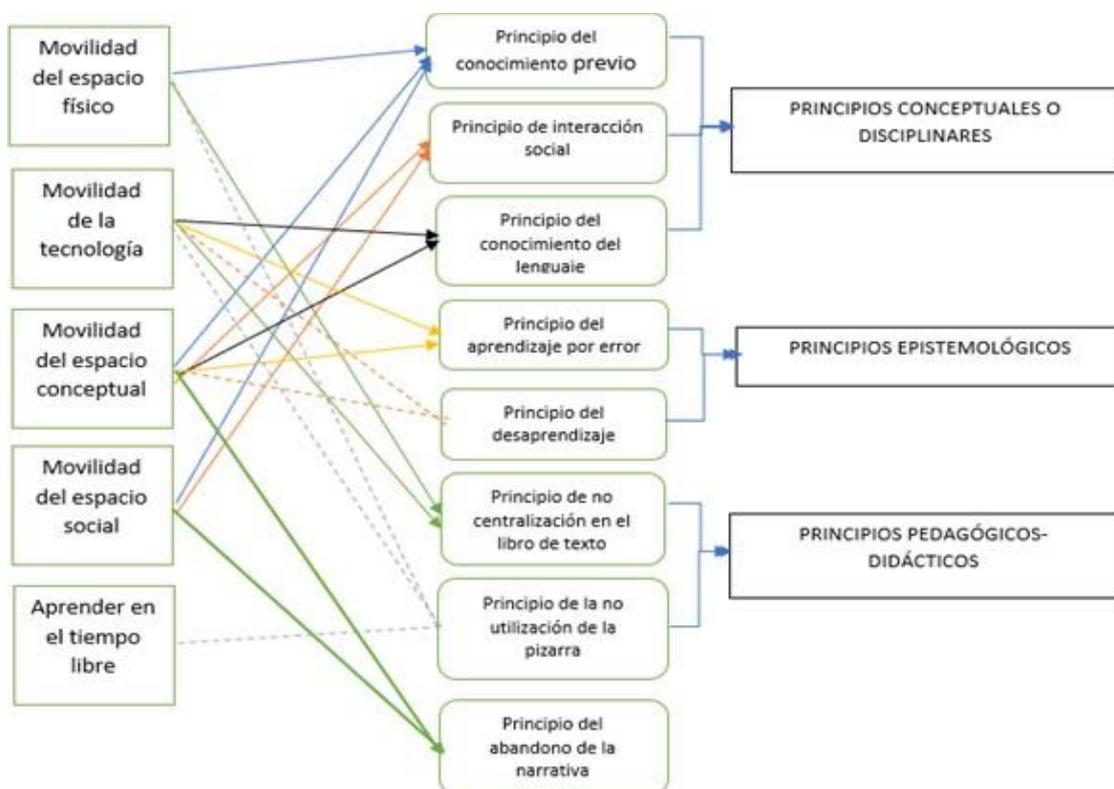


Figura 1. Esquema de relación entre los principios de movilidad del M-Learning y la TASC.

En la primera relación presentada, el **principio del conocimiento previo** se articula con la **movilidad del espacio conceptual** puesto que todo nuevo conocimiento entra en correlación con el conocimiento viejo, cuando se moviliza el conocimiento anterior para asimilar el nuevo. Además, se articula con la **movilidad del espacio físico y la movilidad del espacio social**, ya que en el *M-learning*, todo conocimiento previo, está dado por nuestra interacción social en el espacio físico o cultural, adicionalmente, porque el aprendizaje se hace significativo en la medida que movilizamos nuestras ideas desde los conceptos previos hacia los nuevos.

En la relación establecida entre el **Principio de la interacción social y del cuestionamiento** y la **movilidad conceptual, y la movilidad social**, se hace evidente que para hacer preguntas es necesaria la interacción ya sea física o virtual, y que intercambiar preguntas, implica mover nuestros conocimientos para dar respuesta a las preguntas; por ejemplo, a través de un dispositivo móvil.

La relación del **Principio de la no centralización en el libro de texto** con lo que propone M-Learning acerca de aprendizaje en la **movilidad en el espacio físico** puede entenderse como la posibilidad de moverse del espacio de clases, diversificarlo y usar los recursos tecnológicos como herramientas posibilitadoras de aprendizajes.

Ahora bien, este mismo principio a la luz de la **movilidad de la tecnología**, tienen amplia relación, en la medida que abre las posibilidades al uso de diversos recursos y herramientas para el aprendizaje a partir de los cuales se resta protagonismo y autoridad al libro de texto.

El principio del conocimiento como lenguaje, desde el cual se entiende que el estudiante al aprender una disciplina está adquiriendo un lenguaje y una simbología, se comprende también que conceptos como amplitud, periodo y frecuencia, su representación matemática y geométrica, hacen parte del lenguaje en torno a los movimientos oscilatorios, y que estos pueden ser abordados mediante el uso de dispositivos móviles; estos dispositivos no solo favorecen el acercamiento a los conceptos, sino nuevas formas de representación que pueden favorecer la comprensión desde diversos estilos, ritmos y modos de aprender, esto caracteriza la relación entre este principio y las **movilidades conceptual, y tecnológica**.

El principio del aprendizaje por el error, Moreira (2010) al respecto nos dice que aprender

desde el error, sin que nos den una respuesta acertada es mucho más significativo que aprender el concepto acabado; esto va en la misma vía del aprendizaje móvil, en el cual la exploración es un elemento esencial del conocimiento, ahí radica su relación con la **movilidad en el espacio conceptual y el espacio tecnológico**.

En el Principio del desaprendizaje, se tiene en cuenta que el estudiante llegará con un saber previo del fenómeno a partir del cual deberá comprender, si dichos saberes le son suficientes para la comprensión del fenómeno en estudio y, en caso de que no, desaprender para poder aprender, “Aprender a desaprender, es aprender a distinguir entre lo relevante y lo irrelevante en el conocimiento previo y liberarse de lo irrelevante, o sea, desaprenderlo” (Moreira, 2005, p.95), para Sharples esto se logra si se movilizan los conceptos y la tecnología.

En el Principio de la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, de la diversidad de estrategias de enseñanza, la pizarra o tablero no debe ser el elemento central de la clase, esta idea se articula muy bien con lo que expresa Sharples, et. al. (2009) acerca de que uno de los cánones del aprendizaje móvil es precisamente salir del aula, de la pizarra, y con esto se atiende a la **movilidad del espacio físico**.

Por otro lado, la **movilidad tecnológica** es que hay un recurso que se presenta para favorecer la participación activa del alumno. Finalmente, el **tiempo** (tercera movilidad de *M-learning*) se relaciona con este principio de la TASC en la medida que el aprendizaje móvil por fuera del aula o de la pizarra, no está restringido a este.

Por último, el **Principio del abandono de la narrativa. De dejar que el alumno hable**, se relaciona con la teoría del aprendizaje móvil, en la medida que es el maestro quien deja de ser el actor principal y es el estudiante quien debe hablar, proponer, explorar, indagar, esto a la vez atiende a la **movilidad social** ya que el estudiante como interlocutor sea físicamente o a través de dispositivos tecnológicos, es el sujeto que interactúa con la sociedad, por medio de este diálogo se logran entonces movilizar los conceptos, de ahí la relación con la **movilidad conceptual**.

Estas son algunas relaciones que se pueden establecer entre estas dos teorías, sin embargo en lo concerniente a la investigación, se desea identificar como es el aprendizaje significativo de los estudiantes con el uso de aplicaciones móviles, por lo que este proyecto se concentrará en cuatro de estas relaciones, a saber: la relación entre el Principio de la interacción social y del

cuestionamiento y la movilidad conceptual, y social; El principio del conocimiento como lenguaje y la movilidad conceptual, y tecnológica; El principio del aprendizaje por el error, y la movilidad conceptual y tecnológica; El principio del desaprendizaje y la movilidad conceptual y tecnológica.

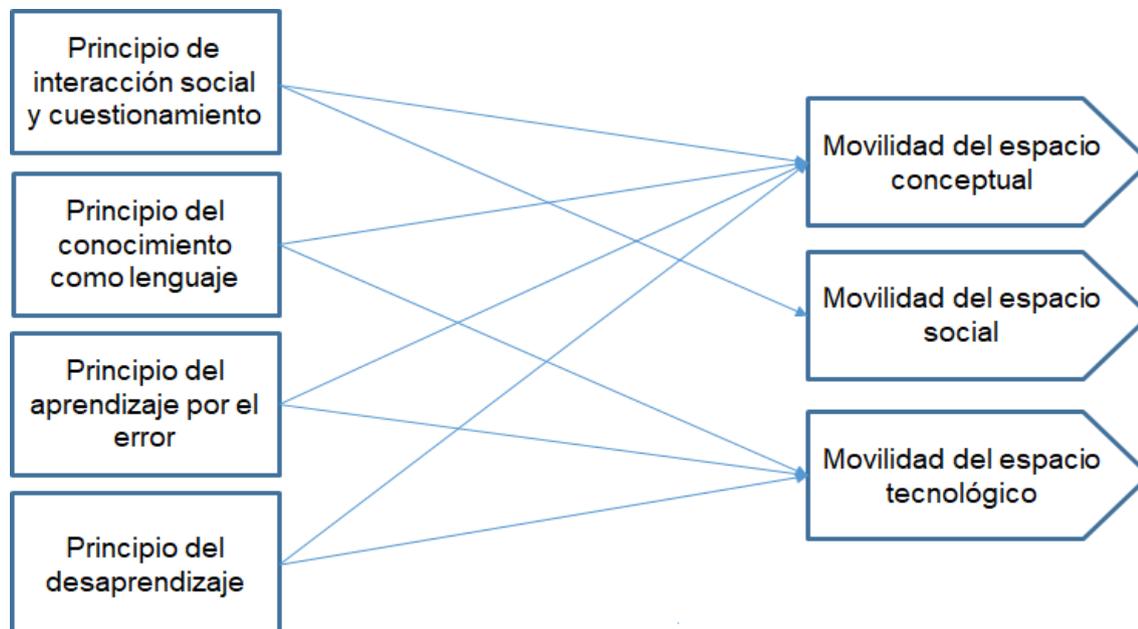


Figura 2. Relaciones entre el M-Learning y TASC tomadas para la investigación

Cabe notar que en estas cuatro relaciones que se tomarán como eje de la investigación, es recurrente la movilidad conceptual y tecnológica, como escenario en el que se pretende valorar los aprendizajes evidenciados a partir de los cuatro principios de la TASC.

4.4. Los movimientos oscilatorios y las relaciones entre TASC y M-Learning

Un movimiento oscilatorio se produce cuando al mover un sistema de su posición de equilibrio, una fuerza de restitución lo obliga a desplazarse a puntos simétricos con respecto a esta posición, un movimiento armónico simple es un movimiento oscilatorio en el cual se desprecia la fricción y la fuerza de restitución es proporcional a la elongación o posición (Romero y Bautista, 2011). Estos movimientos y sus características, resultan ser conceptos que pudieran ser abordados por una propuesta didáctica en la que la TASC y M-learning sean los ejes teóricos por desarrollar, ya que dicho concepto en la mayoría de los estudiantes genera dudas, y contribuye a la consolidación de saberes culturales o previos desfasados, lenguajes o símbolos desconocidos y formas inadecuadas de expresar el fenómeno.

Todo movimiento armónico simple al ser repetitivo o periódico, puede ser esquematizado gráficamente con funciones periódicas, la posición de un cuerpo en movimiento armónico simple se puede representar mediante la expresión.

$$x=A\cdot\cos(\omega\cdot t) \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde A es la amplitud de la oscilación, ω es a velocidad angular del movimiento, y t el tiempo.

Del mismo modo existe una expresión para la velocidad y la aceleración en el movimiento armónico simple.

$$v= -A\cdot\omega\cdot\text{sen}(\omega\cdot t) \qquad \text{Ecuación 2}$$

$$a= -A\cdot\omega^2\cdot\text{cos}(\omega\cdot t) \qquad \text{Ecuación 3}$$

En la figura 2 se esquematiza las funciones características del movimiento armónico simple.

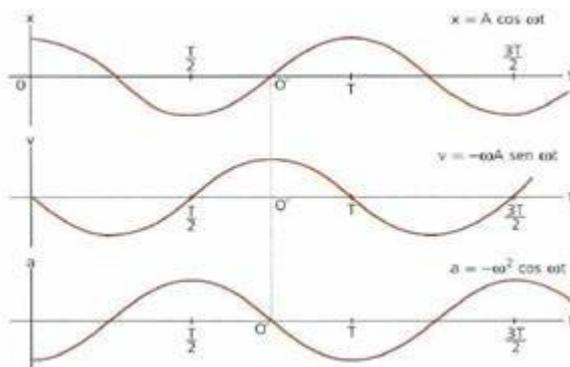


Figura 3. Esquema del comportamiento de un cuerpo en movimiento armónico simple, en sus relaciones posición contra tiempo, velocidad contra tiempo, aceleración contra tiempo. Tomado de <https://www.blogdefisica.com/movimiento-armonico-simple.html>

El manejo del lenguaje gráfico y simbólico de este tipo de movimiento, se pretende identificar de que manera se favorece dichos lenguajes, en este trabajo, por medio del uso de dispositivos móviles, a partir de lo que en la TASC se concibe como el principio **del conocimiento como lenguaje** y en *M-learning* como movilidad de conceptos, movilidad tecnológica, movilidad espacial, y movilidad social.

En este estudio se centrará la atención en dos tipos de movimientos armónicos, como elementos representativos del tipo de movimiento. El primero es el **Sistema Masa Resorte SMR**, cuya

fuerza de restitución es debida a la fuerza elástica del resorte que según la ley de Hooke es $F=-kx$, teniendo en cuenta que de la ecuación 1 y 3 la fuerza se puede definir como:

$$F = -m \cdot a = -m \cdot \omega^2 \cdot x \quad \text{Ecuación 4}$$

Al igualar la ecuación 4 con la ley de Hook, y teniendo en cuenta que, donde T es el periodo, en un sistema masa resorte es:

$$T=2\pi \cdot \sqrt{(m/k)} \quad \text{Ecuación. 5}$$

Donde m es la masa que oscila, y k la constante de elasticidad del resorte.

Del mismo modo para el péndulo teniendo en cuenta que la fuerza de restitución es el peso, se llega a la expresión para el periodo.

$$T=2\pi \cdot \sqrt{(l/g)} \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde l es la longitud del péndulo, y g la gravedad (para el caso de la tierra $g=9.8 \text{ m/s}^2$).

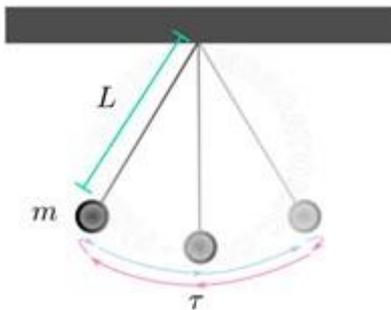


Figura 4. Esquema del péndulo simple. Tomado de

<https://mesoatomic.com/es/fisica/ondulatorio/mov-armonico-simple/mas-y-pendulo-simple>

El aprendizaje de estos dos movimientos oscilatorios, su lenguaje, simbología, entre otros es el reto de esta investigación, teniendo como base las miradas de la TASC y M-Learning.

5.METODOLOGÍA

5.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN Y TIPO DE ESTUDIO

La investigación se desarrolla desde un paradigma cualitativo, dado que se pretende establecer una relación de cercanía con los sujetos que serán objeto de este estudio (Sánchez,1998); además, porque entre las características de la investigación cualitativa se destacan la posibilidad de tomar decisiones sobre el quién y el qué se estudia, sobre las particularidades del método, y sobre la meta de investigación, para ello el investigador asume una postura flexible y sensible al contexto que se analiza y tiene la oportunidad de crear teorías desde la perspectiva de interpretación del fenómeno (Vasilachis, 2006). Es decir que el investigador desde su perspectiva o subjetividad analiza la realidad que está explorando, como lo menciona (Sampieri, 2014):

Existen varias realidades subjetivas construidas en la investigación, las cuales varían en su forma y contenido entre individuos, grupos y culturas. Por ello, el investigador cualitativo parte de la premisa de que el mundo social es “relativo” y sólo puede ser entendido desde el punto de vista de los actores estudiados. (p.10)

También se reconoce en este paradigma el hecho de que las diferentes fases de la investigación no se conciben como etapas excluyentes, sino como asuntos interrelacionados que realiza el investigador de manera continua (Bonilla-castro y Rodríguez, 2008).

El tipo de investigación en el que se enmarcará el proyecto será el de estudio de caso, desde la mirada de Stake (1998) que establece que en la educación y las ciencias sociales los casos son de gran interés, en estos están involucrados personas o programas, donde se pretenden estudiar particularidades y aspectos que haya en común entre los objetos de estudio. En el caso de esta investigación el tipo de estudio de caso es instrumental, ya que se busca valorar cómo es el aprendizaje de movimientos oscilatorios en un grupo pequeño de estudiantes de la institución educativa Cristóbal Colon de Medellín, cuando se utilizan herramientas digitales móviles como el celular y sus aplicaciones, y en este sentido lo que busca el estudio de caso instrumental es proveer de elementos para construir y/o perfeccionar una teoría o tomar elementos para trabajar casos similares, es decir el caso por sí mismo es menos importante que el entendimiento que este genera (Sampieri, 2014).Para ello, se seleccionaron tres estudiantes cada uno con

particularidades en cuanto a rendimiento, gustos, intereses, atendiendo a criterios de equilibrio, y a la diversidad importante para este tipo de estudio (Stake, 1998), dicha selección se realizó mediante un sorteo aleatorio entre 10 estudiantes cuyo rendimiento académico en la asignatura de física estuviera en nivel medio, y que tuvieran variados gustos e intereses.

5.2.CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se desarrolla en un contexto urbano de Medellín, ubicado en la comuna doce de dicha ciudad, con variadas características, la mayoría de sus estudiantes de un nivel socioeconómico bajo, residentes de la comuna 13. En cuanto sus gustos muchos de ellos fanáticos de la cultura Hip-Hop, algunos de ellos preocupados por temas ambientales ya que participan en proyectos medio ambientales, otros gustan de la electrónica y la robótica, y otros enfocados hacia las artes plásticas.

5.3.INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para este estudio se proponen instrumentos y técnicas de recolección de información que tienen como punto de partida un consentimiento informado (ver anexo 1), en el que estudiantes y padres de familia avalan la utilización de la información con exclusivos fines académicos, y dentro del cual, se establecen elementos de protección de la identidad como el uso de pseudónimos y demás criterios éticos para el manejo de la información en la investigación. Los instrumentos y técnicas son:

5.3.1. ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

De acuerdo con Díaz-Bravo et. al. (2013) en la investigación cualitativa, la entrevista es una de las técnicas más usadas para la recolección de datos o información, adopta el diálogo coloquial como medio para socavar información del entrevistado con el fin de obtener respuestas a las diferentes cuestiones de la investigación, es muy utilizada en estudios descriptivos y en las fases de exploración de una investigación. Sin embargo se debe ser cuidadoso a la hora de hacer las preguntas ya que a veces no se hacen las preguntas adecuadas o simplemente el entrevistado no contesta lo que queremos (Stake, 1998), por eso es importante focalizar qué es lo que se quiere preguntar y qué es lo que pretendemos encontrar con las respuestas.

Entre los tipos de entrevistas se encuentra la entrevista semiestructurada, que para el caso del presente estudio se utiliza para recolectar pensamientos, opiniones, y saberes preconcebidos de los estudiantes que hacen parte de la investigación en la fase de reconocimiento y caracterización, y al final del proyecto para recoger los aprendizajes, pensamientos, saberes y opiniones acerca de los dispositivos móviles y sus aplicaciones para el aprendizaje de movimientos oscilatorios.

5.3.2. OBSERVACIÓN Y DIARIO DE CAMPO

En este estudio se hace fundamental la observación como técnica para el seguimiento de cada actividad, o experimento llevado a cabo, ya que permite entre otras cosas, captar detalles que quizás otros instrumentos no permitan hacerlo, por ejemplo, actitudes, emociones, discusiones, preguntas formuladas, entre otros.

Este proceso implica llevar un registro escrito a mano (Anexo 16), para el cual se adopta el diario de campo, el cual “debe permitirle al investigador un monitoreo permanente del proceso de observación; en él se toma nota de aspectos que el investigador considere importantes para organizar, analizar e interpretar la información que está recogiendo” (Bonilla y Rodríguez, como se cita en Martínez L, 2007). Para esta intervención los apuntes del diario se llevarán en un cuaderno donde se apuntan las situaciones que suceden durante la clase.

Además, en cada actividad se llevará un registro audiovisual, con el fin de percibir y valorar expresiones de los estudiantes, las preguntas que se plantean, actitudes ante las actividades propuestas, destrezas o desempeños que otros instrumentos de seguimiento no pudieran captar.

5.3.3. TALLERES

El taller como instrumento grupal se podría definir como el hacer, procesar, elaborar, indagar, en grupo sobre algún fenómeno, evento o caso, en palabras cortas es algo que nos lleva a estar dispuestos a una acción entre varios (Ghiso, 1999). Se convierte el taller entonces en el eje de desarrollo en cada una de las etapas intermedias y finales de la investigación, especialmente en aquellas donde las aplicaciones móviles serán utilizadas como laboratorio portátil para trabajar

en grupo, por medio del taller se pretende valorar permanentemente, la interacción entre estudiantes, la interacción con las aplicaciones digitales desde su mirada crítica, la argumentación, la aplicación de múltiples aprendizajes, el aporte que las simulaciones tienen en el aprendizaje de movimientos oscilatorios, haciendo referencia a lo que se propone en el marco teórico enmarcado en los principios del *M-learning* y el aprendizaje significativo crítico, y las respectivas relaciones establecidas.

En la presente investigación se tienen en cuenta diez talleres, especialmente en fases de la propuesta didáctica como, el cuestionario de saberes previos en la fase de caracterización e indagación, las cuatro actividades de la fase de presentación, las cuatro actividades de la fase de experimentación, y la evaluación de saberes en la fase de valoración.

5.4.CRITERIOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Partiendo de la premisa que este estudio se realizará con estudiantes de grado once de los cuales algunos de ellos son menores de edad, se establecen unos principios éticos y de confidencialidad para la toma de datos o información. Para este fin previo a la aplicación de instrumentos se habla con los estudiantes sobre los fines de la investigación y que en esta se toman fotos se realizan videos, y se realizan algunas entrevistas. También se les da un consentimiento informado (Anexo 1) donde se informa tanto a los estudiantes como a sus representantes legales cada uno de los instrumentos que serán aplicados y los fines de la investigación, y que estos datos e imágenes se tratan de manera confidencial y solo se emplean para el análisis de la investigación, dicho consentimiento tendrá la firma del estudiante y su representante legal.

Además, para esta investigación se tiene en cuenta el código de ética de la Universidad de Antioquia, donde el investigador se compromete con los siguientes preceptos:

- 5.4.1. Desarrollar actividades investigativas que respeten y protejan la biosfera y la biodiversidad con criterios de pertinencia y validez científica.
- 5.4.2. Respetar los derechos humanos y el valor de los demás seres vivos.
- 5.4.3. Considerar el marco ético-jurídico –institucional, local, nacional e internacional – para la toma de decisiones en la investigación; incluyendo acuerdos, convenios y términos de referencia.
- 5.4.4. Respetar la propiedad intelectual con el debido reconocimiento según las

contribuciones de los actores que llevan a cabo la investigación; verbigracia, coinvestigadores, estudiantes, técnicos y personal auxiliar.

- 5.4.5. Referenciar correctamente el trabajo de otras personas, entidades u organizaciones. El investigador se compromete a no plagiar, copiar o usurpar otras investigaciones y publicaciones.
- 5.4.6. Gestionar el proceso investigativo -desde el protocolo hasta la obtención de los datos y los resultados- como la evaluación ético – científica, con responsabilidad, seguridad, transparencia y veracidad.
- 5.4.7. Difundir los hallazgos de la investigación de manera abierta, completa, oportuna y razonable a la comunidad científica y a la sociedad en general, sin perjuicio de observar la debida reserva frente a información confidencial.
- 5.4.8. Cumplir a cabalidad su papel en la investigación sin abrogarse logros que no se correspondan con las responsabilidades asumidas, ni incurrir en prácticas de suplantación o encubrimiento con el fin de obtener un beneficio para sí o para un tercero.
- 5.4.9. Contar con el aval de uno o más comités de ética y de las autoridades competentes antes de iniciar las investigaciones, acogiendo el protocolo de seguimiento.
- 5.4.10. Administrar, destinar y usar con responsabilidad, moralidad, transparencia, racionalidad y eficiencia, recursos como: instalaciones, equipos de laboratorio, materiales e insumos.

5.5. PROCESOS PARA EL ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

5.5.1. CATEGORIZACIÓN:

Con el fin de darle sentido y orden a los resultados que se obtienen a partir de la información recolectada en los instrumentos y técnicas antes mencionadas, se hizo importante categorizar esta información para darle un manejo sistemático y favorecer su análisis. De acuerdo con Cisterna (2005), las categorías de análisis pueden ser apriorísticas si son previamente establecidas a partir de los objetivos general y específicos antes de aplicar los instrumentos; o

pueden ser emergentes si surgen en la medida que se analiza la información.

En este sentido, para los propósitos de esta investigación se han definido las siguientes categorías tomadas de las cuatro relaciones establecidas en el marco teórico, entre las movi­lidades del M-Learnig y los cuatro principios de la TASC seleccionados, estas categorías son: Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al principio de la interacción social y el cuestionamiento; Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles con base a la apropiación del lenguaje sobre movimientos oscilatorios; Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje.

En esta última categoría se toman dos principios de la TASC que están relacionados, por un lado, el principio de aprendizaje por error, el cual sugiere que, si un estudiante analiza el error de manera sistemática, está dando cuenta de un aprendizaje que además es crítico. Adicionalmente si el estudiante es capaz de identificar los elementos que le son necesarios del conocimiento previo, está dando cuenta también de un aprendizaje, tal como se indica en el principio del desaprendizaje. Por tanto, estos dos principios se pueden englobar en uno, ya que, si un estudiante busca el error, identifica una idea previa irrelevante, y es capaz de liberarse de ella está dando cuenta de un aprendizaje significativo.

5.5.2. TRIANGULACIÓN:

Una vez categorizada la información, esta se convierte en la base para el análisis de la información. Este análisis debe responder a un proceso de diálogo entre los diferentes elementos de la investigación, proceso que se conoce como Triangulación. Según Cisterna (2005), esta triangulación puede darse de las siguientes maneras: por cada estamento, entre instrumentos y, entre instrumentos y marco teórico.

Para poder llevar a cabo la Triangulación, es necesario hacer una selección de información atendiendo a criterios de pertinencia y relevancia, pertinencia entendida como aquello que realmente tiene relación con el tema de investigación, y relevancia como la información que se devela bien sea por recurrencia o por el asertividad respecto al tema (Cisterna, 2005, p.68).

La triangulación de la información en cada estamento permite obtener conclusiones de primer orden, por ejemplo, “permiten conocer la opinión de los diferentes sectores de población en relación con los principales tópicos de la investigación” (Cisterna, 2005, p.68). La **triangulación entre instrumentos** hace referencia a la posibilidad de establecer relaciones entre los resultados arrojados en la investigación a partir de diversas fuentes, en el caso de esta investigación, son varios los instrumentos que se utilizaron, por tal motivo la información analizada en cada uno de ellos debe ser coherente con los demás elementos en la investigación, por ejemplo, lo que se recoge con las entrevistas y su respectivo análisis deberá conversar con lo observado o registrado en los diarios de campo y demás instrumentos de recolección de información.

Por último, en la **triangulación de la información con el marco teórico**, es donde toda la revisión de literatura y fundamentos teóricos de la investigación deben conversar con los resultados, esto con el fin de que el marco teórico no quede solo como un elemento de consulta, sino que sea una fuente para construcción de conocimiento, es esta fase la que le da el carácter y consistencia a la investigación; en palabras de Cisterna (2005) “La realización de esta última triangulación es la que confiere a la investigación su carácter de cuerpo integrado y su sentido como totalidad significativa” (p.69).

5.6. PROPUESTA DIDACTICA

En este estudio se aplicó una propuesta didáctica que consta de cuatro fases, a saber, fase de caracterización e indagación de saberes, fase de presentación de contenidos y estructuración del conocimiento, fase de uso de las aplicaciones, y fase de cierre, en atención a lo que establece Colomer (2015) respecto a que toda actividad que implique el uso de TIC en este caso de dispositivos móviles, debe estar guiada por un objetivo pedagógico, y tres cuestiones: saberes previos, propuesta o situación, y reflexión; estas ideas ya habían sido abordadas por Moreira (2011) quien introduce el concepto de unidad de enseñanza potencialmente significativa (en adelante UEPS); en esta, se definen ocho fases para el desarrollo de una propuesta didáctica, entre las cuales se destaca la importancia de indagar el conocimiento previo, de establecer actividades con alguna situación problema, evaluación diversa durante todo el proceso, construcción de esquemas mentales, entre otros. En la investigación se atiende a estos criterios didácticos integrados en las fases ya mencionadas. Cabe destacar que cada fase fue diseñada teniendo en cuenta las cuatro relaciones que se establecieron en el marco teórico (Principio de la interacción social y el cuestionamiento con la movilidad social y conceptual, principio del conocimiento como lenguaje con la movilidad tecnológica y conceptual, principio del aprendizaje por el error con la movilidad conceptual y tecnológica, y principio del desaprendizaje con la movilidad conceptual y tecnológica).

A continuación, se describe cada una de las fases y sus propósitos:

5.6.1. FASE DE CARACTERIZACIÓN E INDAGACIÓN DE SABERES

La primera fase consiste en una caracterización e indagación de saberes de los estudiantes de grado 11; con ello se pretende conocer sus características socioculturales, intereses, gustos, opiniones sobre el área de Física, entre otros asuntos, mediante una entrevista semiestructurada. De igual manera, indagar sobre sus conocimientos previos respecto al péndulo, oscilaciones y sistema masa resorte.

La entrevista contiene preguntas de carácter personal y disciplinar, está proyectada para desarrollarse en media hora. Con esta entrevista se pretende identificar algunos aspectos como la empatía por el área, lo que sabe el estudiante acerca de algunos fenómenos físicos,

en especial acerca de los movimientos oscilatorios, aspectos empíricos sobre el movimiento de un péndulo y de un sistema masa resorte, entre otros (ver anexo 2).

Además de la entrevista, en la primera sesión se utiliza un cuestionario (ver anexo 3) donde se busca que los estudiantes reflexionen sobre situaciones cotidianas en las que están involucrados los movimientos oscilatorios, y en específico el movimiento pendular y el sistema masa resorte, en este cuestionario también se intenta analizar los saberes previos en relación con estos movimientos. Con esto se pretende establecer un punto de partida desde el cual se puedan valorar los aprendizajes obtenidos por los estudiantes, teniendo en cuenta las relaciones establecidas en el marco teórico. Además, en esta fase junto con el cuestionario se utilizan otros instrumentos y técnicas de recolección de información tales como la observación para determinar coincidencias y discrepancias en cuanto a percepciones, actitudes y aprendizajes.

En la siguiente actividad los estudiantes participan en un foro vía *whatsapp* atendiendo a la relación del principio de la interacción social y la movilidad conceptual y social, en este foro se les presentan dos videos, uno de alguien que salta de un *bungee jumping*, y otro de un péndulo; con base en estos videos se inicia el foro con algunas preguntas relacionadas con las situaciones (¿Qué observas en estos movimientos?, ¿Qué fuerzas crees que hay presentes allí?, ¿Qué ocasiona estos movimientos?, ¿Por qué va y vuelve el *Bungee jumping* o el péndulo? ¿Qué magnitudes físicas conocidas hay presentes?).

Para finalizar en esta fase, se toman elementos introductorios para el análisis de las tres categorías, ya que, se espera que algunas ideas previas no estén en sintonía con algunos de los conceptos teóricos de los movimientos oscilatorios, los cuestionamientos serán de un nivel básico, y algunos estudiantes pudieran no tener una riqueza en el lenguaje propio de la física.

5.6.2. FASE DE PRESENTACIÓN DE CONTENIDOS Y ESTRUCTURACIÓN DE CONOCIMIENTO

Esta fase se desarrollará en cinco sesiones de una hora cada una. En esta fase la información se recolecta a través de la observación y el diario de campo. Los momentos incluidos en esta fase se describen a continuación.

- **Conceptualización:**

Este momento se realizó en tres sesiones, de una hora cada una, aquí se expondrán los principios fundamentales de los movimientos oscilatorios (concepto de movimiento oscilatorio y movimiento armónico, frecuencia, amplitud, periodo, velocidad angular, relación entre el movimiento circular y el movimiento armónico, gráficas de posición, velocidad y aceleración en el movimiento armónico).

En la primera sesión se explica la diferencia entre movimientos oscilatorios y armónicos, con la ayuda de un resorte grande que simula oscilaciones. Luego se explica la relación entre el movimiento circular y el movimiento armónico, para ello se hará uso de un disco rotatorio (imagen 1), y un círculo de vectores de posición, velocidad y aceleración construido artesanalmente, luego con la participación de todos se deducirán las relaciones matemáticas que representan la posición, la velocidad y la aceleración, a partir de lo observado en la demostración y desarrollaran una actividad (anexo 4).

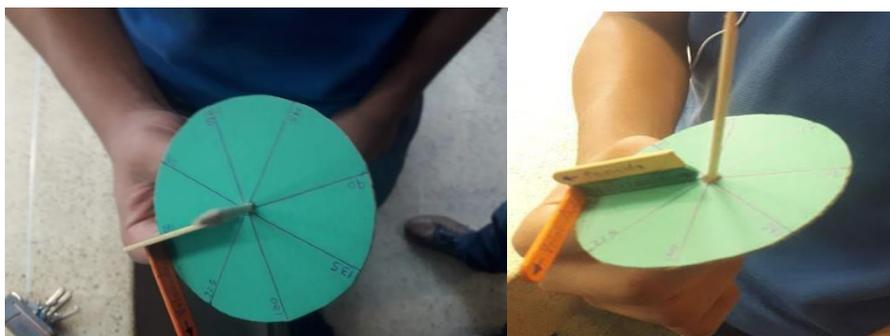


Imagen 1. Círculo con los vectores posición, velocidad, y aceleración, para explicar el movimiento circular y el movimiento armónico simple

En la segunda sesión se expuso con la ayuda de diapositivas los conceptos de amplitud, frecuencia, periodo y velocidad angular, y cómo estos son necesarios para la obtención de las ecuaciones de posición, velocidad, y aceleración. Se explicarán algunos ejemplos y luego se dejarán unos ejercicios para que los estudiantes practiquen (anexo 5).

En estas dos sesiones se atiende a la relación del principio de interacción social y cuestionamiento con las movibilidades conceptual y social, en la medida que los aprendizajes serán negociados con el docente y con los compañeros de clase mediante la deducción de las expresiones, esquemas y conceptos. Es de destacar que al final de estas sesiones los estudiantes ya empezaran a tener un acercamiento con el lenguaje propio de los movimientos oscilatorios, esto también corresponde a la relación de conocimiento como lenguaje y la movilidad conceptual y tecnológica.

Demostración y negociación de significados del movimiento pendular:

Esta sesión es de una hora, como experimento demostrativo se empieza a medir las variables modificables como periodo, longitud, y masa, estas se representan en una tabla, y por medio de una gráfica elaborada por los estudiantes se deduce la relación que tienen cada una de estas variables; se pretende que entre todos se llegue a una relación matemática entre el periodo y la longitud del péndulo (anexo 6) atendiendo al principio de la interacción social y el cuestionamiento y su relación con la movilidad conceptual y social. Es de agregar que aquí también se trabaja la relación del conocimiento como lenguaje y la movilidad conceptual y tecnológica, ya que en este punto la familiarización con las expresiones y simbologías propias del movimiento empiezan a tener una importante relevancia, cabe destacar que en este punto

los estudiantes ya se familiarizan con el uso de las aplicaciones como herramienta de trabajo didáctica.

Demostración y negociación de significados del sistema masa resorte:

La última sesión de esta fase se desarrolla en una hora, aquí se explica la relación entre las variables masa, constante de elasticidad, y periodo, mediante un experimento demostrativo en el que los estudiantes con la guía del profesor, puedan llegar a una relación matemática de estas variables graficando (anexo 7). Al igual que en la sesión anterior, en esta se trabajan las relaciones del principio de la interacción social y el cuestionamiento y las movilidades conceptual y social, y el principio del conocimiento como lenguaje y la movilidad conceptual y tecnológica.

En esta fase también se pretende que los estudiantes tengan un primer encuentro entre los saberes previos y los nuevos, e identifiquen aquellos conceptos que le dificultan el aprendizaje de este tema y la manera como pueden adaptar el nuevo conocimiento atendiendo a las relaciones entre el principio del aprendizaje por error y la movilidad conceptual y tecnológica, y el principio del desaprendizaje y las mismas movilidades, además, aquí se espera encontrar una apropiación primaria del lenguaje propio de los movimientos oscilatorios, y los cuestionamientos o preguntas que se hacen respecto a estos movimientos.

5.6.3. FASE DE USO DE APLICACIONES.

Esta fase contempla dos momentos EXPLORACIÓN Y CREACIÓN, aquí se recolecta la información a través de talleres, actividades guiadas, observación, y diarios de campo de cada una de las actividades.

a. Momento de exploración

Esta fase está pensada para desarrollarse en cuatro sesiones de una hora cada una, aquí la información se recolecta por medio de talleres, observación, y diario de campo; se pretende en estas fases observar cómo se va apropiando el conocimiento del estudiante en estos movimientos, si hay algún dominio del lenguaje propio de este, y si los conceptos erróneos ya han sido identificados; también, si la manera de indagar en las situaciones propuestas dan

cuenta de algún aporte de esta propuesta didáctica. Se pretende que los estudiantes hagan una exploración guiada y comiencen a formular preguntas sobre qué elementos se pueden analizar en varias opciones de aplicaciones móviles, seleccionadas previamente atendiendo a criterios de pertinencia conceptual, accesibilidad y usabilidad. A saber, las aplicaciones seleccionadas fueron:

- *SHM 08 APP Horizontal Spring Mass*: Aplicación con una animación de un sistema masa resorte, donde muestra una gráfica de posición vs tiempo, velocidad vs tiempo y aceleración vs tiempo, las variables aquí no son modificables, aunque es una buena aplicación para observar el comportamiento de la posición, la velocidad y la aceleración de un movimiento armónico simple.
- *Physic at School*: Esta aplicación contiene varios laboratorios o simulaciones, se trabajará esencialmente en dos de ellas (péndulo, la cual consiste en un péndulo que se le puede modificar la longitud para ver el comportamiento de las gráficas de posición, velocidad y aceleración; y oscilador armónico, la cual es un sistema masa resorte que se le puede modificar la masa y la constante de elasticidad para ver el comportamiento en las gráficas de posición, y velocidad).
- *Phet*: Es la aplicación de la Universidad de Colorado, que tiene simulaciones para todas las áreas del conocimiento y en especial para física, y química, en esta se trabajará la simulación “laboratorio del péndulo”, aquí los estudiantes pueden modificar la longitud, la masa y la gravedad, esta simulación es ideal para el análisis de todas las magnitudes que intervienen en el movimiento pendular.

Para cada aplicación hay una guía didáctica (taller) donde los estudiantes deben cuestionar qué variables se pueden intervenir, qué preguntas pueden salir de allí, y qué relaciones se pueden establecer entre las variables (Ver Anexos 8, 9, 10, y 11). Cabe resaltar que en esta fase se trabajan todas las relaciones establecidas en el marco teórico de esta investigación, en la medida que los estudiantes negocian los significados de los conceptos que se trabajan y la manera en cómo las preguntas de los estudiantes se fortalecen hasta aquí, también como en la medida que interactúan con las aplicaciones y las actividades, se apropian del lenguaje del movimiento pendular y sistema masa resorte, y en última instancia, la posibilidad de que identifiquen aquellos conceptos que le dificultan el aprendizaje de este tema y la manera como

pueden adaptar el nuevo conocimiento, las interfaces de las aplicaciones se pueden apreciar en el anexo 17.

b. Momento de creación

Aquí los estudiantes crearon una escena en forma de caricatura donde debían representar en diversos momentos el movimiento de un péndulo y un sistema masa resorte, en dicha caricatura debían dar cuenta de todos los aspectos y variables que se relacionan en estos movimientos, luego, los estudiantes expusieron su diseño o caricatura ante el grupo, en un ejercicio de socialización (anexo 12).

En esta fase de experimentación se observó cómo las tres categorías definidas presentan alguna evidencia de la apropiación del conocimiento sobre movimientos oscilatorios, esta fase es la medula del proyecto pues se pretende entonces que hasta aquí que los conceptos previos que resultaban erróneos se hayan estructurado de una manera apropiada, aportando al principio del desaprendizaje, también aquí se puede analizar las evidencias del lenguaje propio de la física y específicamente el de los movimientos oscilatorios tenga una riqueza propia de esta disciplina, además se observa aquí como se estructuran los tipos de preguntas o cuestionamientos planteados por los estudiantes.

5.6.4. FASE DE CIERRE

Después de desarrollar las actividades y prácticas por medio de las aplicaciones, se realiza un cuestionario final, y un mapa mental (anexo 14) sobre movimientos oscilatorios (previo a esta se presentan unas indicaciones de cómo se debe desarrollar un mapa mental.), para valorar el aporte de estas aplicaciones en el aprendizaje de dichos movimientos.

El cuestionario tiene preguntas de diversos tipos (abiertas, de opción múltiple, relación de conceptos, completar definiciones, entre otras.), se desarrolla en una hora y pretende valorar los conocimientos adquiridos sobre los movimientos oscilatorios. (Ver anexo 13)

Por último, se lleva a cabo una segunda entrevista semiestructurada para conocer aspectos como aprendizajes, críticas, opiniones respecto al desarrollo de las actividades usando las aplicaciones de celular para el aprendizaje de movimientos oscilatorios (ver anexo 15)

A continuación, se presenta una tabla que consolida la propuesta didáctica y los instrumentos y técnicas de recolección de información que harán parte de la intervención.

Tabla 4. Fases y actividades propuestas para cada fase

FASES	ACTIVIDAD	INSTRUMENTO/TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN
Caracterización e Indagación	<p>Sesión 1: Entrevista, observación. (½ hora).</p> <p>Sesión 2: Taller de indagación de saberes previos, observación del desarrollo de las actividades. (1 sesión de 1/2 hora).</p> <p>Sesión 3: Foro whatsapp sobre conceptos previos de movimientos oscilatorios (½ hora).</p>	Entrevista semiestructurada, observación, taller, diario de campo.
Presentación y estructuración de conocimiento.	<p>Sesión 1, 2, 3: Explicación del tema, conceptos y principios, asuntos epistemológicos, relaciones matemáticas de magnitudes, gráficas del movimiento armónico (3 horas, 1 hora por sesión).</p> <p>Sesión 4, y 5: Demostración en laboratorio del funcionamiento del movimiento pendular y sistema masa resorte SMR.</p>	Observación, diario de campo, taller.

Uso de las aplicaciones	<p>Interacción con las aplicaciones</p> <p>Sesiones 1, 2, 3, 4: Desarrollo de cuestionarios propuestos en las guías de experimentación basados en el uso de aplicaciones (4 horas, 1 hora por sesión)</p> <p>Sesión 5: Elaboración de caricatura</p> <p>Entrega del producto final mediante socialización (1 sesión 1 hora)</p>	Taller, observación, diario de campo.
Cierre	<p>Sesión 1: Cuestionario de evaluación de aprendizajes (1 hora)</p> <p>Sesión 2: Mapa mental (½ hora)</p> <p>Sesión 3: Entrevista (½ hora)</p>	Entrevista, observación, taller, esquemas elaborados por los estudiantes, diario de campo.

6. RESULTADOS Y ANALISIS

En este apartado se presentan los resultados evidenciados en la intervención, donde se toman los elementos recogidos en cada sesión o actividad, dichos resultados se muestran con evidencias de los técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de la información, entre ellos, entrevistas, talleres, observación mediante video o diario de campo; además, se describe un análisis por categorías que considera la triangulación entre las evidencias recolectadas en cada instrumento. Para dicho análisis se tiene como base los fundamentos teóricos adoptados en la investigación, la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico TASC y su relación con el M-Learning, las tres categorías definidas en la metodología, a saber: Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al principio de la interacción social y el cuestionamiento, Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje, Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles con base a la apropiación del lenguaje sobre movimientos oscilatorios; y como estas se evidenciaron en cada uno de los resultados. Al final se expondrá un análisis general de la propuesta con los aciertos y desaciertos de esta.

Categoría 1: Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al principio de la interacción social y el cuestionamiento

Para esta categoría se tomó como referente conceptual los niveles de preguntas propuestos por Lopez y Solano (2014), quienes clasifican las preguntas en niveles según su formulación, pertinencia y coherencia en niveles bajo, medio y alto.

Tabla 5. Escala cualitativa de valoración para la capacidad de formular preguntas. Tomado de López y Solano (2014)

Niveles en la capacidad De formular preguntas	Características de las preguntas
Bajo	Se hace referencia a preguntas muy limitadas; preguntas que indagan por respuestas numéricas, respuestas del tipo sí o no, o preguntas que buscan como respuesta una ecuación o una palabra completamente inducida por la pregunta; así como preguntas que indagan por aspectos muy generales que pueden ser subyacentes al fenómeno estudiado, pero que no posibilitan su comprensión.
Medio	Aquellas preguntas cuyas respuestas requieren el uso de algún o algunos conceptos en la descripción de situaciones o fenómenos, sin que se establezca necesariamente una relación entre éstos. Asimismo, pueden considerarse en este nivel, preguntas que pueden generar cierto interés pero que poco aportan a la comprensión del fenómeno en cuestión.
Alto	Aquellas preguntas que incitan al estudiante a la conceptualización, preguntas que requieren una comprensión de los conceptos involucrados en el análisis de un fenómeno y que posibilitan el establecimiento de relaciones claras y coherentes entre los conceptos que explican dicho fenómeno.

Partiendo de esta premisa se expondrán los resultados obtenidos durante todas las fases y cómo evolucionan los cuestionamientos de los estudiantes en la medida que se avanza en la intervención, cabe mencionarse que en esta categoría se evidencia una fuerte influencia de las movilidades del espacio social en la medida que los estudiantes interactúan entre sus grupos de trabajos y con el docente, favoreciendo el intercambio de ideas y preguntas, al igual la movilidad del espacio conceptual se está favoreciendo, ya que para generar interrogantes se deben movilizar los conceptos bien sean previos o ya elaborados.

En la primera fase surgen cuestionamientos muy básicos, la mayoría de estos de tipo conceptual y teórico propios de los movimientos oscilatorios, por ejemplo, en las observaciones hechas en los videos y diario de campo en la sesión 2 de esta fase, donde se hacía un cuestionario de saberes previos, se encuentran preguntas como:

E1 “¿Qué es elongación? ¿Qué es oscilación? ¿Qué es frecuencia?”

E2 “¿Elongación es cómo estirar cierto profe?”

E3 “¿Qué es armónico? ¿Qué es oscilación y elongación?”

En estas se puede evidenciar que el nivel de preguntas de los tres estudiantes es bajo, por cuanto son de un carácter muy general y no posibilitan la comprensión del fenómeno.

En la fase de presentación y estructuración de conocimiento, en algunas actividades se evidencian preguntas un poco más elaboradas que en la fase anterior y otras que aún están en el mismo nivel, aquí se triangulan los tres instrumentos ya que se pueden recolectar evidencias de esos cuestionamientos tanto en los videos, como en los escritos del diario de campo, y los talleres elaborados por los estudiantes, algunos ejemplos de estas cuestiones son:

E3 “¿O sea que cuando una es cero las otras son máximas?”, refiriéndose a los vectores posición, velocidad, y aceleración en el M.A.S.

E3 “¿Tendrá algo que ver el ángulo con esto?”, refiriéndose al movimiento pendular.

E1 “¿Cuánto demora en ir y volver la tuerca?” “¿Por qué la masa no afecta el tiempo?”, refiriéndose también al péndulo.

E1 “¿De qué manera influye la masa en el movimiento? ¿En que influye la condición del resorte en el movimiento? ¿En qué consiste la elasticidad del resorte?” refiriéndose al sistema masa resorte.

E2 “¿En qué afecta la masa? ¿Cuál es la diferencia entre peso y rigidez, y cual es más importante? ¿En que afecta el resorte si es más rígido o elástico?”, varios cuestionamientos respecto sistema masa resorte.

E3 “¿Qué pasa con un resorte rígido? ¿Cambia la oscilación por la masa? ¿Qué pasa si cambia la gravedad?”

De los tres estudiantes se puede inferir que E1 es quien logra a este punto de la intervención, un alcance considerable en la forma de proponer preguntas, ya que menciona relaciones entre magnitudes que se están trabajando y aunque sus preguntas evidencian algún interés, no aportan mucho a la comprensión del fenómeno, por lo que podríamos ubicar a E1 en un nivel medio en esta fase, mientras que E2 y E3 aún siguen en un nivel bajo de formulación de preguntas, sin embargo, estas preguntas a pesar de estar ubicadas en un nivel bajo, ya tienen algún elemento diciente de los movimientos oscilatorios, por ejemplo, cuando se indagan por la relación de la masa, o cuando E3 indica que una de las magnitudes podría ser máxima cuando la otra es cero y cuando se indaga por la condición de rigidez del resorte.

En la fase de uso de las aplicaciones, se mantiene la formulación de preguntas de carácter muy básico, por ejemplo, en la sesión donde interactúan con la simulación del péndulo de *Physics at school*, los estudiantes deben proponer preguntas de inicio referente a lo que observan en la simulación, algunas de las preguntas son:

E1 “¿Qué representan las flechas que salen en el péndulo? ¿Para qué sirven las ecuaciones?”

E2 “¿Cuál es la diferencia cuando es muy grande y cuando es muy pequeña? ¿Cuál es la máxima velocidad que se puede llegar?”

E3 “¿Con qué botón puedo cambiar la longitud?”

Al final en esta actividad se pregunta sobre que interrogantes quedaron respecto al movimiento pendular o respecto a la simulación, la única pregunta planteada fue:

E1 “¿Por qué el peso no influye en el movimiento del péndulo?”

E2 y E3 no se plantean preguntas al final de la actividad.

En la segunda sesión donde se realiza la actividad con la simulación del péndulo del *Phett* se plantea un interrogante inicial y un interrogante final respecto al movimiento pendular y la simulación, sin embargo, aquí los tres estudiantes solo plantean los interrogantes iniciales, al final mencionan no tener interrogantes, entre las preguntas propuestas al inicio se plantean:

E1 “¿Por qué la masa no influye en el movimiento?”

E2 “¿Por qué afecta la fricción y en que afecta?”, pregunta que surge ya que la simulación tiene la opción de poner fricción del aire.

En la tercera sesión en la que interactúan con la simulación del sistema masa resorte de *Physics at school*, los estudiantes mediante *post sticks* plantean algunas preguntas que deben ser resueltas al final de la actividad, entre los interrogantes se encuentran:

E1 “¿Se tiene en cuenta la energía en el sistema masa resorte?”

E2 “¿Qué tanto peso aguanta un resorte?”

E3” ¿Qué representan las ecuaciones, $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, y $E_c = \frac{1}{2}mv^2$?

En la cuarta sesión con la simulación sistema masa resorte SMR de la aplicación *Shm 8*, no se pide explicitar una pregunta, y consecuentemente en esta sesión ninguno de los tres estudiantes parece plantearse un interrogante respecto al movimiento del SMR, ya que durante la observación solo se identifican cuestionamientos procedimentales respecto a la simulación. Cabe resaltar que estas cuestiones de tipo instrumental también surgieron durante las tres sesiones anteriores, es necesario mencionar que algunas aplicaciones no resultaron amigables para la comprensión de los estudiantes, por cuanto sus botones o elementos digitales no eran muy legibles, era necesario dar un direccionamiento antes de realizar cada actividad.

De esta fase de experimentación se puede entonces evidenciar que el aporte de esta propuesta al principio del cuestionamiento e interacción social sigue siendo deficiente, aún se evidencian muchas preguntas de nivel bajo, sin embargo, cabe destacar algunos elementos interesantes que bien se pudieran clasificar en un nivel medio de cuestionamiento. Por ejemplo, cuando E2 se plantea ¿en que influye la fricción del aire en el péndulo?, ya que la mayoría de los ejercicios y actividades planteadas se trabajan con un péndulo ideal sin fricción. Otro elemento interesante es cuando E3 se plantea en una de las sesiones qué representan las ecuaciones de energía en el SMR, sin embargo, como se analizará en otra categoría, el estudiante no logra identificar que estas son las ecuaciones de energía. Algo que parece inquietarle a E1 durante casi toda la intervención es la influencia de la masa en los movimientos, en el SMR le queda claro, sin embargo, respecto al péndulo esta idea de independencia del periodo de la masa le causa inquietud.

En la última fase de valoración los estudiantes no tienen ningún planteamiento ya que las actividades propuestas están diseñadas precisamente para evaluar conocimientos, por lo que en esta fase no se pudo sacar ninguna conclusión respecto al aporte al principio de interacción social y cuestionamiento.

Retomando cada caso de los tres estudiantes participantes podemos decir que, para E1, formular preguntas tuvo cierto aporte, toda vez que este estudiante muestra preguntas con algún elemento dicente de los movimientos oscilatorios, esto se evidenció en la segunda fase cuando logra formular preguntas de nivel medio como “¿De qué manera influye la masa en el movimiento? ¿En que influye la condición del resorte en el movimiento? ¿En qué consiste la elasticidad del resorte?”. En cuanto a E2 a pesar de que su nivel de preguntas durante toda la investigación se pudiera clasificar en bajo, algunos elementos de sus interrogantes evidencian algún aporte sobre estos movimientos por cuanto se indaga sobre la dependencia de ciertas magnitudes como la masa con estos fenómenos. E3 al igual que el estudiante anterior, se ubica en un nivel de formulación bajo, sin embargo, los pocos elementos de estos interrogantes dan cuenta de interés sobre los movimientos, por ejemplo, en la fase de uso de aplicaciones, se inquieta por la relación que tenga que ver el movimiento del sistema masa resorte con la energía, ya que se indaga respecto a estas ecuaciones en la aplicación.

En términos generales, en la segunda fase que es donde se utilizan las aplicaciones, las actividades con el uso de estas, no generaron mayores cuestionamientos de interés respecto al tema; de hecho, por lo que se anotó en el diario de campo, y lo que se evidencio en videos y audios las interacciones en esta fase, las preguntas formuladas estaban referidas principalmente sobre dudas técnicas o de manejo de las aplicaciones, en este sentido, podría decirse que poco se favoreció el principio de interacción social con el uso de los dispositivos móviles, lo que si se logró evidenciar en cierta manera es la movilización conceptual, ya que con el uso de las aplicaciones los estudiantes apropiaban algunos elementos conceptuales nuevos, por ejemplo, la influencia de la gravedad en el movimiento pendular.

Categoría 2: Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje

Son varios los elementos encontrados en esta categoría, para ello se exponen los resultados dando cuenta de las ideas previas que tenían cada uno de los casos, y las evidencias de como estas ideas tuvieron algún alcance en la medida que se avanzaba en cada una de las fases. Para ello, los resultados se expondrán teniendo en cuenta los conceptos o ideas que presentan algún aporte a estos principios, haciendo hincapié en la fase de uso de las aplicaciones, para determinar cómo se favorece esta categoría a través del uso de dispositivos móviles, atendiendo a las dos movilidades que se pueden evidenciar en esta fase la conceptual, y tecnológica.

En la entrevista inicial de la fase de indagación y caracterización, se realizaron preguntas referentes a los movimientos pendular y sistema masa resorte, en dicha entrevista se les mostraba un péndulo y un sistema masa resorte, y se indagaba sobre lo que veían allí, y que podría producir estos movimientos; respecto al péndulo, dicen:

E1 “Yo creo que este tipo de movimiento del péndulo influyó la distancia primero de la cuerda por decirlo así, cuando había una distancia mayor había más fuerza implicada, en mi opinión esa distancia más larga permitió que más fuerza se acumulara, se demora más la de más longitud a causa de esta distancia y fuerza”

E2 “Yo digo que actúa la gravedad, la fuerza que ud le hace, y lo que mide la cuerda, por decirlo así, porque el objeto está quieto, pero ud al hacerle una fuerza él va a moverse, y

depende el tamaño de la cuerda, es la velocidad y el tiempo con que se mueve”

E3 “el péndulo al principio no tenía ningún movimiento, hasta que ud le ejerció una fuerza y entre más corta era la tira, era más rápido el movimiento, y cuando era más larga el movimiento era más largo y lento”.

Respecto al sistema masa resorte afirman:

E1 “El resorte usted le hace una fuerza, que lo sostiene, y obviamente una fuerza va a tener una reacción, y el resorte ayuda a que esta reacción genera el movimiento”

E2 “Yo creo que el movimiento depende de la fuerza de gravedad, el peso intenta caer, pero, el resorte no lo deja, entonces el resorte se opone, y la gravedad lo hace bajar y así sucesivamente”

E3 “por lo que yo vi al principio el objeto no tenía ningún movimiento, entonces con la fuerza que usted le ejerció, va a hacer un movimiento continuo (mueve el dedo de arriba a abajo), y que gracias a esa especie de (ininteligible) es que sigue haciendo ese movimiento”

La entrevista deja ver algunos aspectos de conocimiento previo que corresponden con los conocimientos científicamente validados como el hecho de reconocer la dependencia del periodo de la longitud del péndulo; sin embargo, se identifican algunos elementos no validos como el hecho de que E2 piense que el periodo del SMR depende de la gravedad, o que el periodo del SMR depende de la fuerza que hace el profesor como lo expresa E3, estas ideas son un punto de partida para analizar cómo evolucionan con el avance de otras sesiones.

En la siguiente sesión de la misma fase se realiza un cuestionario donde se preguntan algunos aspectos tanto del movimiento pendular y sistema masa resorte, como de aspectos generales del movimiento oscilatorio; entre los elementos de conocimiento previos hallados están:

Respecto a la pregunta ¿a qué se debe el movimiento de vaivén de un columpio?

E1 “yo creo que el movimiento de un columpio se debe al impulso que le damos a este, lo cual genera una fuerza que genera, por ende, el movimiento”

E2 “es un péndulo en el que depende la fuerza con la que lo empuje y entre más larga la cuerda más fuerza necesita”

E3 “Hay muchos factores como la gravedad, que jala hacia abajo el columpio, pero al estar amarrado queda levitando en el aire, cuando damos una fuerza vaivén el columpio sigue los movimientos que hacemos con las piernas”

¿De qué crees que dependa el tiempo que tarda en ir y volver un péndulo?

E1 “... a la distancia de la cuerda y el punto desde que inicia el movimiento, además la fuerza de este”

E2 “el largo de la cuerda y la fuerza que le hacen al columpio”

E3 “...el tiempo depende de la largura a la que este suspendido el péndulo entre más largo sea mayor tiempo tiene”

A la pregunta, ¿Crees que afectará en algo el movimiento del péndulo en la luna?

E1 “Será más lento el movimiento del péndulo, ya que la gravedad generaría que la reacción no fuera tan inmediata”

E2 “Si afecta ya que la fuerza de gravedad hará que el péndulo flote y no haga el movimiento adecuado”

E3 “El movimiento sería más lento ya que al haber menos gravedad el péndulo se moverá de forma más lenta”

Respecto a la pregunta sobre ¿qué magnitudes depende la oscilación en este movimiento? donde se compara una persona delgada versus una obesa en un bungee jumping, responden:

E1 “Su movimiento es de arriba abajo y se demora más en realizar esto si es una persona con sobrepeso ya que el esfuerzo para devolver el peso es mayor en este caso” “depende del peso del objeto que estará cargando”

E2 “Con la persona delgada no hay tanto peso y esto hace que el resorte no se estire tanto, cosa que con una persona gorda ocurriría lo contrario por el peso, además actúa la gravedad” “del peso del objeto depende la estimación y fuerza con la que empujes el objeto”

E3 “Cuando se lanza una persona delgada la oscilación del resorte es más pequeña porque tiene que hacer menos fuerza para subir la persona” “depende del peso al que esté sometido”

Cuando se pide representar mediante un dibujo el movimiento de un sistema masa resorte, e indicar cómo se comportan elongación, velocidad, y aceleración, E1 es el único que se aproxima al concepto teórico cuando indica como son la velocidad y aceleración en cada instante; E2 opta por explicarlo por medio de las fuerzas que experimenta el cuerpo en cada instante, exponiendo su representación de una forma muy aproximada a la teoría, E3 hace una representación poco legible. (Ver imagen 2)

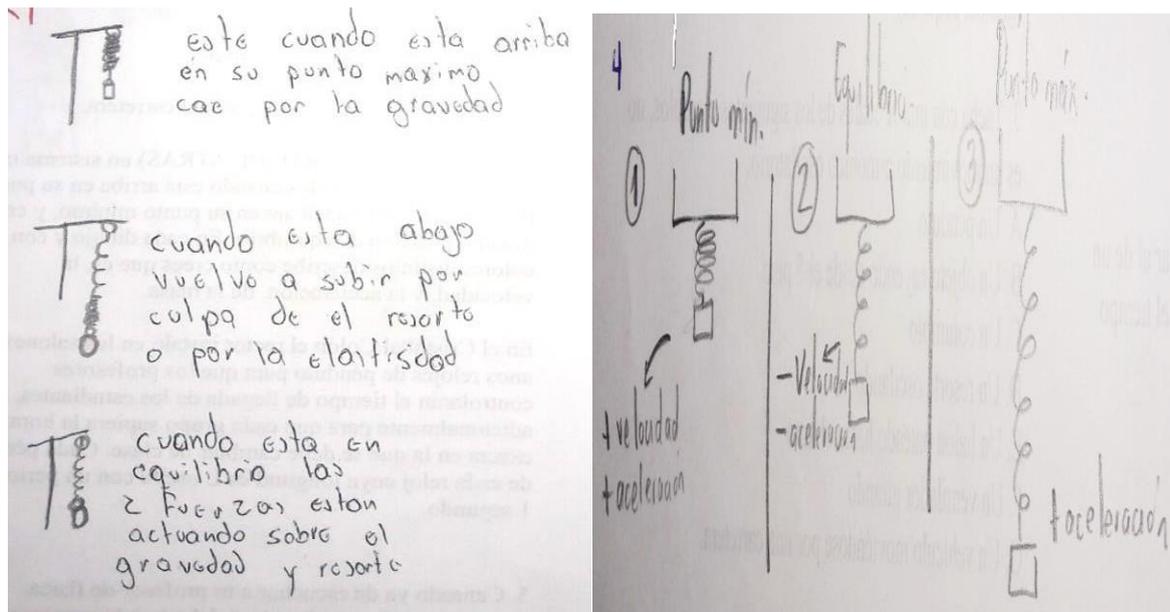


Imagen 2. Representación elaborada por E1 y E2, del SMR

Los estudiantes durante esta sesión se preguntan por conceptos como periodo, oscilación y frecuencia, al parecer no hacen parte de su léxico común. Por otro lado, E1 y E3 responden de manera correcta que mientras aumenta la elongación en un M.A.S. disminuye la velocidad. Además se pueden identificar elementos de conocimiento previo similares a los de la entrevista como el reconocer que el periodo pendular depende de la longitud de la cuerda, respecto al SMR todos aseveran que depende del peso, sin embargo, quien responde de una manera más acertada es E1 quien menciona que a mayor peso mayor será el tiempo.

En la última sesión de la fase inicial se realiza un foro vía WhatsApp para indagar aspectos respecto a dos videos, uno de una persona en *bungee jumping* y otro de un péndulo, a las preguntas realizadas responden (ver imagen 3).

1) en el video de boongie observamos un movimiento en donde una fuerza comienza en su punto cero hasta llegar a un punto máximo, tensando la cuerda. En el video del péndulo se ve un movimiento oscilatorio de lado a lado :v.
 2) aceleración, fuerza de empuje, cuando se tensa la cuerda y llega mas allá de su capacidad.
 3) la tensión de la cuerda que hace que se acumule fuerza empujando el cuerpo y devolviéndolo cuando llega a su punto máximo.
 4) porque es un movimiento oscilatorio y por ende ha de tener una fuerza, movimiento y velocidad constante.
 5) la velocidad angular, que crea un movimiento constante entre la aceleración, velocidad y la posición. :v

8:53 a. m.

1- En el primer video se observó un movimiento de oscilación, y en el segundo se vio un movimiento de péndulo.

2- Gravedad, fuera a de empuje.

3- dependiendo que tanto se estire el resorte y dependiendo de la fuerza con la que se ejerce.

4- porque tiene un movimiento circular y constante.

5- la fuerza de empuje.

8:51 a. m.

1.En ambos videos se puede presenciar movimiento oscilatorio.
 2.Inteviene la gravedad y la fuerza de atracción y la fuerza normal.
 3.Fuerza elástica y la gravedad.(la tensión)
 4.Porque es un movimiento armónico simple.
 5.La velocidad,la aceleración y la velocidad angular,y posición.

12:30 p. m.

Imagen 3.Repuestas de E1, E2, y E3 en el foro WhatsApp

En esta primera fase donde se exploran ideas previas, como punto de partida para el análisis de la categoría, respecto al péndulo se encuentran algunos elementos valiosos tales como la relación entre la longitud del péndulo y el tiempo, donde todos coinciden que entre más grande la longitud mayor es el tiempo de oscilación, E1 menciona que entre mayor longitud hay una mayor fuerza que se acumula, pero no es preciso en determinar qué tipo de fuerza; por el contrario, E2 y E3 mencionan que la fuerza es la que hace el profesor, E3 también menciona un elemento importante y es que, si la longitud es corta, la velocidad del movimiento es grande; E1 y E3 en el cuestionario hacen mención de la dependencia gravitacional en el péndulo cuando explican lo que pasaría con este en la luna.

Por otro lado, respecto al sistema masa resorte los tres coinciden en que el movimiento depende del resorte, sin embargo, surgen elementos como la dependencia de una fuerza o de la gravedad, E1 menciona un elemento de las leyes de Newton acción-reacción que en parte no está desconectado con la explicación teórica de este movimiento, E3 dice que depende de la fuerza que se le aplica, E2 hace mención al peso del elemento que en teoría está presente en este movimiento. En el cuestionario, los tres mencionan que el sistema masa resorte depende de la masa, sin embargo, en la representación del *bungee jumping*, E2 dibuja la fuerza elástica, quizás mostrando que este movimiento depende de ella.

Vemos entonces que sus ideas previas respecto a este tipo de movimiento no son tan desfasadas. Otros elementos para destacar de esta exploración de conocimientos previos es que mucha de la terminología empleada para explicar los movimientos oscilatorios es desconocida para los estudiantes, conceptos como oscilación, frecuencia, elongación, periodo, fueron interrogantes hechos por los estudiantes a la hora de responder el cuestionario.

En la fase de presentación y estructuración de conocimiento, durante las dos primeras sesiones se realizaron dos actividades en las que se exponía a los estudiantes elementos del movimiento armónico simple M.A.S. Se evidencia un proceso de aprendizaje, toda vez que representan de manera adecuada los vectores de posición, velocidad, y aceleración en el MAS (ver imagen 4) en comparación con lo expuesto en la fase inicial en la que no se identificaban adecuadamente estos mismos elementos de los movimientos, además resuelven diversas situaciones propias de estos movimientos en la segunda sesión donde se pide resolver ejercicios utilizando las ecuaciones del M.A.S, aportando un elemento a la categoría analizada (**Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje**).

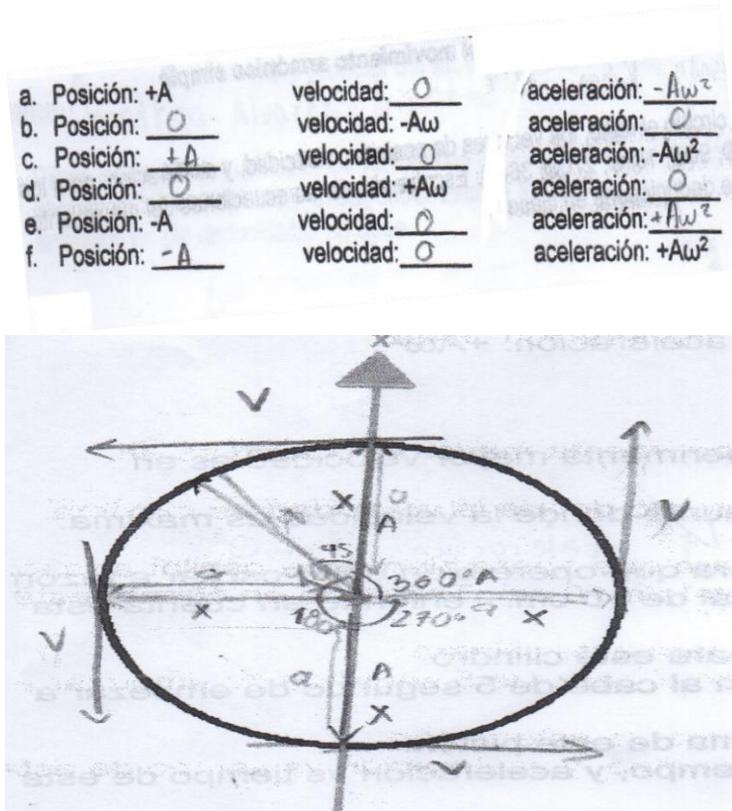


Imagen 4. Representación de los vectores posición, velocidad, Aceleración del estudiante E1

En la fase de presentación de contenido y estructuración de conocimiento, durante la tercera sesión se trabaja una actividad donde los estudiantes mediante una actividad experimental deben determinar las relaciones existentes entre las magnitudes de un péndulo (es de resaltar que E2 no participa en esta sesión). Al inicio se indaga sobre que magnitudes dependen de este movimiento, a lo que responden:

E1 “La masa determina el tiempo ya que no es lo mismo un peso liviano a uno que necesite más esfuerzo”, “la longitud determina el tiempo ya que hace que el recorrido sea mayor”

E3 “Las variables que dependen del movimiento son distancia, masa, y tiempo”, respecto a la dependencia de la masa “si, porque de la masa depende la fuerza que ejerza”, respecto a la longitud “Si, por que a mayor longitud mayor tiempo.

En principio los estudiantes expresan que el tiempo de oscilación dependen de la longitud y la masa; más adelante después de experimentar con varios pesos, llegan a las siguientes conclusiones.

E1 “al doblarse (duplicarse) la masa del péndulo el tiempo no sufre mayor variación, el cambio que hubo no fue muy significativo ya que es el doble de la masa” entre los comentarios a su compañero de trabajo registrado en el audio menciona que “la longitud si tiene mucho que ver”

E3 “El tiempo depende más de la distancia que de la masa” le dice a su compañero de trabajo adicionalmente en audio “mire que según esto la distancia de la cuerda influye más que la masa”

En esta sesión se evidencian varios elementos de la categoría , **Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje**, por un lado cuando se pregunta inicialmente sobre qué magnitudes operan en el movimiento pendular, de manera inicial los estudiantes mencionan que la masa es una de ellas; sin embargo, después de experimentar, reconocen que el tiempo solo depende de la longitud, evidenciando un alcance en cuanto a los principios del aprendizaje por error y el desaprendizaje ya que ellos mismos reconocen de su saber inicial los elementos suficientes e insuficientes para la comprensión de este movimiento. Sin embargo, a pesar de este desaprendizaje, El parece no estar muy convencida de esto, ya que al final se pregunta “¿por qué la masa no afecta el tiempo?”, este mismo interrogante lo sostiene casi durante todas las fases.



Imagen 5. Momento donde se explica el SMR en la sesión cuatro.

En la cuarta sesión se explica el sistema masa resorte mediante una demostración de laboratorio donde se experimenta con varios resortes y masas (ver imagen 5). Aquí se recopilan algunos elementos de interés para la categoría, antes de la experiencia se indaga sobre que magnitudes están presentes en el movimiento, a lo que responden:

E1 “la masa, la fuerza con la que se genere el movimiento y la condición del resorte”

E2 “gravedad, masa, resorte”

E3 “gravedad, masa, posición, longitud del resorte, y fuerza con la que se aplique”

Después de la demostración ellos realizan un gráfico (ver imagen 6) para comparar este con a expresión matemática expuesta para el sistema masa resorte, al final de la actividad llegan a conclusiones como:

E1 “La masa y el periodo aumentan, pero no de manera lineal, sino cuadrática” “el periodo depende de la constante de resorte ya que, si es más rígido, el periodo será más corto y la masa influye, en el tiempo que tarda en ir y volver”

E2 “El tiempo depende de la masa ay el resorte”

E3 “El periodo depende de la constante y obvio la masa”.

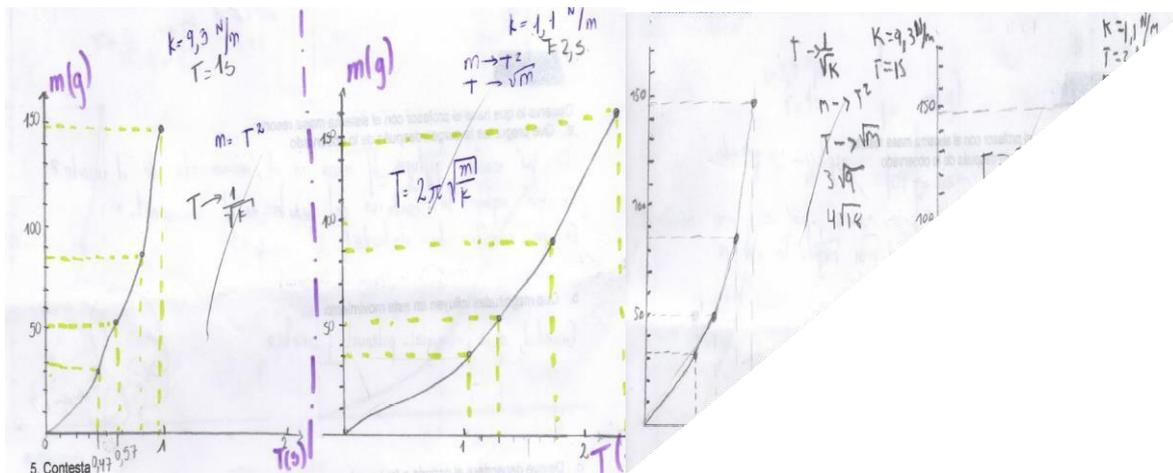


Imagen 6. Graficas de masa vs tiempo en dos situaciones con constantes diferentes, elaboradas por E1, y E2.

E2 es el único estudiante que desde la fase anterior ya tenía un indicio que este movimiento dependía del resorte y la masa, sin embargo, para E1 y E3 la dependencia del resorte es un elemento que reconocen al final de la sesión, aportando así al principio de desaprendizaje y el aprendizaje por error, ya que estos dos estudiantes solo reconocían como magnitud del movimiento la masa, y otras magnitudes que no dependían directamente de este.

En la tercera fase del uso de aplicaciones, al parecer se evidencia un retroceso en los aprendizajes logrados anteriormente, en la fase anterior los estudiantes en la actividad del péndulo encuentran la relación exponencial entre la longitud y el periodo, adicionalmente en la primera sesión de la fase de uso de aplicaciones también realizan un gráfico de la relación longitud-periodo (imagen 7), sin embargo, en la mayoría de sus respuestas, parecen no identificar con exactitud dicha relación cuadrática, solo afirman que es proporcional.

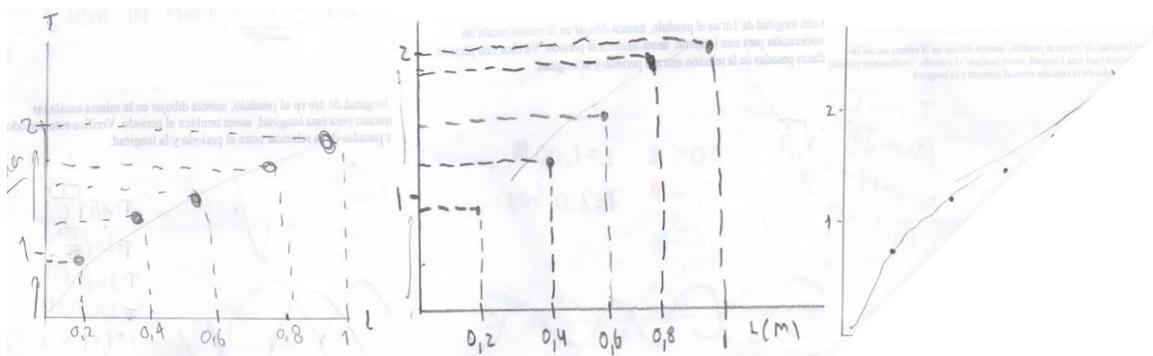


Imagen 7. Graficas de la relación longitud periodo realizados por E1, E2, y E3.

Por ejemplo, cuando en la actividad se pregunta ¿Si tuviera un péndulo de cierta longitud en la tierra y se duplica su longitud que pasará con el periodo?

E1 “El periodo aumentará ya que, a mayor longitud, mayor recorrido”

E2 “Sería mayor, pues el periodo depende de la L”

E3 “Al aumentar la longitud aumenta el periodo”

También se evidencia cuando se pregunta ¿Qué debo hacer con la longitud de un péndulo de longitud L, que oscila con un periodo T, si deseo reducir su periodo a $T/2$?

E1 “Se debe reducir su longitud a $L/2$ para mantener la proporción”

E2 “Reducir la longitud a la mitad así sería T, porque al ser menor el T sería menor”

E3 “Reducir la longitud un poco más de la mitad”

Todos aseveran correctamente que se debe reducir, sin embargo, aunque no precisan cuantas veces, el único que se aproxima a la respuesta es E3 diciendo que “más de la mitad”.

En la segunda sesión con la simulación del péndulo del PHET los estudiantes interactúan con una magnitud que nunca habían experimentado: la gravedad, en esta ellos simulan un péndulo en varios planetas (Júpiter, Luna, Tierra). Esto les permite emitir afirmaciones como:

E1 “A mayor gravedad el periodo disminuye como en Júpiter, mientras que a menor gravedad el periodo aumenta”, “Podemos decir que la masa no afecta al movimiento, que a mayor gravedad mayor frecuencia, y de la longitud depende el periodo”

E2 “El periodo aumenta según la gravedad.... En lo contrario a menor gravedad el periodo disminuye”

E3 “Al aumentar la gravedad a la de Júpiter el péndulo al soltarlo es que va más rápido de lo normal en la tierra” respecto al periodo o frecuencia del péndulo concluye “que varía según la gravedad y longitud y al cambiar la masa sigue igual”.

Estas afirmaciones se incluyen como contribución a esta categoría toda vez que la gravedad es una magnitud que en un principio no la veían como parte del movimiento pendular, salvo algunos estudiantes como E2 que en la entrevista mencionó la influencia de la gravedad de la tierra en el movimiento pendular. Se denota entonces de algún modo desaprendizaje por parte de E1 y E3, ya que en un principio no mencionan dicho aspecto.

En la tercera sesión los estudiantes vuelven a abordar el movimiento del SMR, aquí los estudiantes interactúan con una simulación que permite variar tanto la masa como la constante del resorte y analizar como son las gráficas de posición y velocidad, así también como unas las gráficas de energía potencial y cinética. En la primera parte ellos debían realizar un interrogante respecto a la aplicación (abordado ya en la categoría anterior) y luego después de la actividad responderlo.

E1 “¿Se tiene en cuenta la energía cinética en el sistema masa resorte? R// La energía cinética si se tiene en cuenta en el sistema, expresado como E_k es máxima en la mitad del movimiento y mínima en los extremos”

E2 “¿Qué tanto peso aguanta un resorte? R// Tendría que experimentar hasta que el resorte no se mueva o haga el movimiento de tanto peso”

E3 “Que representan las ecuaciones $E_p = ky^2$ y $E_k = mv^2$?. R// E_k Representa la velocidad máxima que alcanza el resorte, y E_p representa por decirlo de alguna forma la fuerza inicial”

Al final de la actividad se dejan por resolver algunos interrogantes:

¿Si tuviera un sistema masa resorte con cierta masa y constante de elasticidad, que sucedería con el periodo y frecuencia si duplico dicha masa?

E1 “El periodo aumenta y la frecuencia disminuye

E2 “No cambiaría el tiempo, sería el mismo”

E3 “El periodo aumenta y la frecuencia disminuye”

En la cuarta sesión se trabaja la última aplicación donde también trabajan el SMR, esta aplicación se concentra en el estudio de las gráficas de posición, velocidad y aceleración de este sistema, en ella los estudiantes interactúan y observan que pasa con estas gráficas en la medida que la masa se mueve, se les pide que dibujen algunas de las gráficas que allí aparecen (ver imagen 8), luego responden algunas preguntas.

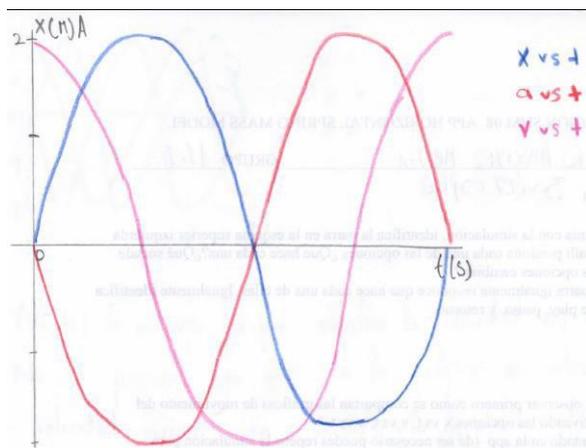


Imagen 8. Representación dibujada por E3 de la posición, velocidad, y aceleración en el SMR

Cuándo la posición de la masa es cero ¿También lo es la velocidad?

E1 “No es la misma ya que mientras la velocidad es máxima la x y la a son cero y al contrario”

E2 “Puede ser positiva o negativa”

E3 “No, a la posición ser cero la velocidad es máxima por que la velocidad en los extremos disminuye en cambio en el centro la velocidad se mantiene al máximo”

Compara la graficas a vs t, y x vs t. ¿Se parecen en algo o difieren en algún aspecto?

E1 “No se parecen, ya que, en la gráfica de velocidad vs tiempo la velocidad inicia en 2 m/s, y la posición está en cero, mientras que la posición y la aceleración inician ambas en cero”

E2 “Ambos van en el mismo trayecto, pero en diferente tiempo”

E3 “Se diferencian en que cuando la posición es positiva, la aceleración es negativa y van intercambiando”

Cuando la velocidad de la masa es máxima ¿Qué sucede con la aceleración y la posición?

E1 “Cuando la masa tiene velocidad máxima la posición y la aceleración son cero”

E2 “La aceleración va a lo contrario a la posición”

E3 “Cuando la velocidad es máxima la aceleración y posición son cero”

¿Como son la posición, velocidad y aceleración cuando el resorte se ha comprimido en lo más alto?

E1 “Cuando la posición está más arriba en 2, al mismo tiempo la velocidad está en cero y la aceleración está en -2”

E2 “La velocidad es cero, mientras que la aceleración y posición es máxima, pero con signo diferente a la velocidad”

E3 “la velocidad es cero, aceleración es máxima, posición máxima pero negativa”

De estas dos sesiones de la fase de uso de aplicaciones móviles, donde se aborda el SMR, se evidencian escasos elementos contributivos a la categoría, de hecho al igual que en la fase anterior, los estudiantes identifican claramente la dependencia entre la masa y la constante en el periodo o frecuencia del movimiento, sin embargo, los elementos de precisión como por ejemplo, cuantas veces aumenta el periodo si duplico o disminuyo a la mitad la masa, no se contestan de forma adecuada; por otro lado, se identifican elementos de conocimiento los cuales se podrían clasificar en la siguiente categoría, sin embargo, se toman como contribución de las aplicaciones móviles, y es el hecho de que E1 y E3 reconocieron las manifestaciones de energía en el movimiento oscilatorio, específicamente en el SMR, temática que en cierto modo no se abordó con precisión en la fase de presentación y estructuración del conocimiento, E1 las identifica de una manera adecuada diciendo que son la energía cinética y potencial, E2 solo relaciona la energía cinética con la velocidad, los tres estudiantes también identifican al igual que lo hicieron en la segunda fase la posición, velocidad, y aceleración del SMR al representar de manera adecuada las gráficas, dando cuenta de los elementos suficientes de este concepto al que se explica en el principio de desaprendizaje.

Por otro lado, en la caricatura que producen al final de esta fase, al parecer no logran representar de manera adecuada dicho concepto ya que dos de ellos E2 y E3 en su dibujo representan un péndulo en la luna que al parecer no hace nada, sin embargo, E1 si representa el péndulo en la luna donde este se demora más en hacer su recorrido (ver imagen 9). En la caricatura del *bungee*

jumping (imagen 10), se ven elementos escasos en sus representaciones, por ejemplo, E1 muestra simplemente una escena suicida (ya que el estudiante representa una persona ahorcada) donde una persona obesa se lanza y luego una delgada, pero no se evidencia de manera precisa la relación con el SMR, solo atina en decir que la mujer obesa cae rápido, E2 trata de representar una escena de padre e hijo donde al parecer representa que le padre tiene una elongación mayor, pero no da cuenta de cómo son las velocidades, ni los periodos de ambas situaciones, E3 dibuja una escena en la que la persona obesa se le revienta el resorte y la delgada sigue oscilando, no precisa en la imagen aspectos como periodo, velocidad, o frecuencia. En relación con otras fases respecto al SMR la caricatura, no aportó ningún elemento de valor para el aprendizaje en relación con los principios del desaprendizaje y aprendizaje por error.

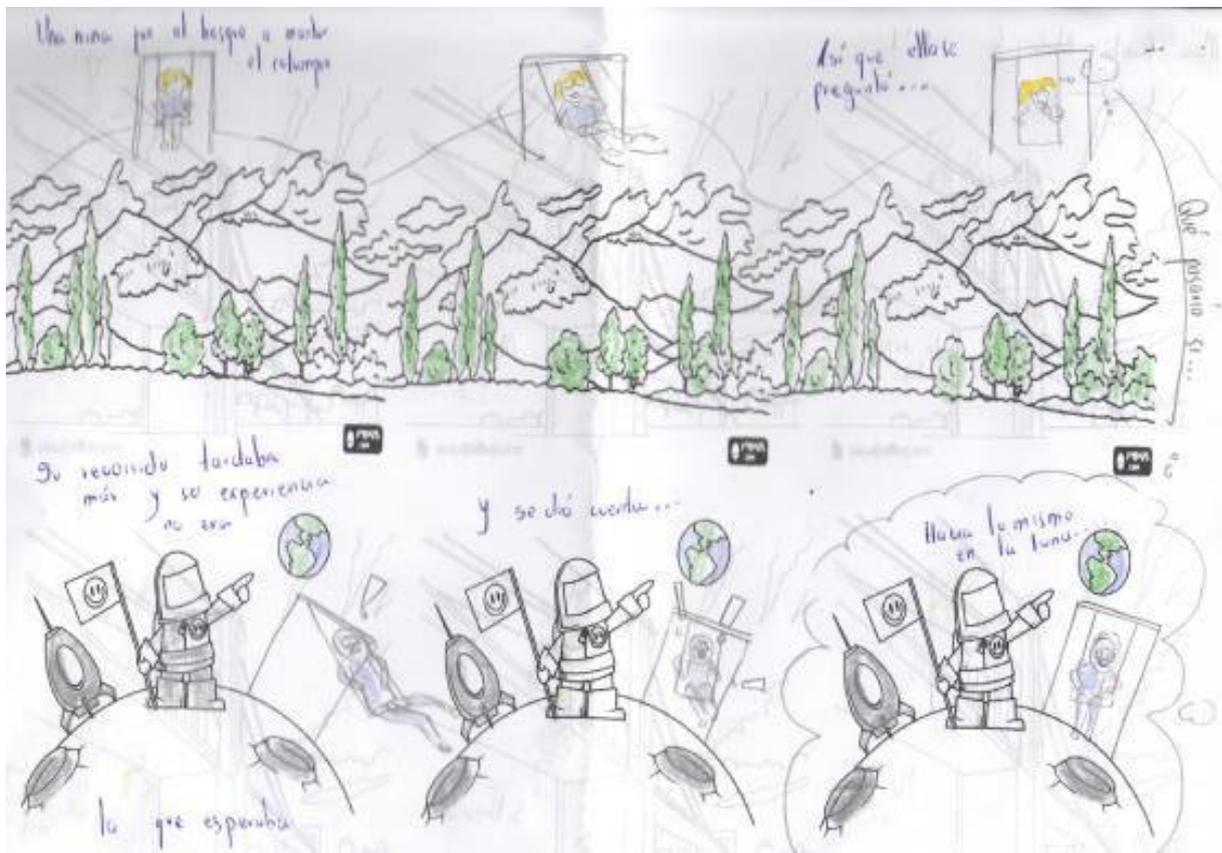


Imagen 9. Caricatura del péndulo de E1

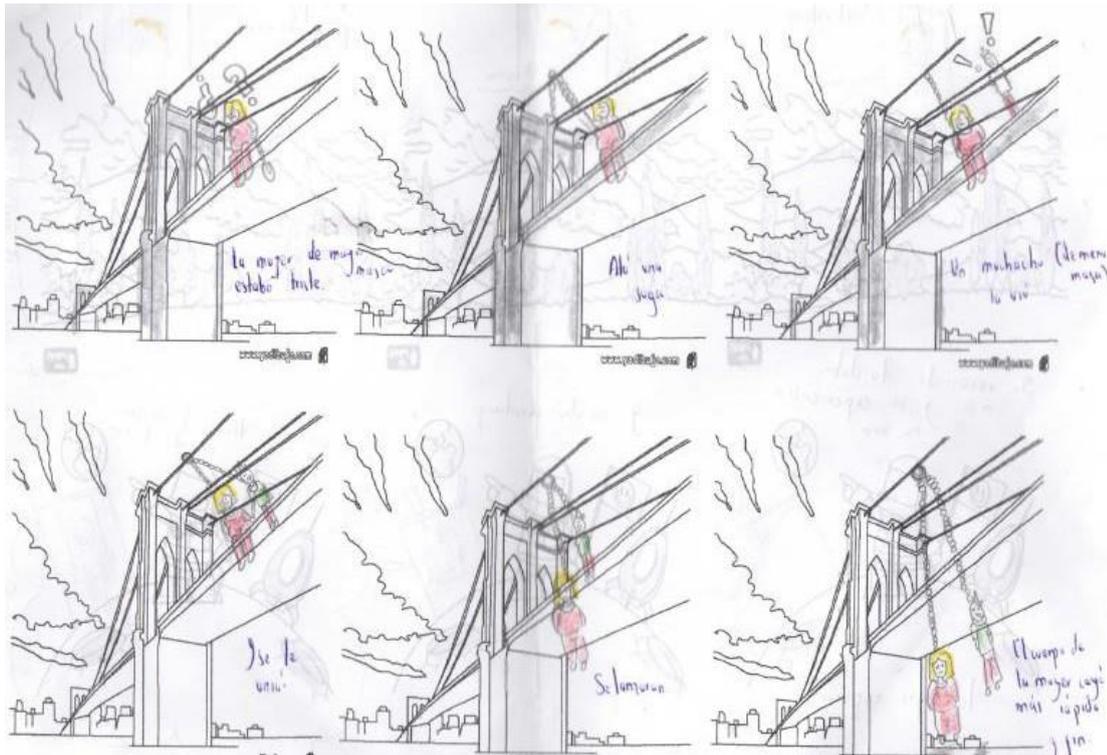


Imagen 10. Caricatura del bungee jumping de E1

En la fase de cierre se aplican algunos instrumentos como talleres, y entrevistas para recolectar los saberes finales, respecto al movimiento pendular se recogen algunos elementos, que al compararlos con la primera fase bien podríamos decir que se favoreció el aprendizaje sobre este, algunos de estos elementos son:

En el cuestionario final cuando se preguntó por cuál sería la frecuencia de oscilación de un péndulo de 1 m de longitud, E1 y E3 responden correctamente: 1 segundo, sin embargo, E2 no lo hace. Cuando se pregunta que se debe hacer para que el péndulo corra más rápido y las horas trascurren con mayor rapidez, todos aseveran de manera correcta que se debe disminuir la longitud del péndulo. Sin embargo, cuando se solicita explicar con precisión qué hacer con un péndulo cuyo periodo es de un segundo para disminuirlo medio segundo, ninguno de los tres responde adecuadamente, solo aciertan en decir que se debe disminuir.

Respecto al SMR en el cuestionario se pide esquematizar uno e indicar los vectores de posición, velocidad, y aceleración, en el cual el único estudiante que se aproxima al concepto es E1 (ver imagen 11) indicando de manera adecuada cómo se comportan estas magnitudes en ciertos momentos del movimiento, aquí E1 se reivindica con la escasa información otorgada en la

caricatura, sin embargo, E2 y E3 no lo representan de manera coherente.

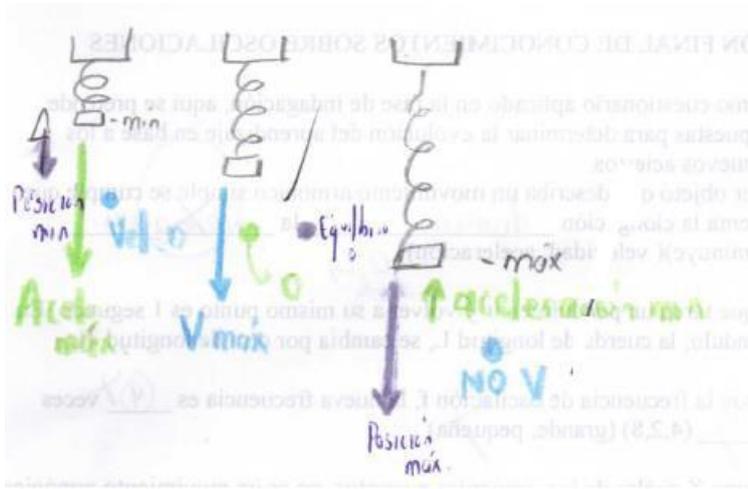


Imagen 11. Representación hecha por E1 del SMR en el cuestionario final

El mapa mental también deja ver elementos importantes como la relación que hacen de los conceptos y sus definiciones, E1 por ejemplo jerarquiza muy bien los elementos trabajados en el esquema (ver imagen 12), sin embargo, E2 y E3 tienen ciertas dificultades para organizar la jerarquía de conceptos, E3 confunde la expresión del periodo de sistema masa resorte.

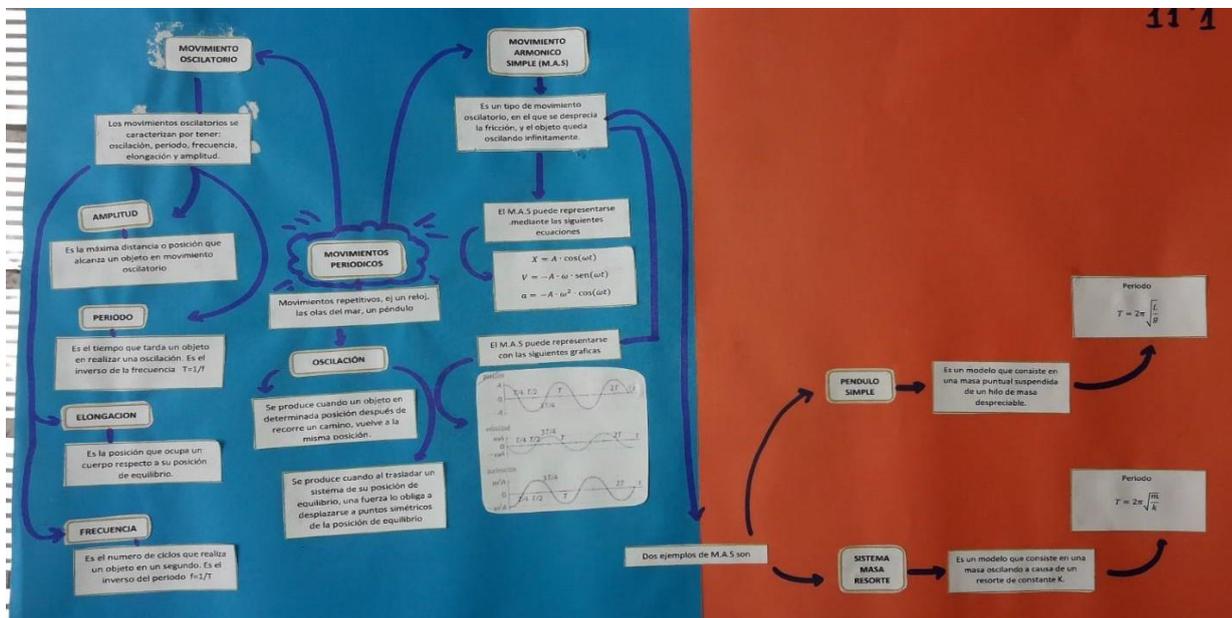


Imagen 12. Mapa mental elaborado por E1

Por otro lado, en la entrevista final respecto al péndulo se encuentran elementos como:

E1 “es un movimiento que es constante... cuenta con una masa obviamente y la cuerda que también dependía la distancia, ese movimiento dependía de la longitud, y la masa, si porque con las canicas (demostración) la masa hacía que el tiempo cambiara”

Cuando se le muestra una hoja con conceptos y definiciones para relacionar, señala de manera correcta la expresión matemática para determinar el periodo del péndulo.

E2 “es lo que un peso lleva de un lado a otro, lo que lleva es lo que mide la cuerda, pues, entre más corta más rápido va a hacer los movimientos, entre más larga va a ser más lento o demorado”. Contrario a E1, E2 no relaciona bien la expresión matemática para el periodo del péndulo, confundiéndola con el sistema masa resorte.

E3 “consiste que, primero que todo necesita una fuerza inicial y eso lo que hace el péndulo va y vuelve oscilando, depende de la longitud con la que este la masa del péndulo, y depende de la fuerza con la que se hace oscilar”. Al igual que E1 cuando se le muestran los conceptos relaciona de manera adecuada el concepto de péndulo.

Respecto al SMR se encuentran afirmaciones como:

E1 “Es esa máquina que es una masita que uno la podía variar y un resorte que era según la constante de elasticidad creo que se llama, que mientras más duro era el resorte más rápido iba a ser el movimiento, en cambio mientras más blando el resorte se movía mucho más lento por decirlo así...allí el periodo dependía de la masa, que era directamente proporcional, jajaja creo, es decir que si la masa aumenta el periodo disminuye, a no perdón, aumenta”

E2 “es una fuerza, es un sistema en el que peso baja y sube, y vuelve al mismo punto utilizando la gravedad, y. gracias al resorte se estira y se vuelve a encoger haciendo que este pa arriba y pa abajo, ese movimiento depende más que todo de la gravedad, el peso no depende tanto, afecta mucho es el resorte, si es un resorte rígido o flácido”

E3 “es el que se maneja con.....energía es una masa que lleva una caída, y que dependiendo de la masa o de la elasticidad del resorte, varia el tiempo con el que baja y sube y, si depende básicamente de esos dos”

Esta última fase deja ver varios asuntos interesantes con respecto al aprendizaje por error y el desaprendizaje que son los elementos a tener en cuenta en esta categoría, por un lado en el cuestionario parece que se reafirman los elementos de aprendizaje evidenciados en las fases anteriores, al reconocer las relaciones entre las magnitudes que influyen en el movimiento pendular, sin embargo, en el esquema y la entrevista al parecer retoman algunos elementos no acordes con la teoría, que estuvieron presentes en sus ideas previas, por ejemplo E1 vuelve y retoma que el movimiento pendular depende de la masa. Pareciera que con el tiempo dicho elemento conceptual toma fuerza más en relación con su saber cultural.

En el SMR se evidencia pocos elementos de contribución en esta fase, por ejemplo, la identificación de las magnitudes de posición, velocidad, y aceleración que la segunda fase parecieran haber quedado claros, al parecer E2 y E3 no toman los elementos que le son suficientes y siguen quizás con las percepciones iniciales, se podría decir que las aplicaciones no tuvieron incidencia solidas en este concepto para ellos dos, sin embargo, E1 si lo evidencia, por otro lado, en la entrevista E1 y E3 refirman el aprendizaje respecto a la dependencia de la masa y la constante en el movimiento del SMR.

En términos generales la propuesta tiene alcances en el aporte a los principios del desaprendizaje y el aprendizaje por error, ya que algunos elementos de conocimiento previo fueron tomados por los estudiantes y reconocidos como suficientes y otros como insuficientes para alcanzar mayor aprendizaje sobre los temas propuestos, por ejemplo, el hecho de reconocer la no dependencia de la masa en el movimiento pendular en la fase de presentación y estructuración del conocimiento, y en la fase de uso de las aplicaciones; sin embargo, en la fase final parece ser que este elemento de aprendizaje retorna al previo, una manera de evitar esto y que se pudiera aplicar, podría ser que después de la fase de uso de las aplicaciones se propongan algunas actividades a manera de ejercicio aplicado o de situaciones problema para consolidar el conocimiento aprendido.

Otro elemento para destacar es que E1 y E3 identifican en una de las aplicaciones la dependencia gravitacional del péndulo, concepto que no mencionan en sus saberes previos, este también se reafirma en la caricatura por parte de E1 cuando dibuja que en la luna el péndulo es más lento, sin embargo, en la fase de cierre ninguno menciona la dependencia con la

gravedad, pareciera que dicho aprendizaje solo estuviera presente en el momento de desarrollo de las actividades.

En cuanto al SMR el hecho de la dependencia con la masa y el resorte es un elemento que se evidencia en la demostración de la segunda fase y en el uso de las aplicaciones de las sesiones tres y cuatro, sin embargo, al final este concepto no se evidencia en la caricatura, y en la entrevista solo E1 y E3 lo mencionan. Otros conceptos que se pudieran valorar como alcances de esta categoría es el hecho de que al final de la propuesta, estudiantes como E1 dominaba de manera fluida definiciones de conceptos como periodo, frecuencia, elongación, vector de posición, velocidad, y aceleración, entre otros, esto se evidencia cuando en la entrevista se le pone algunos de estos conceptos para que los relacione con sus definiciones haciéndolo de manera adecuado, algo similar sucede con E2 y E3, sin embargo, ellos no lo logran hacer con todas las definiciones, es de destacar este alcance ya que en la primera fase dichos conceptos fueron un desafío al enfrentarse a su primer cuestionario, por lo que se evidencia un proceso de aprendizaje conceptual respecto a las ideas iniciales.

Categoría 3: Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base a la apropiación del lenguaje sobre movimientos oscilatorios.

Cada disciplina tiene su léxico o simbología para representar la realidad Moreira (2005), la física es una de esas disciplinas en cuyo lenguaje además de sus definiciones o conceptos teóricos desarrollados por el hombre durante siglos de estudio y experimentación, la matemática también es una de las formas de expresar o representar la realidad de dicha disciplina, es por esto que un estudiante que denote dominio de la simbología, conceptos y expresiones matemáticas de los diversos fenómenos físicos da cuenta de un aprendizaje significativo. En esta categoría se presentarán los resultados según las evidencias que se perciban en cada estudiante, en cada fase, en cuanto al dominio de la simbología o lenguaje de los movimientos oscilatorios.

En la fase de caracterización e indagación como es de esperarse el dominio simbólico propio de los movimientos oscilatorios es exiguo, sin embargo, algunos elementos son considerados

de gran valor en los conceptos previos explorados, esto se puede evidenciar en respuestas o afirmaciones como, las encontradas en la entrevista:

E1 “El resorte usted le hace una fuerza, que lo sostiene, y obviamente una fuerza va tener una reacción, y el resorte ayuda a que esta reacción genera el movimiento” “yo creo que este tipo de movimiento del péndulo, influyó la distancia primero de la cuerda por decirlo así, cuando había una distancia mayor había más fuerza implicada, en mi opinión esa distancia más larga permitió que más fuerza se acumulara, se demora más la de más longitud a causa de esta distancia y fuerza”

E2 “Yo creo que el movimiento depende de la fuerza de gravedad, el peso intenta caer, pero, el resorte no lo deja, entonces el resorte se opone, y la gravedad lo hace bajar y así sucesivamente” “Yo digo que actúa la gravedad, la fuerza que usted le hace, y lo que mide la cuerda, por decirlo así, porque el objeto está quieto, pero usted al hacerle una fuerza él va a moverse, y depende el tamaño de la cuerda, es la velocidad y el tiempo con que se mueve”

E3 “por lo que yo vi al principio el objeto no tenía ningún movimiento, entonces con la fuerza que usted le ejerció, va a hacer un movimiento continuo (mueve el dedo de arriba a abajo), y que gracias a esa especie de (ininteligible) es que sigue haciendo ese movimiento” “el péndulo al principio no tenía ningún movimiento, hasta que usted le ejerció una fuerza y entre más corta era la tira, era más rápido el movimiento, y cuando era más larga el movimiento era más largo y lento”

En la segunda sesión de esta fase, mientras resolvían el cuestionario a muchos estudiantes durante la clase le surgieron dudas conceptuales respecto al léxico empleado en la actividad, estas quedaron registradas en video y diario de campo, por ejemplo:

E1 “¿Elongación es como estirar, cierto profe? ¿Qué es oscilación?”

E2 “¿Qué es oscilación profe? ¿Qué es frecuencia?”

En el cuestionario a pesar de responder de forma adecuada las preguntas, el lenguaje utilizado es coloquial, por ejemplo:

Cuando se pregunta ¿de qué depende el tiempo de oscilación de un columpio? E1 “de la distancia de la cuerda” refiriéndose a la longitud, E2 plantea algo similar “el largo de la cuerda y la fuerza que le hacen al columpio”, E3 lo denomina “largura”.

En cuanto al SMR todos concuerdan en que depende del peso, aunque siendo estrictos en el concepto es la masa. En el foro de *WhatsApp* por ejemplo, E1 afirma que el movimiento de *bungee jumping* depende de "aceleración, fuerza de empuje, cuando se tensa la cuerda y llega más allá de su capacidad", E3 por otro lado menciona "fuerza elástica y la gravedad (la tensión)".

Se puede entonces decir que, en esta fase, aunque se identifican conocimientos sobre algunos elementos de la física como acción-reacción, fuerzas, peso, entre otros, estos no se relacionan de manera adecuada a los movimientos oscilatorio, salvo algunos indicios como cuando E3 menciona la fuerza elástica en el SMR, o cuando E1 menciona la dependencia del peso y la longitud de la cuerda en el péndulo. Es de esperar que en otras sesiones los alcances de la apropiación del léxico o lenguaje de los movimientos oscilatorios tengan una connotación más profunda.

En la segunda fase de presentación y estructuración del conocimiento se identifican varias actividades ya mencionadas en otras categorías, para que los estudiantes se empiecen a familiarizar con la terminología propia de estos movimientos, por ejemplo en la primera actividad se les pide representar los vectores del movimiento armónico simple de dos formas, de manera gráfica y completando una tabla (ver imagen 13), en este ejercicio se puede evidenciar un claro dominio simbólico por parte de E1 y E3 toda vez que representan de manera adecuada dichos vectores, sin embargo E2 en su representación gráfica se logra identificar sólo algunos elementos, en la tabla si lo logra hacer adecuadamente (imagen 14).

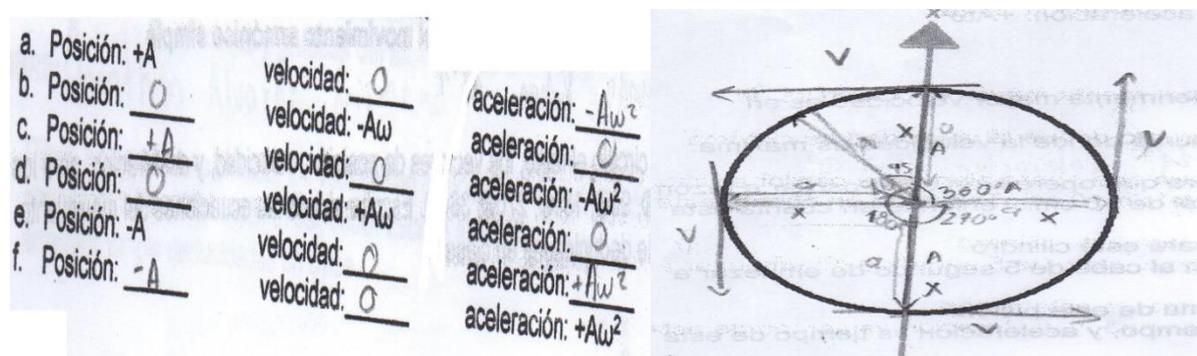


Imagen 13. Tabla y gráfica de vectores del M.A.S. elaborada por E1

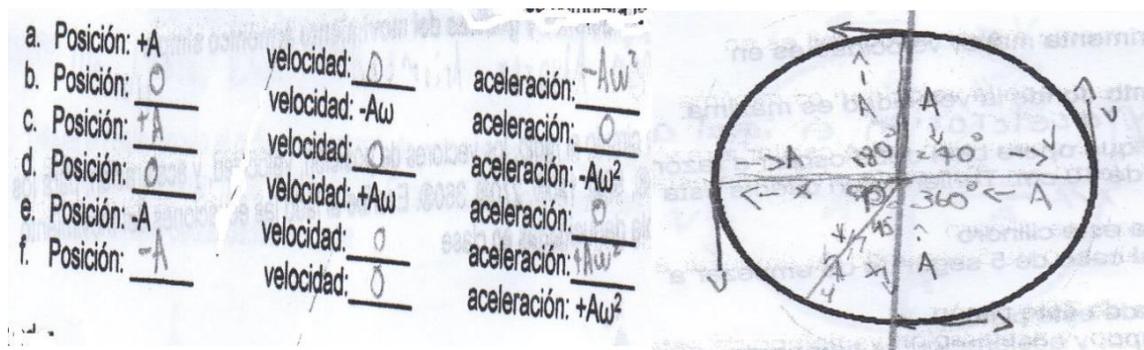


Imagen 14. Tabla y grafica de vectores del M.A.S. elaborada por E2

En la segunda sesión se les pide resolver unas situaciones problema utilizando las expresiones para posición, velocidad y aceleración del M.A.S. y otros elementos conceptuales como amplitud, frecuencia y periodo abordados en la primera sesión; en la solución de estos ejercicios podemos notar un claro dominio simbólico por parte de E1 y E2, a E3 se le dificulta determinar los valores de la posición, velocidad y aceleración de un MAS en determinado tiempo. (Ver imagen 15).

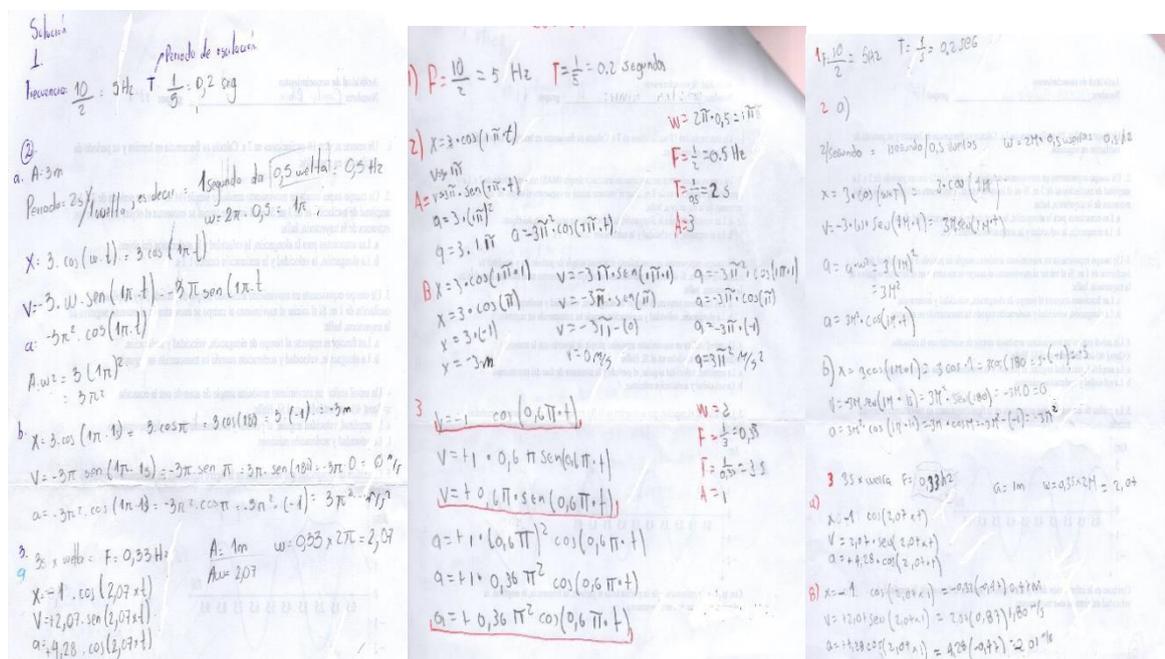


Imagen 15. Solución de ejercicios de M.A.S. de los estudiantes E1, E2, y E3.

En la tercera y cuarta sesión de la fase en mención, se desarrollan unas actividades experimentales para que los estudiantes pongan en práctica las magnitudes físicas que dependen del

movimiento pendular y el SMR. En dichas actividades se pueden evidenciar elementos importantes que contribuyen al enriquecimiento del lenguaje propio de estos conceptos. Por ejemplo, cuando los estudiantes experimentan con el péndulo llegan a la conclusión que este solo depende de la longitud y no de la masa, El “Que el tiempo depende más de la distancia que de la masa”, o cuando en el experimento del SMR reconocen la dependencia de la masa y la constante por ejemplo E3 “ este depende de la constante y obvio la masa”, El “Primero depende de la constante del resorte ya que si es más rígido el periodo será más corto, y la masa influye en el tiempo en que tarda en ir y volver”.

Otro de los elementos a destacar es que los tres estudiantes representan gráficamente de manera adecuada la relación entre periodo y masa y la constante en el SMR (ver imagen 16), comparándola con la expresión matemática en la que ellos mismos verifican su relación cuadrática.

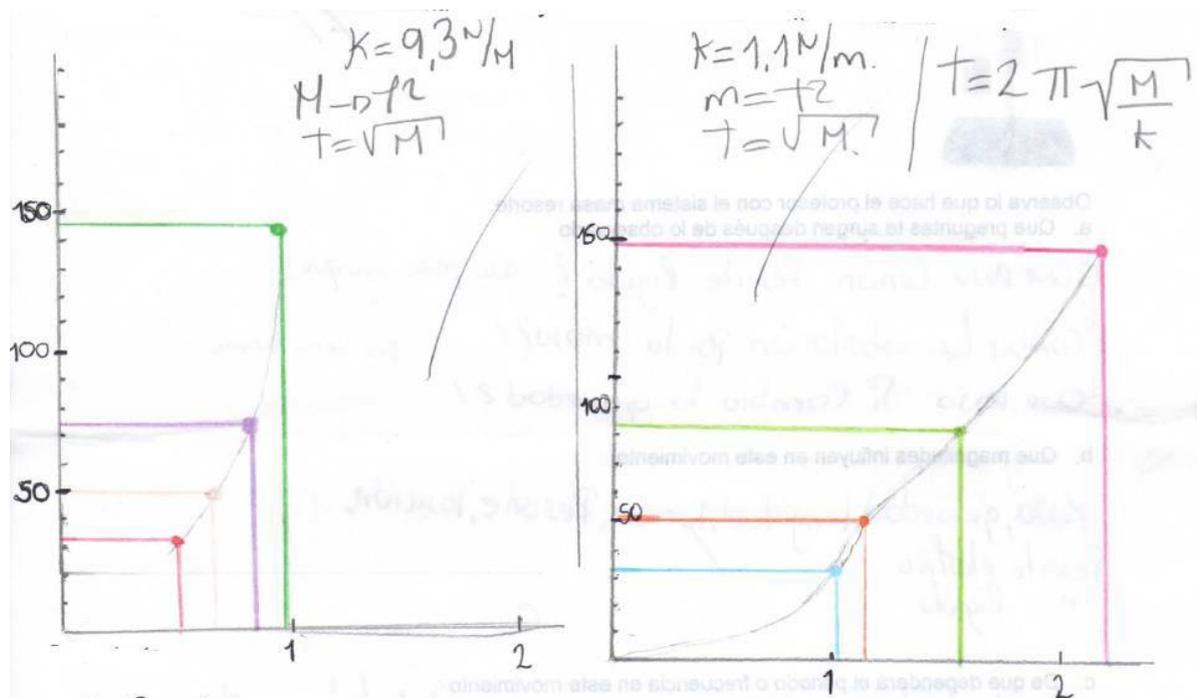


Imagen 16. Esquema elaborado por E3 de la relación masa periodo con dos resortes diferentes para el SMR.

De esta fase se pueden destacar elementos de apropiación del lenguaje, como el hecho de reconocer que magnitudes físicas influyen de manera directa en ambos movimientos, otro elemento a destacar es que en las primeras sesiones ya ellos se familiarizan con conceptos que al principio desconocían, por ejemplo, frecuencia, amplitud, periodo, oscilación, entre otros,

también es de destacar el reconocimiento que hacen de las relaciones cuadráticas entre periodo y longitud en el péndulo, y periodo y masa o constante de elasticidad en el SMR.

En la fase de uso de la aplicación igualmente se identifican algunos alcances en cuanto a la apropiación del lenguaje, algunos elementos a destacar son:

E1, y E2 utilizan de manera adecuada la expresión para calcular periodo del péndulo en la simulación de *Physics at school* (imagen 17). E1, E2, y E3 vuelven y aciertan en el uso de expresiones matemáticas para determinar periodo y frecuencia del péndulo en la simulación del PHETT (ver imagen 18), en esta misma aplicación los estudiantes logran identificar la dependencia de la gravedad con el periodo del péndulo al poder modificar esta variable simulando el movimiento en otros planetas, llegando a conclusiones como E1 “A mayor gravedad el periodo disminuye como en Júpiter, mientras que a menor gravedad el periodo aumenta como en la luna”. En la simulación del SMR de *Physics at school*, también logran usar de manera adecuada las expresiones matemáticas para calcular periodo o frecuencia (ver imagen 19).

The image shows handwritten calculations for the period of a pendulum. The formula used is $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$. The calculations are as follows:

- Top left: $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{10}}$, $T = 2\pi\sqrt{0,1} =$, $T = 2\pi(0,31)$, $= 1,94 \sim 2,00 \text{ s}$
- Top middle: $T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{g}}$, $= 2\pi\sqrt{0,05}$, $= 2\pi(22,3)$, $= 1,4 \text{ s}$
- Top right: $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{0,2}{10}} = 0,08$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{0,4}{10}} = 1,2$, $T_3 = 2\pi\sqrt{\frac{0,6}{10}} = 1,5$
- Bottom left: $T = 2\pi\sqrt{\frac{1}{10}}$, $T = 1,98 \text{ seg}$
- Bottom middle: $L = 0,50$, $T = 1,4 \text{ s}$, $T = 2\pi\sqrt{\frac{0,50}{10}} = 1,4 \text{ s}$

Imagen 17. En la parte superior cálculos elaborados por E1 en la sesión de la simulación del péndulo *Physics at School*, y la parte inferior cálculos hechos por E2 de la misma sesión.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0,40}{10}} = 1,2$$

$$f = \frac{1}{1,2} = 0,83$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0,70}{10}} = 1,66$$

$$f = \frac{1}{1,66} = 0,60$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{0,20}{10}} = 0,88$$

$$f = \frac{1}{0,88} = 1,13$$

Imagen 18. Ejemplo de algunos cálculos elaborados por E1 en la sesión dos de la simulación del péndulo del Phett.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{30}{10}} \rightarrow T = 2\pi\sqrt{3} = 2\pi \cdot 1,7 = 10,86$$

$$m = 30 \text{ kg} \quad k = 10 \text{ N/m}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{30}{5}} = 2\pi \cdot 1,095 = 6,892$$

Imagen 19. De arriba a abajo cálculos elaborados por E1, E2, y E3 en la simulación del SMR de la sesión tres.

Por otro lado, según se vio en la categoría anterior cuando se pregunta por situaciones específicas donde se debe intuir la respuesta a partir de la relación cuadrática, en las que por ejemplo se aumenta el periodo cierta cantidad y que sucede con la otra magnitud, los estudiantes no logran resolver estas situaciones de manera adecuada; por ejemplo, cuando se indaga sobre ¿qué debo hacer con la longitud de un péndulo para reducir su periodo $T/2$?

E1 “se debe reducir la longitud a $L/2$ para mantener la proporción”

E2 “reducir la longitud a la mitad”

E3 “Reducir la longitud poco más de la mitad”

Por otro lado, en una pregunta donde se indaga que pasaría si se lleva un péndulo a un planeta donde el periodo se duplica, en el cual E1 es el único estudiante en responder adecuadamente “Debe tener una gravedad menor para que tiempo de movimiento sea más lento, 4 veces”.

Otro elemento a destacar es el reconocimiento de las gráficas de posición, velocidad, y aceleración en el SMR en el uso de la simulación SHM 08, al respecto en la misma aplicación responden de manera adecuada cuando se realizan preguntas sobre los máximos, mínimos y ceros de estas tres magnitudes en el SMR identificando de manera adecuada como son estas en cierto tiempo, por ejemplo, E3 “a la posición ser cero la velocidad es máxima porque la velocidad en los extremos disminuye en cambio en el centro la velocidad se mantiene al máximo”, E2 “la velocidad es cero mientras que la aceleración y posición es máxima pero con signo diferente a la velocidad”, E1 “Cuando la masa tiene velocidad máxima, la posición y aceleración son cero”, este aspecto también es reconocible cuando se les pide dibujar estas tres magnitudes posición, velocidad y aceleración con colores diferentes (ver imagen 20). Otro aspecto importante es el reconocimiento por parte de E1 y E3 respecto a las expresiones para la energía cinética y potencial en el SMR, siendo la respuesta de E1 la más aproximada según su *post stick* “ E_k es la energía cinética, es máxima en la mitad del movimiento, y mínima en los extremos”. Respecto a la caricatura, la cual se abordó en la categoría anterior, no se evidencian elementos dicentes sobre la apropiación del lenguaje de los movimientos oscilatorios.

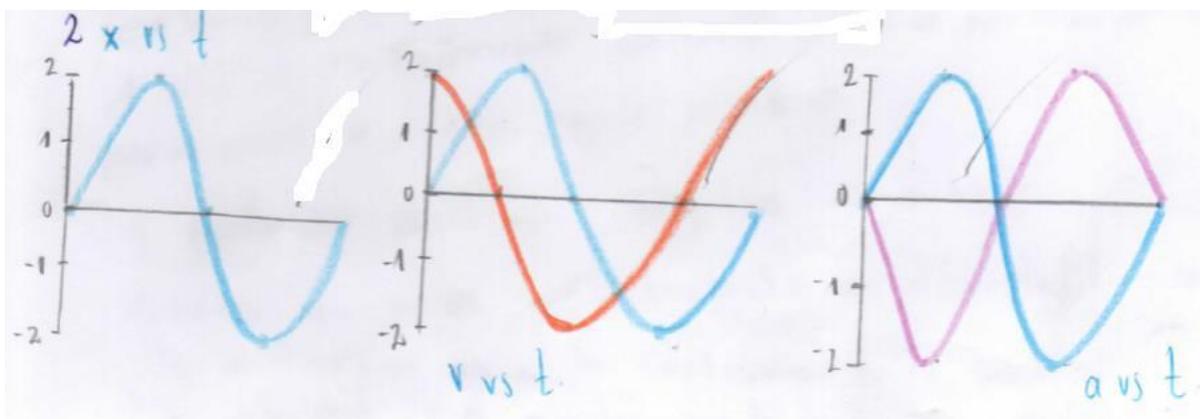


Imagen 20. Esquema de las gráficas de posición, velocidad, y aceleración de un SMR, elaborado por E1 en la sesión cuatro de la fase de uso de aplicaciones.

Para esta fase se logra ver entonces como los estudiantes logran un alcance en el uso de expresiones matemáticas para determinar algunos elementos propios del movimiento pendular, o del SMR, sin embargo, parece ser un conocimiento más de índole mecánico, ya que cuando se indaga por situaciones relacionales entre magnitudes, como que pasa si x magnitud aumenta x veces, no logran resolverlas de manera adecuada. Además, en la segunda sesión interactúan con la gravedad simulando el movimiento pendular en otro planeta, reconociendo que esta

magnitud tiene una relación inversa con el periodo, elemento que se integra a su léxico o simbología de este movimiento.

También se logran identificar elementos nuevos del lenguaje cuando E1 reconoce la manifestación de las energías en el SMR a través de una de las simulaciones, esto también contrasta con lo que expone Sharples (2009) respecto a la movilización de la tecnología y la movilización conceptual en la medida que algunas simulaciones o aplicaciones permiten la exploración de nuevos conceptos, también se evidencia apropiación simbólica cuando aquí exponen un conocimiento ya adquirido de la fase anterior respecto a la identificación de los vectores posición, velocidad y aceleración, en este aspecto los tres estudiantes lo logran identificar de manera adecuada.

En la fase de cierre los elementos que se pueden extraer como contribución a la categoría parten principalmente del mapa mental, y de la entrevista final, del cuestionario se destacan algunos. Por ejemplo, del mapa mental se destaca que E1 logra relacionar bien los conceptos y los logra relacionar alrededor de una idea central de manera adecuada (ver imagen 12 expuesta en la categoría anterior), E2 sin embargo, los expone de manera aislada sin establecer una relación entre ellos (ver imagen 21), E3 por otro lado establece bien algunas relaciones entre conceptos, se equivoca al relacionar la expresión del SMR con el del péndulo (ver imagen 22).

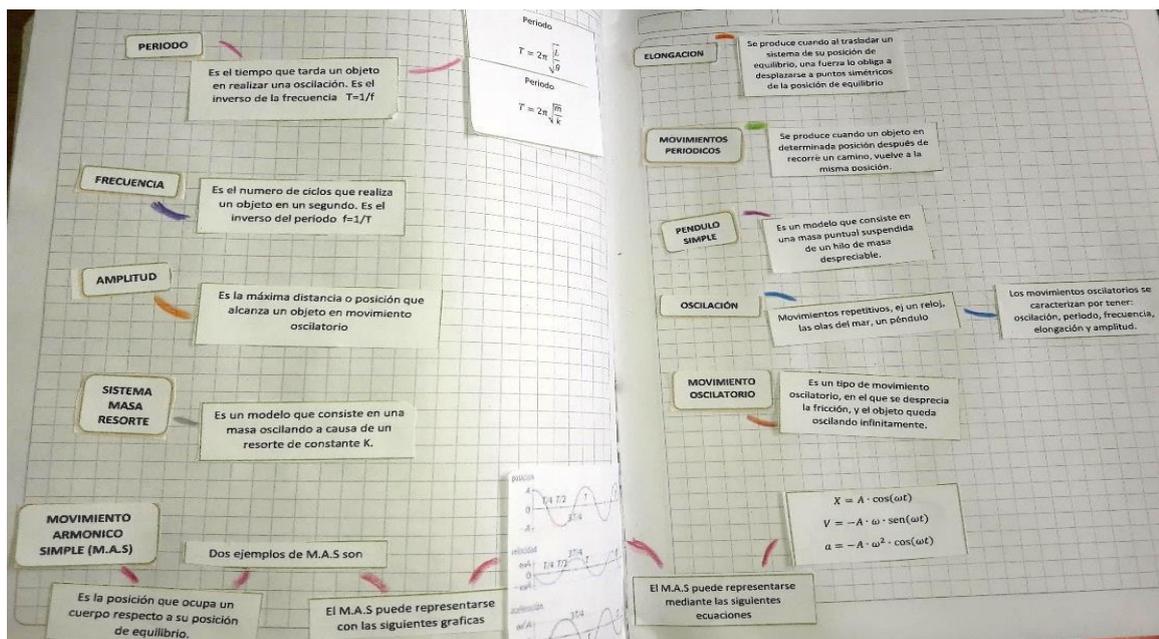


Imagen 21. Mapa mental elaborado por E2.

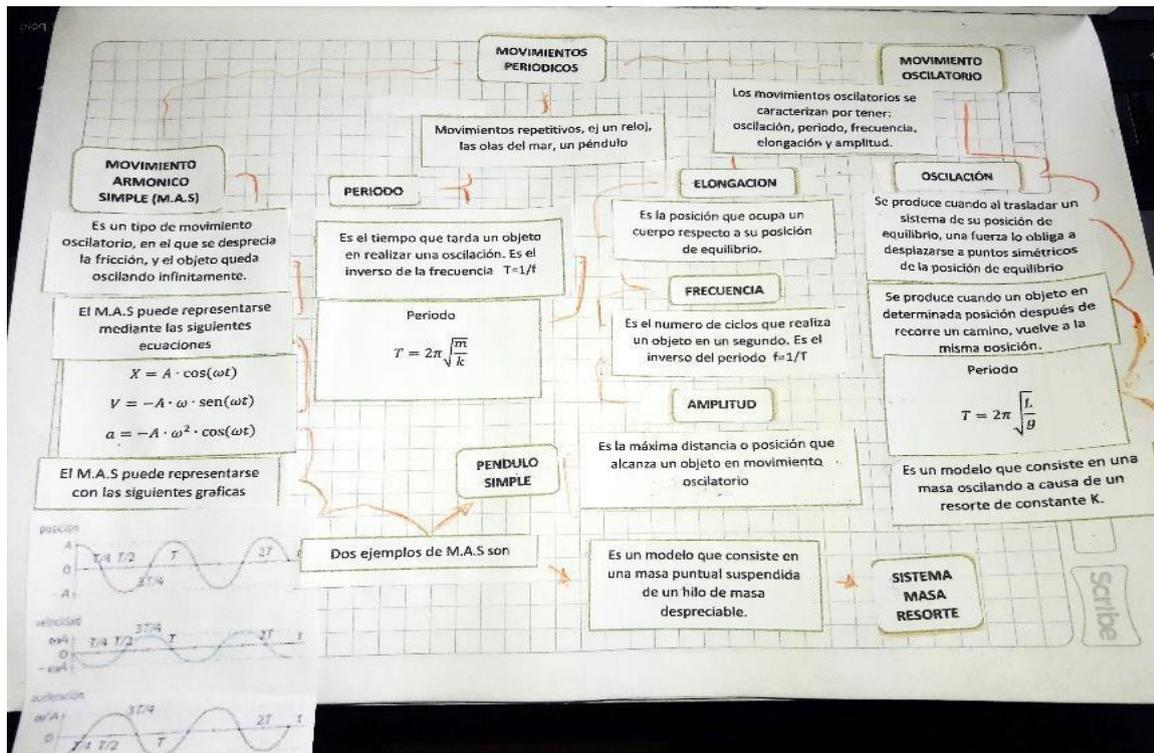


Imagen 22. Mapa mental elaborado por E3

En el cuestionario solo se logran evidenciar algunos elementos de valor simbólico y de conocimiento teórico respecto a los movimientos oscilatorios, por ejemplo, cuando en la siguiente afirmación se pide completar, en cualquier objeto que describa un movimiento armónico simple se cumple que mientras aumenta la elongación disminuye la velocidad, afirmación que solo responde adecuadamente E3, también, E1 y E3 describen de manera adecuada que para un péndulo de periodo 1 segundo su frecuencia es 1 Hz, los tres estudiantes están de acuerdo en que para disminuir el tiempo de oscilación de un péndulo se debe disminuir la longitud de su cuerda. Y E1 es la única en representar las magnitudes posición, velocidad y aceleración, de manera adecuada diversos momentos de un SMR (ver imagen 23).

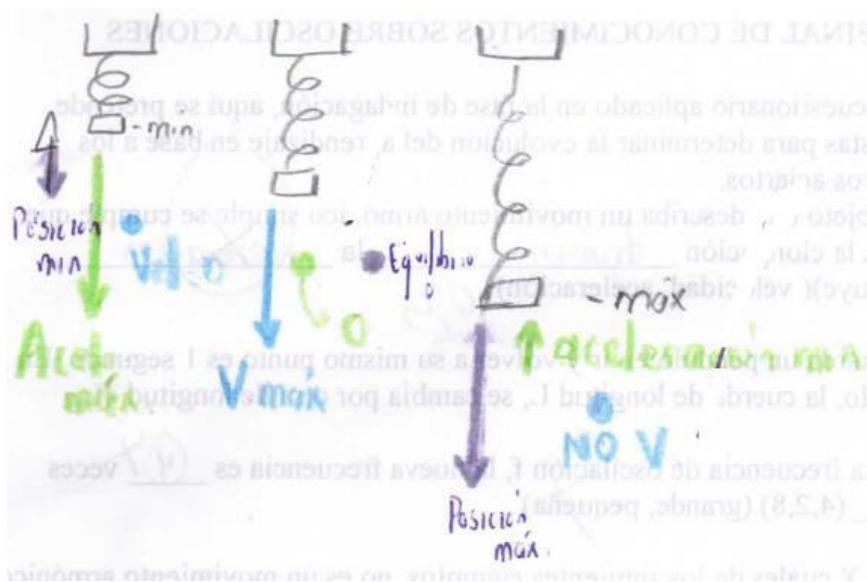


Imagen 23. Esquema elaborado por E1 para representar diversas situaciones del movimiento en el SMR.

En la entrevista se evidencian algunos aspectos particulares, cuando se pregunta ¿Qué es movimiento oscilatorio?, E1 responde “es un movimiento que tiene frecuencia, periodo... por ejemplo, el péndulo que hace oscilaciones seguidas”. Cuando se indaga sobre el péndulo y su movimiento, el único en responder que solo depende de la longitud fue E2 “es un peso lleva de un lado a otro, lo que lleva es lo que mide la cuerda, pues, entre más corta más rápido va hacer los movimientos, entre más larga va ser más lento o más demorado”, los otros dos estudiantes lo relacionaron con la longitud y la masa.

Respecto al SMR E1 y E3 son los únicos en afirmar que este depende de la masa y la constante del resorte, ejemplo, E1 “es una masita que uno la podía variar y un resorte que era según la constante de elasticidad creo que se llama, que mientras más duro era el resorte más rápido iba a ser el movimiento, en cambio, mientras más blando el resorte se movía mucho más lento por decirlo así... allí el periodo dependía de la masa, que era directamente proporcional, jajaja creo, es decir que si la masa aumenta el periodo disminuye, a no perdón, aumenta”. En la parte final de la entrevista se les entrega unos papelitos con conceptos y definiciones, por ejemplo, oscilación, frecuencia, amplitud, periodo, SMR, péndulo, entre otros, de los cuales quien logra asociar correctamente dichos conceptos en su totalidad es E1.

Para terminar, se puede decir que en relación con el aporte a la apropiación del lenguaje, en la segunda fase fue donde se identificaron alcances considerables ya que fue allí donde los estudiantes identificaron elementos conceptuales como MAS, oscilación, frecuencia, periodo,

amplitud, movimiento pendular y sus magnitudes características, SMR y sus magnitudes características, entre otros.

En la fase nuclear de esta intervención con el uso de aplicaciones se favorecen algunos elementos, como por ejemplo el hecho de que una de las simulaciones permito identificar y manipular la magnitud gravedad, elemento que en la vida real es complejo de simular, allí los estudiantes dieron cuenta de la dependencia del periodo y la gravedad, también durante esta fase algunos estudiantes como E1 lograron identificar la relación entre energía cinética y potencial y como varia está en el SMR; cabe destacar que este elemento conceptual fue adquirido netamente en esta fase ya que en la fase de presentación no se abordó, así que se considera un elemento importante de las aplicaciones contributivo al principio del lenguaje.

Finalmente, desde una mirada de cada caso, el estudiante a quien mejor favoreció el principio del lenguaje fue a E1 toda vez que fue este quien a pesar del pasar del tiempo su léxico científico respecto a estos movimientos tuvo gran significancia, ya que, en sus respuestas finales, y la manera como relacionó adecuadamente los conceptos y definiciones dan cuenta de este aporte.



Imagen 24. Algunos estudiantes interactuando con la aplicación Physics at school



Imagen 25. Estudiantes interactuando con la simulación PHET



Imagen 26. Estudiantes interactuando con la simulación del SMR Physics at school.



Imagen 27. Estudiantes interactuando con la simulación SHM 08 SMR

7. CONCLUSIONES

La propuesta deja ver según el análisis de la información, que realizar una propuesta de enseñanza basada en los principios de la TASC y el M-Learning puede favorecer el aprendizaje de fenómenos físicos y especialmente el de los movimientos oscilatorios, muchos de los elementos de aprendizaje que se hallaron sucedieron en momentos o fases donde se favorecía el uso de dispositivos móviles. Elementos del M-Learning como la movilización conceptual, y tecnológica, fueron los que más relevancia tuvieron en cada una de las actividades y fases, ya que, en cada espacio de aprendizaje donde las aplicaciones jugaban un papel central los estudiantes afrontaban nuevos conceptos, esquemas, formalismos matemáticos entre otros, en muchas de las aplicaciones los estudiantes interactuaban con variables lo que permitía una visualización del fenómeno y comprenderlo de forma adecuada.

Por otro lado, el diseño de la propuesta en cada una de sus fases pudo mostrar como favorecía en cierto aspecto lo que se pretendía encontrar de cada categoría, Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al principio de la interacción social y el cuestionamiento, Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje, Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles con base a la apropiación del lenguaje sobre movimientos oscilatorios.

Cada una de las actividades mostraba algún elemento en el que los estudiantes se debían plantear cuestiones e interrogantes, desarrollar elementos conceptuales y enriquecer su lenguaje o simbología, a través de la manipulación de magnitudes físicas ya sea en prácticas reales o en simulación con aplicaciones que era el grueso de la propuesta, igualmente reconocer elementos previos que estuvieran desfasados con los establecidos por la teoría, favoreciendo los principios del desaprendizaje y el aprendizaje por error. Cabe destacar sin embargo que la propuesta resulta un poco extensa para lo que pretendía, y en este sentido fatigante, esto se evidencia en que al final, muchas de las respuestas dadas por los estudiantes parecieran no concordar con los aprendizajes obtenidos en las fases centrales.

En Cuanto a las evidencias de aprendizaje en relación con el movimiento pendular y sistema masa resorte, a la luz de los principios de la TASC y su relación con el M-Learning, se analizaron desde tres categorías que surgen de la relación entre estos dos conceptos teóricos,

mencionadas en el párrafo anterior, donde según el análisis del capítulo anterior se encuentran algunos elementos de valor.

Según las evidencias analizadas en relación al aporte de la propuesta al principio de interacción social y del cuestionamiento, se hallaron elementos como el hecho de que durante la intervención y al final, los estudiantes a pesar de su nivel bajo en relación con la capacidad de formular preguntas, se cuestionaban por algunos elementos teóricos referentes a los movimientos oscilatorios y específicamente los movimientos pendular y Sistema Masa Resorte SMR, también sobre cuestiones como qué magnitudes o variables influyen en estos o por qué algunas de estas magnitudes nunca juegan un papel trascendental, como lo planteaba E1 a quien siempre le inquieto por qué el movimiento pendular no dependía de la masa. En esta categoría se deja también entrever elementos del M-Learning como la movilización del conocimiento toda vez que en cada una de las actividades incluidas también en las que se usa los dispositivos móviles se establecen intercambios de conceptos y exploración de estos a través de la experimentación o simulación experimental, sin embargo, la movilidad social solo se favorece mayoritariamente desde el espacio físico ya que el grueso de las actividades se dan en el espacio social del aula, o del laboratorio.

En cuanto al aporte al Principio del aprendizaje por error y el desaprendizaje se evidenciaron elementos como el reconocimiento de elementos teóricos que en un principio eran desconocidos, por ejemplo, como E1 estudiante que al final de la propuesta reconocía conceptos físicos como oscilación, periodo, frecuencia, elongación, amplitud, sistema masa resorte, entre otros, elementos que en un principio eran desconocidos por muchos, otro elemento es que se enfrentaron a elementos conceptuales como la no dependencia de la masa del movimiento del péndulo, que un principio mencionaban dependía de esta, este concepto de alguna forma lo confrontaron a la hora de experimentar con el péndulo real, y también al experimentar con dos de las aplicaciones, y darse cuenta que efectivamente no dependía de la masa. Por otro lado, también con la experimentación de dos aplicaciones reconocieron que en el SMR el periodo o frecuencia de este además de depender de la masa dependía de la constante de elasticidad, magnitud que no es mencionada en un principio por los estudiantes en este movimiento.

También en las simulaciones reconocieron el hecho de que el movimiento pendular tenía una dependencia con la gravedad, hecho que de alguna forma confrontaron al interactuar con una

de las aplicaciones en las que podían modificar la gravedad del sistema. Otro elemento que reconocieron durante la intervención es que el movimiento del SMR dependía de la condición del resorte como lo llamaron algunos, es decir de la constante de elasticidad, esto lo pudieron identificar al experimentar con resortes reales en la fase de presentación y estructuración del conocimiento, y lo volvieron a corroborar cuando interactuaron con una de las aplicaciones.

En la categoría **Aporte de la propuesta basada en aplicaciones móviles al aprendizaje de movimientos oscilatorios con base en el principio del aprendizaje por error y el principio del desaprendizaje**, también se favorecieron algunos elementos del M-Learning como la Movilidad de la tecnología toda vez que, fue con las aplicaciones donde los estudiantes pudieron reconocer algunos elementos de valor conceptual, como la no dependencia de la masa del movimiento pendular, la dependencia de la gravedad del mismo movimiento, o la influencia de la masa y la constante de elasticidad en el SMR, también se puede reconocer elementos aportantes a la movilización conceptual ya que muchos de los elementos que ellos consideraron suficientes para el desaprendizaje surgieron del uso de las aplicaciones como los mencionados anteriormente. Cabe resaltar que, aunque las aplicaciones sirvieron para movilizar estos conceptos y que los estudiantes tomaran sus conceptos iniciales y reconocieran aquellos que les servían para la comprensión de estos movimientos, al final en la fase de cierre pareciera que los elementos previos tuvieran mayor fuerza cognitiva que los transformados, ya que vuelven y surgen algunos conceptos desfasados de la teoría como la dependencia de la masa con el péndulo.

Finalmente, en cuanto al aporte al principio de la apropiación del lenguaje, también se dejaron ver algunos elementos valiosos, como el hecho de que algunos conceptos o definiciones se convirtieron en parte de su repertorio lingüístico a la hora de explicar un fenómeno, o en el hecho de poder identificar una gráfica en relación con el movimiento que estuvieran analizando. Por ejemplo, el hecho de que al final de la propuesta los estudiantes ya hablaran con propiedad de lo que era una oscilación, o que significaba el periodo o frecuencia de un movimiento, el hecho de que pudieran explicar de alguna manera en que consistía un movimiento pendular o un SMR, es muestra de la apropiación del lenguaje, también el hecho de explicar una gráfica y determinar que una magnitud depende de la otra de manera exponencial, o que al mostrarles en una aplicación una gráfica de posición, velocidad, y aceleración estos pudieran identificarlas y decir cuáles eran sus máximos y mínimos.

El mapa mental elaborado al final es una muestra de esto, al menos, por parte de uno de los estudiantes quien reconoce y define bien cada uno de los conceptos en dicha actividad. Aquí el M-Learning también jugó un papel trascendental toda vez que algunos de estos elementos de reconocimiento simbólico se dieron gracias a la interacción con las simulaciones, elementos como la identificación de máximos y mínimos del movimiento del SMR, o cuando reconocieron a través de la aplicación del movimiento pendular dependía también de la gravedad, favoreciendo así lo propuesto por Sharples en cuanto a la movilización conceptual y tecnológica del M-Learning.

8. RECOMENDACIONES

Esta investigación, aunque deja algunos aciertos en cuanto a elementos de aprendizaje significativo que se analizaron en las tres categorías mencionadas antes, en relación con los movimientos oscilatorios y específicamente el movimiento pendular y sistema masa resorte SMR, deja también otros elementos que pudieran tenerse en cuenta para una futura investigación o aplicación en el aula de clase de física.

La propuesta fue algo pretenciosa, por cuanto quiso realizar un análisis de aprendizaje de dos movimientos oscilatorios el pendular y el SMR, al final los estudiantes y hasta el mismo investigador se mostraban agotados y desmotivados por cuenta de la extensión de las diversas fases, incluso E1 en una de las apreciaciones de la entrevista final dice “me parece muy buena la forma, pero yo creo que todo en exceso es malo, entonces creo que, si se puede implementar, pero no totalmente, se puede usar, pero con un límite, ósea usar otras formas también”. Y aunque a los estudiantes les pareció en un principio interesante y atractivo trabajar con dispositivos móviles, al final uno de los estudiantes de en la última actividad con simulaciones dijo, E2 “Profe, otra vez esto”. Este es entonces un ejemplo que esta propuesta se debe hacer más compacta y no ser pretencioso, sino que, tratar de abordar solo un tipo de movimiento, por ejemplo, el péndulo y centrar toda la propuesta en este.

Otro elemento, que en un principio se pensó en abordar fue el de la construcción por parte de los estudiantes de una aplicación o simulación por medio de un software como *Processing*, sin embargo, en esta propuesta tuvo que ser remplazada con la creación de la caricatura ya que el

acceso a la sala de computo era muy restringido y la premura del tiempo no permitió elaborar esta parte de la propuesta, sería interesante ver en un proyecto futuro como abordan los aprendizajes los estudiantes a través de la creación de una simulación o laboratorio virtual del péndulo o SMR.

Fue también pretencioso tratar de abordar los elementos introductorios de la fase de presentación y estructuración del conocimiento casi que a la par con las actividades, por el afán de proseguir con el núcleo de la propuesta con el uso de aplicaciones, se recomienda en futuras intervenciones que antes de introducir cualquier actividad experimental se expliquen bien a los estudiantes algunos elementos conceptuales o teóricos, aunque esto choca un poco con lo que propone Moreira, pero un poco de introducción conceptual antes de empezar la propuesta pudiera facilitar un poco las actividades para los estudiantes.

Otro elemento que no se tuvo en cuenta y que bien se pudo haber pensado fue el de la introducción de una graficadora como GeoGebra para la realización de las gráficas de Periodo versus Longitud, o versus masa, en la fase de presentación y estructuración del conocimiento, ya que en esta fase el uso de dispositivos móviles fue exiguo, y bien se pudiera aquí valorar como influye este elemento digital para la interpretación de graficas por parte del estudiante.

Por último, un elemento que no se tuvo en cuenta en ninguna fase fue el de la relación del concepto de energía con estos movimientos, dicho elemento fue develado por uno de los estudiantes en una de las aplicaciones cuando se preguntó que eran las gráficas de E_k , y E_p en esta, luego ese mismo estudiante se responde que es la energía ya que se atreve a consultar sobre estas y lo relaciona con lo visto en meses anteriores en energía mecánica, es necesario entonces en alguna de las fases o antes de la intervención explicar la relación entre energía mecánica y los movimientos oscilatorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarenga Monteiro, M. A. (2016). O uso de tecnologias móveis no ensino de física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 16(1), 1-15.
- Amadeu, R., & Leal, J. P. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 31(3), 177-188.
- Amrani, D., & Paradis, P. (2010). Use of computer-based data acquisition to teach physics laboratories: case study-simple harmonic motion. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(3), 6.
- Arias Gil, V. (2016). Las TIC en la educación en ciencias en Colombia: una mirada a la investigación en la línea en términos de su contribución a los propósitos actuales de la educación científica (Tesis de Maestría). Universidad de Antioquia, Medellín.
- Ausubel, D. (1963). La psicología del aprendizaje verbal significativo. *Una introducción al aprendizaje escolar*, Nueva York/Londres.
- Bonilla-Castro, E. Rodríguez.(2008). *Más allá del dilema de los métodos: la investigación en ciencias sociales.*(Tercera Edición). Bogotá Colombia: Editorial Grupo Normas.
- Bonventi Jr, W., & Aranha, N. (2015). Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do " Tracker". *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(2).
- Bouciguez, M. J., & Santos, G. (2010). Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.*, 7(1), pp. 56-74.

- Calderón, S. E., Núñez, P., Di Laccio, J. L., & Iannelli, L. M. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 212-226, 2015.
- Calderón, S., Núñez, P., & Gil, S. (2009). La cámara digital como instrumento de laboratorio: estudio del tiro oblicuo. *Latin American Journal of Physics Education*, 3, 87-92.
- Campanario, J. M., & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 179-192.
- Campanario, J. M., & Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de Ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 18(2), 155-169.
- Campelo, A. J. R. (2003). Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(1), 86-104.
- Castiblanco, O., & Vizcaíno, D. (2008). El uso de las TICs en la enseñanza de la Física. *Universidad Libre de Colombia, Revista Ingenio Libre*, 7, 20-26.
- Cisterna Cabrera, F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *theoria*, 14(1).
- Colomer-Pascual, C. (2015). Aplicación de m-learning para alumnado con capacidad intelectual límite en el área de matemáticas en primaria (Trabajo de grado), UNIR Universidad Internacional de la Rioja, España .
- Correa Almeida, T., De Carvalho Dias, E., & da Silva Julião, A. (2017). Um laboratório portátil de baixo custo: medição de g utilizando um pêndulo e a placa Raspberry Pi. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 590-602.

- Da Rocha, F. S., Maranghello, G. F., & Lucchese, M. M. (2014). Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de física em tempo real. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 31(1), 98-123.
- Da Silva Macêdo, F. C., & Barrera Kalhil, J. (2015). Tecnologias digitais computadorizadas contribuem com o ensino de Física?. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol*, 9(1), 1501-2.
- De Jesus, V. L. B., & Barros, M. A. J. (2014). The multiple faces of the dance of the pêndula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(4), 01-07.
- De Jesus, V. L. B., & Sasaki, D. G. G. (2016). Uma visao diferenciada sobre o ensino de forças impulsivas usando um Smartphone. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(1), 1303.
- De Luca, R., & Ganci, S. (2011). A measurement of g with a ring pendulum. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 33(3), 1-5.
- Di Laccio, J. L., Vitale, G., Alonso-Suárez, R., Pérez, N., & Gil, S. (2017). Estudio del efecto Doppler utilizando teléfonos inteligentes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14 (3), 637–646.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- Domingo, M., & Marques, P. (2011). Aulas 2.0 y uso de las TIC en la práctica docente. *Comunicar: Revista científica iberoamericana de comunicación y educación*, (37), 169-175.
- Donizetti Kielt, E., Rutz da Silva S., & Feisser Miquelin A. (2017). Implementacao de um aplicativo para smartphones como sistema de votacao em aulas de Física com Peer Instruction. *Pesquisa em Ensino de Física*, 39(4).

- Elizondo Treviño, M. D. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, 3(5), 70-77.
- García Barneto, A., & Bolívar Raya, J. P. (2008). Efecto de las simulaciones interactivas sobre las concepciones de los alumnos en relación con el movimiento armónico simple. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 7 (3), 2008, 681-703.
- García T., C., & Barojas W., J. (2012). Experimental physics through the Internet. *Lat. Am. J. Physic. Educ. Vol*, 1(248), 6.
- Ghiso, A. (1999). Acercamientos: el taller en procesos de investigación interactivos. *Estudios sobre las culturas contemporáneas*, (9).
- Gil Pérez, D., Furió-Mas, C., Castro, P. V., Salinas, J., Torregrosa, J. M., Aranzabal, J. G., ... & de Carvalho, A. M. P. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(2), 311-320.
- Gil, S., & Di Laccio, J. (2017). Smartphone una herramienta de laboratorio y aprendizaje: laboratorios de bajo costo para el aprendizaje de las ciencias. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(1), 5.
- Guzman Cruz, H., Dominguez Mota, F., & Vega Cabrera, J. (2012). Some experiences using ITC based course materials for teaching high school Physics at the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol*, 1(231), 6.
- López-Mariño, M. A., Hernández-Olvera, J. A., Barroso, L. A., & Caballero, J. C. (2017). Cómputo simbólico y gráfico: estudio del sistema masa-resorte. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 39(2).

- Lopez-Ríos, S. Y. (2014). El aprendizaje significativo crítico. *Cuadernos de pedagogía*, (448), 58-59.
- López, S., Veit, E. A., & Araujo, I. S. (2014). La formulación de preguntas en el aula de clase: un a evidencia de aprendizaje significativo crítico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 20(1), 117-132.
- Lucatto, B., Caprecci, M. B., Gonçalves, J. V. A., & Sismanoglu, B. N. (2014). Máquina de Atwood com massa variável em movimento oscilatório atípico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(2), 2503.
- Martínez, L. (2007). La observación y el diario de campo en la definición de un tema de investigación. *Revista perfiles libertadores*, 4, 73-80.
- Martínez Pérez, J. E. (2015). Obtención del valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio de física. Experiencia comparativa del sensor de un teléfono celular inteligente y el péndulo simple. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(2).
- Matar, M., Parodi, M. A., Repetto, C. E., & Roatta, A. (2018). Modelización lineal de un sistema masa-resorte real. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 40(2).
- Monteiro, M., Cabeza, C., & Martí, A. C. (2015). Acceleration measurements using smartphone sensors: Dealing with the equivalence principle. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(1), 1303.
- Moreira, M. A. (2005). Aprendizaje significativo crítico. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102.
- Moreira, M. A. (2010). Aprendizaje significativo crítico 2da edición. *Indivisa: Boletín de estudios e investigación*, (6), 83-102.

- Moro F. T., Neide I. G., & Hepp Rehfeldt M.J. (2016). Atividades experimentais e simulações computacionais: integração para a construção de conceitos de transferência de energia térmica no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 987-1008.
- Moura da Silva, O. H., De Mello Arruda, S., Laburú, C. E., & Silicz, E. A. B. (2013). Pêndulo de Wilberforce: uma proposta de montagem para ambientes educativos informais e laboratórios didáticos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 409-426.
- Najera O.J. L.. (2010). La computadora en el salón de clases: una perspectiva didáctica para la enseñanza del movimiento rectilíneo uniforme. *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), 5.
- Nascimento, J. P. G., & Guedes, I. (2014). Osciladores clássicos com massa dependente da posição. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(4), 4308.
- Netto Suave, R., & Nogueira, J. A. (2016). Uma discussão sobre as aproximações na determinação do período máximo de um pêndulo simples. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2), e2501.
- Pontes-Pedrajas, A. (2005). Aplicaciones de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 2(1).
- Portal Educativo Colombia Aprende. (2018). Tomado de : <http://aprende.colombiaaprende.edu.co/es/sobre-colombia-aprende/sobre-nosotros>. (27 de septiembre de 2018).
- Puente-Serrano, I., Gullaron, J.J., & Gerrero, F. (2009). La computadora como medio de enseñanza, una herramienta para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en la enseñanza preuniversitaria. *Latin-American Journal of Physics Education*, 3(2), 41.

- Rezende, F., Ostermann, F., & Ferraz, G. (2009). Ensino-aprendizagem de física no nível médio: o estado da arte da produção acadêmica no século XXI. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(1), 1402.
- Riposati Arantes, A., Santos Miranda, M. & Studart, N. (2010). Objetos de aprendizagem no ensino de física: Usando simulacoes do PHET. *Física na Escola*, v. 11, n. 1.
- Romero, O., & Bautista, M. (2011). Hipertexto física 2. *Editorial Santillana*. Bogotá, Colombia.
- Sampieri, F., Collado C. F., Baptista L, P. (2014). *Metodología de la Investigación*, 6 ed, Mexico D.F., Mc Graw Hill editores.
- Sánchez Gamboa, S. (1998). Fundamentos para la investigación educativa: presupuestos epistemológicos que orientan al investigador.
- Sharples, M., Arnedillo-Sánchez, I., Milrad, M., & Vavoula, G. (2009). Mobile learning. In *Technology-enhanced learning* (pp. 233-249). Springer, Dordrecht.
- Silva, E. S. (2018). Estudo da relação entre o movimento circular uniforme e o movimento harmônico simples utilizando a videoanálise de uma roda de bicicleta. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 40(2).
- Silva Lopes, F., Netto Suave, R., & Nogueira, J. A. (2018). A review of liemar approximations for large oscillation amplitudes of a simple pendulum. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(3).
- Soares, A. A., Rodrigues Medina, R., Carboni, A., & Costa, F. W. (2016). Usando as tecnologias da informação no ensino de Física: o blog da Lua. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 33(3), 1094-1114.

- Souza E. de J., & De Mello L. A. (2017). O uso de jogos e simulação computacional como instrumento de aprendizagem: campeonato de aviões de papel e o ensino de Hidrodinâmica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 530-534.
- Stake, R. E. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Ediciones Morata. Madrid, España.
- Torres Climent, Á. L. (2009). Creación y utilización de vídeo digital y tics en física y química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 6(3), pp. 440-451
- Tsegaye, K., Baylie, D., & Dejne, S. (2010). Computer based teaching aid for basic vector operations in higher institution Physics. *Latin American Journal of Physics Education*, 4(1), 3-6.
- Unesco (2013). Aprendizaje móvil y políticas-Cuestiones clave. *Francia: UNESCO*.
Recuperado de
<http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/m4ed/publications>.
- Vasilachis, I. (2006). *Estrategias de Investigación Educativa*. Gedisa Editorial. Barcelona, España.
- Vicario, J., Chiecher, A. C., & Fernández, A. (2016). Las redes sociales como herramienta para favorecer el aprendizaje de la Física. *Latin-American Journal of Physics Education*, 10(4), 8.
- Viera L. P., Aguilar C. E. (2016). Mecanica com o acelerómetro de smartphones e tablets. *Física na Escola*, v. 14, n. 1.
- Wainmaier, C., & Salinas, J. (2005). Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica. *Revista de Enseñanza de la Física*, 18(1), 39-54.
- Zhang, Y. (2015). Analytic solution to the motion of mass-spring oscillator subjected to external force. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 37(4), 4314-1.

ANEXOS

ANEXO 1. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Consentimiento Informado para Participantes de Investigación

El propósito de esta ficha de consentimiento es proveer a los participantes, y acudientes o padres de los participantes, en esta investigación con una clara explicación de la naturaleza de esta, así como de su rol en ella como participantes.

La presente investigación es conducida por VICTOR JULIÁN LÓPEZ RAMÍREZ, estudiante de Maestría en Educación en Ciencias Naturales de la Universidad de Antioquia. La meta de este estudio es Analizar el aporte de una propuesta de enseñanza apoyada en aplicaciones móviles, para el Aprendizaje Significativo Crítico del movimiento pendular y sistema masa resorte, en estudiantes de grado once de la Institución Educativa Cristóbal Colón.

Si usted accede a participar en este estudio, se le pedirá responder preguntas en una entrevista (o completar una encuesta, o lo que fuera según el caso), realizar actividades, talleres y experimentos. Lo que conversemos o desarrollemos durante estas sesiones se grabará, de modo que el investigador pueda transcribir después las ideas que usted haya expresado.

La participación en este estudio es estrictamente voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera de los de esta investigación. Sus respuestas al cuestionario y a la entrevista serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

Si tiene alguna duda sobre este proyecto, puede hacer preguntas en cualquier momento durante su participación en él. Igualmente, puede retirarse del proyecto en cualquier momento sin que eso lo perjudique en ninguna forma. Si alguna de las preguntas durante la entrevista le parecen incómodas, tiene usted el derecho de hacérselo saber al investigador o de no responderlas.

Desde ya le agradecemos su participación.

Acepto participar voluntariamente en esta investigación, conducida por _____ . He sido informado (a) de que la meta de este estudio es _____

Me han indicado también que tendré que responder cuestionarios y preguntas en una entrevista o actividad.

Reconozco que la información que yo provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio sin mi consentimiento. He sido informado de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin que esto acarree perjuicio alguno para mi persona. De tener preguntas sobre mi participación en este estudio, puedo contactar a _____ al teléfono _____.

Entiendo que una copia de esta ficha de consentimiento me será entregada, y que puedo pedir información sobre los resultados de este estudio cuando éste haya concluido. Para esto, puedo contactar a _____ al teléfono anteriormente mencionado.

Nombre del Participante

Firma del Participante

Fecha

(En letra de imprenta)

Nombre del Acudiente

Firma del Acudiente

Fecha

(En letra de imprenta)

ANEXO 2. FORMATO PARA ENTREVISTA INICIAL

FECHA: _____

NOMBRES Y APELLIDOS _____

GRUPO: _____

OBJETIVO

Conocer gustos, y conocimientos, de los estudiantes con los cuales se llevará a cabo el estudio, sobre el aporte que las aplicaciones móviles de física puedan tener en el aprendizaje de movimientos oscilatorios.

1. ¿Cuéntame acerca de cómo te han enseñado ciencias (Biología, Química, Física)?
2. ¿Cuáles son las clases de física que más te gustan? Explica ¿por qué?
3. ¿Has interactuado con alguna aplicación móvil sobre ciencias o física? ¿Cuál o cuáles?
4. ¿Te gustaría que las prácticas de laboratorio fueran siempre virtuales o físicas?
5. Se muestra un péndulo oscilando. ¿Qué ves? ¿Qué características puedes deducir de este movimiento? ¿Dónde se mueve más rápido? ¿Que lo hará moverse? ¿Qué pasa si modifico la longitud?
6. Se muestra un sistema masa resorte. ¿Qué ves? ¿Qué características puedes deducir de este movimiento? ¿Dónde se mueve más rápido? ¿Que lo hará moverse? ¿Qué pasa si modifico la masa, o el resorte?
7. ¿Crees que se podría aprender mejor sobre los movimientos oscilatorios con la ayuda de una aplicación de celular? ¿Por qué?

ANEXO 3. ACTIVIDAD DIAGNÓSTICA

La siguiente actividad tiene como objetivo identificar los conocimientos previos sobre los conceptos de oscilaciones y movimiento armónico.

REFLEXIONA

1. De niño probablemente te llegaste a balancear en un columpio, ¿podrías explicar con tus palabras a qué crees que se debía este movimiento de vaivén?
2. El movimiento del columpio es similar al de un péndulo. ¿De qué crees que dependa el tiempo que tarda en ir y volver un péndulo?
3. Alguna vez has visto practicar el bungee jumping. ¿De qué forma oscila y que tanto se demora la oscilación del resorte si se lanza una persona delgada, comparado con el movimiento si se lanzara una persona con sobrepeso?
4. ¿De qué dependerá entonces la oscilación en un resorte?

RESPONDE

1. En cualquier objeto que describa un movimiento armónico simple se cumple que mientras aumenta la elongación _____ la _____ (aumenta, disminuye) (velocidad, aceleración)

2. El tiempo que tarda un péndulo en ir y volver a su mismo punto es 1 segundo. En ese mismo péndulo, la cuerda de longitud L , se cambia por otra de longitud $4L$.

Comparada con la frecuencia de oscilación f , la nueva frecuencia es _____ veces más _____ (4, 2, 8) (grande, pequeña)

3. Tacha con una X cuáles de los siguientes ejemplos, no es un movimiento armónico simple:

- A. Un péndulo
- B. Un objeto cayendo desde el 5 piso
- C. Un columpio
- D. Un resorte oscilando

- E. Un balón pateado hacia el arco
- F. Un ventilador girando
- G. Un vehículo moviéndose por una carretera.

4. Dibuja un sistema masa resorte en tres momentos cuando está arriba en su punto máximo, cuando está abajo en su punto mínimo, y en la mitad o posición de equilibrio. En cada dibujo y con colores distintos dibuja las flechas o vectores que representan la posición, la velocidad, y la aceleración.

En el Cristóbal Colón el rector instaló en los salones unos relojes de péndulo para que los profesores controlarán el tiempo de llegada de los estudiantes, y adicionalmente para que cada grupo supiera la hora exacta en la que se debe cambiar de clase. Cada péndulo de cada reloj cuya longitud es L oscila con un periodo de 1 segundo.

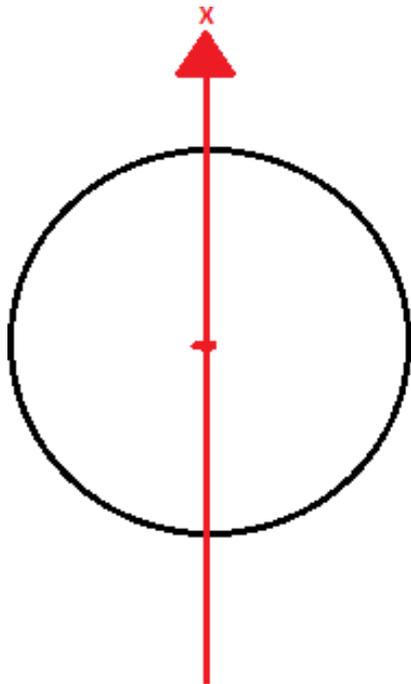
5. Cansado ya de escuchar a tu profesor de física, decides modificar la longitud del péndulo para que el cambio de hora sea más rápido, para lograr esto debes _____ (disminuir o aumentar) la longitud del péndulo.

6. En la anterior situación deseas que cada tic tac del péndulo no dure un segundo, sino medio segundo, para que esto suceda debes _____ (aumentar o disminuir) la longitud del péndulo _____ (dos veces o cuatro veces):

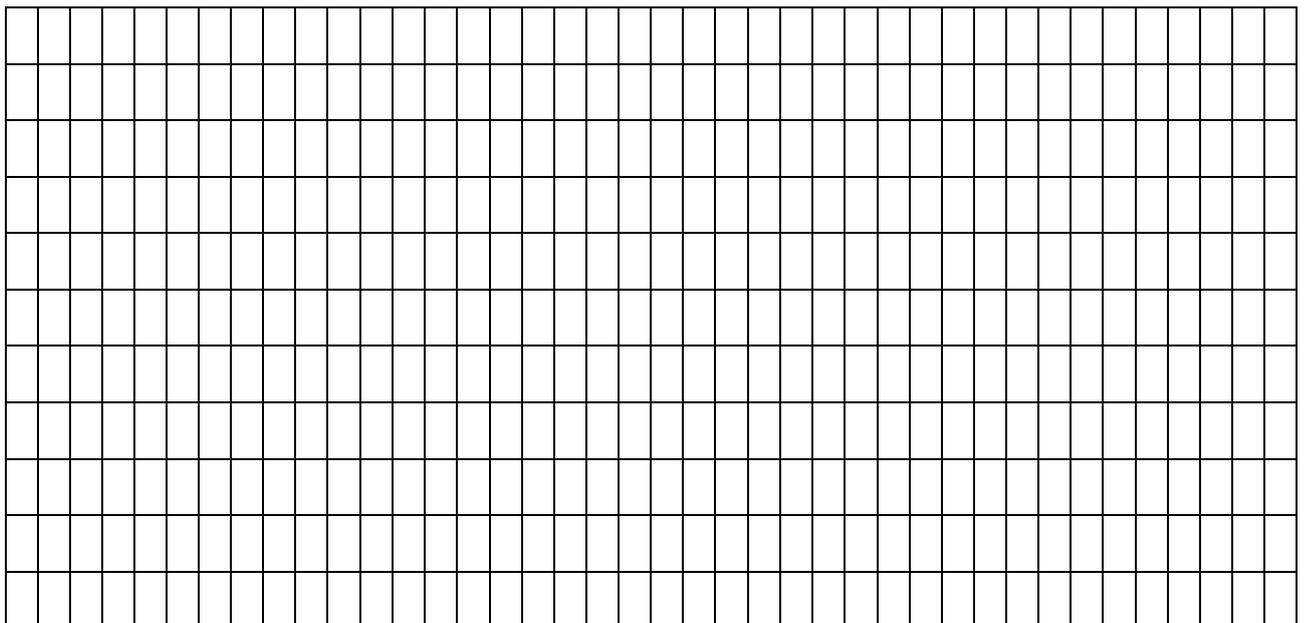
7. Imagina que llevas un péndulo a la luna donde la gravedad es seis veces menor que en la tierra. ¿Crees que afectará en algo el movimiento del péndulo, al estar en la luna? ¿Será más lento o más rápido?

ANEXO 4. GUÍA DE TRABAJO ECUACIONES Y GRAFICAS DEL MOVIMIENTO ARMÓNICO SIMPLE

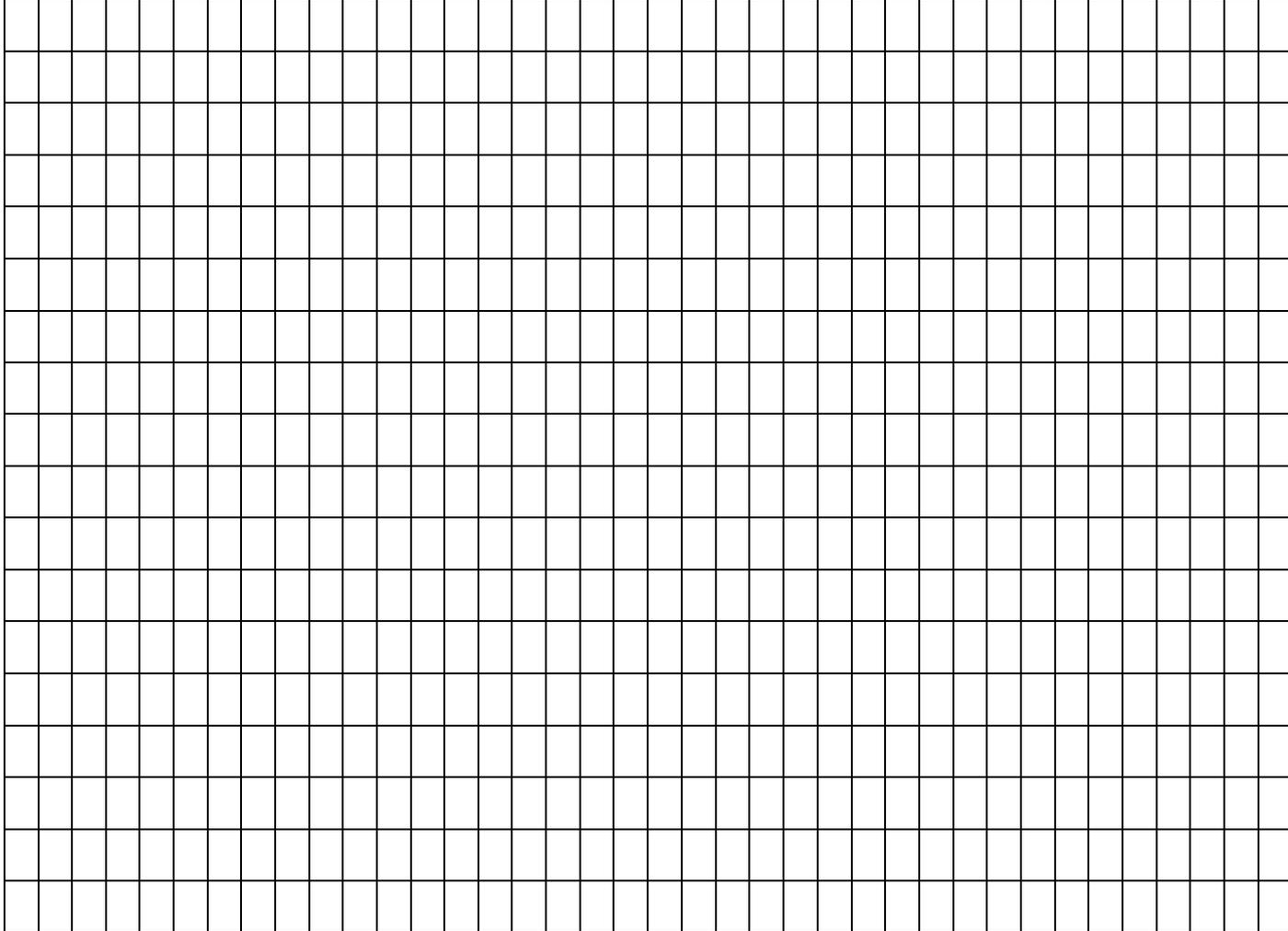
1. Dibuja en este círculo el radio, los vectores de posición, velocidad, y aceleración, para los ángulos de 45° , 90° , 180° , 270° , 360° . Escribe al lado las ecuaciones del movimiento armónico simple deducidas en clase



2. Graficas las relaciones de posición vs tiempo, velocidad vs tiempo, y aceleración vs tiempo, en la cuadrícula de abajo utiliza tres colores diferentes para cada gráfica.

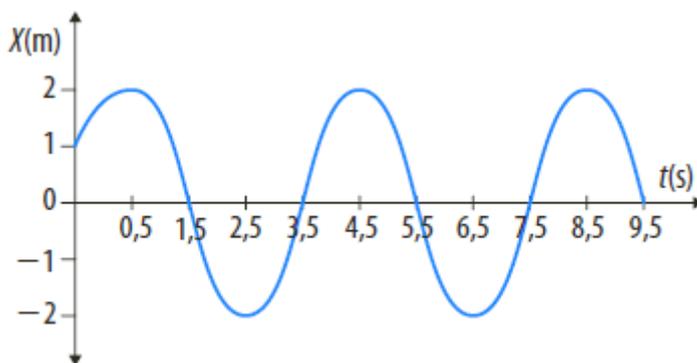


- c. Cuál es la posición, velocidad, y aceleración máxima de este pistón.
- d. Dibuja en una gráfica la relación de velocidad vs tiempo, y aceleración vs tiempo de esta situación (usa dos colores diferentes)



ANEXO 5. EJERCICIOS DE PRÁCTICA DE CONCEPTOS (TOMADOS DEL LIBRO FÍSICA 11 HIPERTEXTO, SANTILLANA)

1. Un resorte realiza 10 oscilaciones en 2 s. Calcula su frecuencia en hercios y su período de oscilación en segundos.
2. Un cuerpo experimenta un movimiento armónico simple (MAS) con un período de 2 s. La amplitud de oscilación es de 3 m. Si en el instante inicial se encuentra el objeto en uno de los extremos de la trayectoria, halla:
 - a. Las ecuaciones para la elongación, la velocidad y la aceleración del objeto.
 - b. La elongación, la velocidad y la aceleración cuando $t = 1$ s.
3. Un cuerpo experimenta un movimiento armónico simple de período 3 s y amplitud de oscilación de 1 m. Si al iniciar el movimiento el cuerpo se encuentra en el extremo negativo de la trayectoria, halla:
 - a. Las funciones respecto al tiempo de elongación, velocidad y aceleración.
 - b. La elongación, velocidad y aceleración cuando ha transcurrido un segundo.
4. Un móvil realiza un movimiento armónico simple de acuerdo con la ecuación con unidades en el SI. Halla:
 - a. La amplitud, velocidad angular, el período y la constante de fase del movimiento.
 - b. La velocidad y aceleración máximas.
5. La gráfica de elongación que se muestra en la figura representa un movimiento armónico simple.



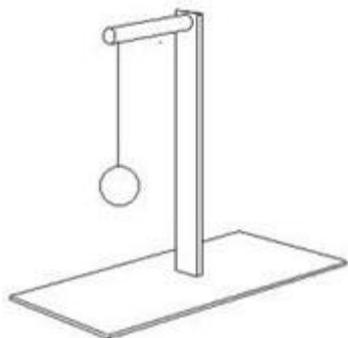
Con base en la información de la gráfica, halla la constante de fase y el período.

ANEXO 6. GUIA DE PRACTICA DE DEMOSTRACIÓN DEL PÉNDULO

Materiales: Soporte, Pita o cuerda delgada, cronómetro, metro, resortes de variadas constantes de elasticidad, masas.

DEMOSTRACIÓN PÉNDULO

Se ata una masa a una cuerda de más de un metro de longitud, y amarra el otro extremo a un soporte, asegura que la distancia entre el nudo del soporte y la masa sea de 1 m.



<http://fisica.ciens.ucv.ve/proyectosfisica/PenduloSimple/Contenido.html>

INICIO

1. ¿Qué preguntas te pueden surgir con este montaje del péndulo y su movimiento?

2. _____

3.

4.

HACER

1. Construye un péndulo de 20 cm y una masa, y mide su periodo de la siguiente manera:

Mide el tiempo de 10 oscilaciones, 5 veces.

Tiempo 1	
Tiempo 2	
Tiempo 3	
Tiempo 4	
Tiempo 5	

Ahora promedia esos 5 tiempos.

Tiempo promedio: _____

Ahora divide este valor por diez, ese sería el periodo de una péndulo de 20 cm.

Periodo: _____

2. Ahora repite lo anterior pero con un péndulo del doble de masa, y dejando la misma longitud 20 cm.

¿Qué crees que pasará?

Mide el tiempo de 10 oscilaciones, 5 veces.

Tiempo 1	
Tiempo 2	
Tiempo 3	
Tiempo 4	
Tiempo 5	

Ahora promedia esos 5 tiempos.

Tiempo promedio: _____

Ahora divide este valor por diez, ese sería el periodo de una péndulo de 20 cm, con el doble de masa.

Periodo: _____

¿Hubo algún cambio significativo con el periodo del péndulo respecto al primero?

3. Ahora vuelve a construir un péndulo de la misma masa del primer punto, pero con el doble de longitud 40 cm. Y repite los mismos pasos.

¿Qué crees que pasará ahora?

Mide el tiempo de 10 oscilaciones, 5 veces.

Tiempo 1	
Tiempo 2	
Tiempo 3	
Tiempo 4	
Tiempo 5	

Ahora promedia esos 5 tiempos.

Tiempo promedio: _____

Ahora divide este valor por diez, ese sería el periodo de un péndulo de 20 cm.

Periodo: _____

Qué conclusiones puedes sacar hasta aquí

Ahora copia la ecuación para el periodo de un péndulo demostrada por el profe.

Y verifica tus resultados con esta ecuación reemplazando la longitud y calculando su periodo.

Periodo 20 cm _____

Periodo 40 cm _____

Que preguntas te quedaron luego de finalizada la demostración

Que otra cosa le añadirías a la demostración y que sientes es importante

ANEXO 7. GUÍA DE PRACTICA DE DEMOSTRACIÓN SISTEMA MASA RESORTE

1. Se monta un sistema masa resorte como en la figura.



<http://www.estefmedical.pe/pe/index.php/2016-09-01-14-53-28/2016-09-01-14-55-03/2016-09-01-15-06-17/437-sistema-masa-resorte-ley-de-hooke>

Al igual que la demostración anterior se pregunta a los estudiantes que magnitudes se podría variar de este sistema, con base en su respuesta se procede a medir el tiempo de 10 oscilaciones (para obtener el periodo) versus las variables propuestas por los estudiantes, y se tabula, luego se le pide a los estudiantes que grafiquen estas variables en geogebra, y establecer qué tipo de relación matemática existe entre ellas.

Al final se pretende llegar a la relación periodo, masa y constante elástica, y explicar la misma.

Después de las dos secciones de presentación los estudiantes deberán responder una serie de preguntas orales (¿de qué depende el movimiento de un péndulo o sistema masa resorte?, ¿dónde se presenta su velocidad máxima y mínima?, ¿qué pasa cuando se modifican ciertas variables?) en las que se pretende contrastar el conocimiento previo y el nuevo después de la explicación. Además aquí también se pretende observar cómo ha evolucionado la familiarización del lenguaje matemático propio de estos movimientos.

ANEXO 8. ACTIVIDAD SIMULACIÓN péndulo simple (13) PHYSICS AT SCHOOL

1. RECONOCIMIENTO

Antes de realizar la actividad formal interactiva de manera libre con la simulación; cambia todas las variables del péndulo y observa qué pasa con cada uno de esos cambios, en la pestaña *view quantities* marca todas las opciones e identifica qué está midiendo cada una.

¿Cuáles variables identificaste y que miden estas?

¿Se pueden modificar todas? ¿Cuáles se pueden modificar?

¿Qué comportamiento tienen las gráficas cada que modificas las variables?

¿Qué preguntas te surgen con la situación que pensaste?

2. PRÁCTICA

- a. El experimento inicia con una longitud de 1m en el péndulo, intenta dibujar en la misma escala las gráficas de posición, velocidad y aceleración para esta longitud, anota también el periodo. Verifica este periodo con la expresión deducida en las clases pasadas de la relación entre el periodo y la longitud.
- b. Modifica la longitud a la mitad, y repite los pasos del literal a, observa la diferencia entre las gráficas de posición, velocidad, y aceleración, de ambas situaciones.
- c. Realiza una gráfica de Periodo vs Longitud (recuerda conservar la escala) para ello debes modificar la longitud y observar el periodo toma por lo menos 6 datos.

3. RESPONDE (para después de la práctica)

- a. A partir de esta práctica ¿cuáles de las preguntas que te planteaste se pueden responder? ¿Alguna quedó sin respuesta? Explica
- b. ¿Después de la práctica qué nuevas preguntas te surgen?
- c. Con base en lo que viste en la simulación. ¿Si tuviera un péndulo de cierta longitud en la tierra y duplicó su longitud, que pasará con el periodo?

- d. ¿Qué debo hacer con la longitud de un péndulo de longitud L , que oscila con un periodo T , si deseo reducir su periodo a $T/2$?
- e. Me regalaron un reloj de péndulo, pero este tiene un defecto, cada cierto tiempo se atrasa en la hora, lo que quiere decir que la bola del péndulo está desajustada. ¿Para arreglarlo debo entonces (alargar / acortar) la longitud del péndulo? Explica
- f. En la tierra tengo un péndulo que oscila con un periodo de 1 segundo, si llevo ese mismo péndulo a otro planeta donde yo desee que oscile con un periodo de 2 segundos, ¿en dicho planeta la gravedad debe ser más (grande / pequeña) que en la tierra? ¿Cuántas veces?
- g. ¿En qué puntos del péndulo la velocidad y la aceleración son máximas y en qué puntos son cero?

ANEXO 9. PHET. SIMULACIÓN LABORATORIO DEL PÉNDULO

1. RECONOCIMIENTO

- a. Observa la interfaz de la aplicación e interactúa con ella, mueve todas las variables y observa qué sucede con cada una (no olvides activar el período).
- b. ¿Qué sucede con el periodo cuando modificas la gravedad?
- c. ¿Qué interrogantes te surgen después de haber interactuado con la aplicación?

2. PRÁCTICA

- a. Inicia por elegir una longitud del péndulo arbitraria, y luego empieza a modificar la masa y observar qué pasa con el periodo cada que cambias la masa. ¿Qué conclusión puedes sacar de lo que observaste?
- b. Ahora vuelve a elegir una longitud para el péndulo (sugerencia: puedes iniciar con una longitud pequeña), luego empieza a modificar la gravedad y observa cómo se comporta el periodo con cada modificación, calcula la frecuencia en cada caso, realiza una gráfica que relacione estas dos variables.
- c. Ahora modifica la longitud otras tres veces, y repite los pasos del ítem anterior, al final compara las tres gráficas, y escribe qué diferencias encuentras en estas.

3. DISCUTE

Con tus compañeros de clase y profesor, discute acerca de los interrogantes iniciales y aquellas nuevas preguntas que surgen después de la experiencia y a partir de las siguientes situaciones. Si llevo un péndulo a la luna donde la gravedad es de $1,6 \text{ m/s}^2$, y luego ese mismo péndulo lo muevo en la tierra, ¿dónde tendrá mayor periodo? ¿Cuál será la frecuencia de este en la tierra y la luna? ¿A qué conclusiones puedes llegar acerca del movimiento pendular después de la práctica?

ANEXO 10. ACTIVIDAD SIMULACIÓN OSCILADOR ARMÓNICO (16), PHYSICS AT SCHOOL

1. RECONOCIMIENTO.

Interactúa de manera libre con la simulación, mueve las dos variables del sistema masa-resorte, y observa qué pasa con cada uno de esos cambios. Por ejemplo, observa cómo se comporta el periodo T , del oscilador cuando aumenta o disminuye la masa del sistema. Observa las gráficas de posición (y) vs tiempo, velocidad vs tiempo, y de energía potencial elástica vs tiempo. Y qué sucede con estas gráficas en la medida que varías la masa y la constante de elasticidad

En un *post stick* escribe una pregunta que te surja a partir de esta observación, lleva esta pregunta al muro de trabajo. (Se dispondrá de un gran mural en el tablero donde los estudiantes colocaran las preguntas)

2. PRÁCTICA

- a. Inicia la práctica ubicando la constante de elasticidad y la masa en sus magnitudes más bajas (30 kg, 10 N/m). Detén la simulación y dibuja las gráficas de velocidad y posición, y las gráficas de energía, anota el período y determina la frecuencia, utiliza la relación explicada en clase para comprobar lo que se evidencia en la simulación.
- b. Ahora deja la constante quieta y empieza a variar la masa. Dibuja por lo menos la gráfica de otras dos situaciones ¿Qué observas en las gráficas? ¿Cómo va variando el periodo, en la medida que aumenta la masa?
- c. Ahora cambia la constante de elasticidad a un valor un poco más grande (más o menos en la mitad del indicador), y repite los pasos del literal b. ¿Hubo algún cambio? ¿Qué puedes concluir hasta aquí?
- d. Repite lo mismo del paso anterior, pero con la constante de elasticidad más grande.

3. PARTICIPA (después del experimento)

- a. En un *post stick* responde a la pregunta que te planteaste al inicio.

4. DISCUTE.

- a. Con base en lo que viste en la simulación. ¿Si tuviera un sistema masa resorte con cierta masa y constante de elasticidad, que sucedería con el periodo y su frecuencia si duplico dicha masa?
- b. ¿Habrá alguna diferencia si en un *bungee jumping* salta alguien de peso ligero, o si salta alguien con sobrepeso?
- c. ¿Qué debo hacer con la masa de un sistema masa resorte, cuya masa es m , que oscila con un periodo T , si deseo reducir su periodo a $T/2$?
- d. ¿Qué sucede con las gráficas de y vs t , v vs t , E_p vs t , E_c vs t . en la medida que se aumenta la masa del sistema?
- e. ¿Qué sucede con las gráficas de y vs t , v vs t , E_p vs t , E_c vs t . en la medida que se aumenta la constante de elasticidad del sistema?

ANEXO 11. ACTIVIDAD SIMULACIÓN SHM 08 APP HORIZONTAL SPRING MASS MODEL

1. RECONOCIMIENTO

- a. Primero interactúa con la simulación, identifica la barra en la esquina superior izquierda donde dice shm_with... allí presiona cada una de las opciones ¿Que hace cada una? ¿Qué sucede con la masa cuando estas opciones cambian?
- b. En la segunda barra igualmente reconoce que hace cada una de ellas. Igualmente identifica cuáles son los botones de play, pausa, y retorno.

2. PRÁCTICA

En esta simulación vas a observar primero cómo se comportan las gráficas de movimiento del sistema masa resorte, activando las opciones x vs t , v vs t , a vs t .

Dibuja el esquema presentado en la app en tu cuaderno de trabajo (de ser necesario puedes repetir la simulación para observar bien lo que pasa):

3. RESPONDE

- a. Cuando la posición de la masa es cero, ¿también lo es la velocidad? Explica
- b. Compara las gráficas de a vs t con x vs t , ¿se parecen en algo o difieren en algún aspecto? explica.
- c. Cuando la velocidad de la masa es máxima. ¿Qué sucede con la aceleración y la posición?
- d. ¿Como son la posición, velocidad y aceleración cuando el resorte se ha comprimido en lo más alto?

ANEXO 12. ACTIVIDAD DE CREACIÓN CARICUTURA

Teniendo en cuenta tus conocimientos en el diseño de caricatura multimedia visto en los cursos de media técnica, realizar una caricatura donde se represente cualquiera de las siguientes situaciones:

- a. Un péndulo viajero que funciona primero en la tierra y luego es llevado a la luna
- b. Un *bungee jumping* en el que se tiran dos personas una de 50kg, y otra de 150kg.

Recuerda usar la creatividad y los conceptos aprendidos de estos dos movimientos durante el desarrollo de la historia.

ANEXO 13. EVALUACIÓN FINAL DE CONOCIMIENTOS SOBRE OSCILACIONES

Este es el mismo cuestionario aplicado en la fase de indagación, aquí se pretende contrastar respuestas para determinar la evolución del aprendizaje con base a los errores y los nuevos aciertos.

1. En cualquier objeto que describa un movimiento armónico simple se cumple que mientras aumenta la elongación _____ la _____ (aumenta, disminuye) (velocidad, aceleración)

2. El tiempo que tarda un péndulo en ir y volver a su mismo punto es 1 segundo. En ese mismo péndulo, la cuerda de longitud L , se cambia por otra de longitud $4L$.

Comparada con la frecuencia de oscilación f , la nueva frecuencia es _____ veces más _____ (4, 2, 8) (grande, pequeña)

3. Tacha con una X cuáles de los siguientes ejemplos, no es un movimiento armónico simple:

- A. Un péndulo
- B. Un objeto cayendo desde el 5 piso
- C. Un columpio
- D. Un resorte oscilando
- E. Un balón pateado hacia el arco
- F. Un ventilador girando
- G. Un vehículo moviéndose por una carretera.

4. Dibuja un sistema masa resorte en tres momentos cuando está arriba en su punto máximo, cuando está abajo en su punto mínimo, y en la mitad o posición de equilibrio. En cada dibujo y con colores distintos dibuja las flechas o vectores que representan la posición, la velocidad, y la aceleración.

En el Cristóbal Colón el rector instaló en los salones unos relojes de péndulo para que los profesores controlarán el tiempo de llegada de los estudiantes, y adicionalmente para que

cada grupo supiera la hora exacta en la que se debe cambiar de clase. Cada péndulo de cada reloj cuya longitud es L oscila con un periodo de 1 segundo.

5. La frecuencia con la que oscilan dichos péndulos es _____ Hz:

6. Cansado ya de escuchar a tu profesor de física, decides modificar la longitud del péndulo para que el cambio de hora sea más rápido, para lograr esto debes _____ (disminuir o aumentar) la longitud del péndulo.

7. En la anterior situación deseas que cada tic tac del péndulo no dure un segundo, sino medio segundo, para que esto suceda debes _____ (aumentar o disminuir) la longitud del péndulo _____ (dos veces o cuatro veces):

ANEXO 14. ACTIVIDAD MAPA MENTAL

Atendiendo a todos los conocimientos adquiridos en las diversas actividades realiza en una cartelera un mapa mental donde se plasme cada una de las características, de los movimientos del péndulo y del sistema masa resorte. (Aquí se valora la creatividad y la estructura en que organices las ideas, y las relaciones establecidas entre conceptos). Conceptos (movimiento armónico simple, amplitud, frecuencia, periodo, velocidad angular, elongación, tiempo, velocidad, aceleración, péndulo, sistema masa resorte, gravedad, longitud de péndulo, masa, constante de elasticidad). En esta última actividad se pretende valorar la apropiación del lenguaje propio de los movimientos oscilatorios, además en la socialización se pretende valorar también cómo son los interrogantes de los estudiantes y su evolución con los que se fueron planteando a lo largo de la intervención.

ANEXO 15. ENTREVISTA FINAL

Con esta entrevista se pretende recolectar información sobre opiniones acerca de los aprendizajes y experiencias después de haber sido intervenidos con la estrategia propuesta en el proyecto.

1. ¿Qué aprendizajes te dejó esta forma de aprendizaje de movimientos oscilatorios?
2. ¿sientes que esta propuesta genera mejores aprendizajes en el área de física? ¿Explica por qué?
3. ¿Crees que esta forma de aprender se debería implementar en todas las clases de física? ¿Por qué?
4. ¿Qué entiendes ahora por movimiento oscilatorio?
5. ¿cómo explicas el sistema masa-resorte? Explicarlo
6. ¿cómo explicas el movimiento del péndulo? Explicarlo
7. Se llevará un rompecabezas de conceptos y definiciones en las que deberán armar según cada relación.

ANEXO 16. DIARIO DE CAMPO REGISTRO FOTOGRAFICO DE ALGUNAS PÁGINAS

2 10-Mayo

M-1 Interacción.
Fund. teórico.
Gráficas y Cónicas.

- Se realizó la guía de trabajo.
- Gráficas y Ecuaciones de MAS.
- En un principio, los estudiantes exhibieron aspectos al respecto de la homogeneidad de datos en general con una recepción fuerte por lo de la filmación.
- Al preparar los datos trabajo en el laboratorio para que en la sesión luego se realice su relación con el M.O. y sus Vectores (Dirección, velocidad, aceleración).
- Wendy y sus compañeros exhiben un poco de dificultad al realizar la actividad de vectores y matrices, por lo que se centró del MAS.

3 15 Mayo y 17 Mayo

Se continuó con la guía de trabajo sobre explicando las gráficas del MAS y su relación con las ec. del MAS. Comenzó a ser integrado a través de poca dificultad, por lo que un poco de dificultad entender las gráficas y realizar el ejercicio. Lo mismo sucedió con Wendy y sus compañeros quienes en muchas oportunidades me llaman para que les explique como realizar el ejercicio con gráficas.

Fue necesario aplazar la entrega de la guía hasta el lunes siguiente, ya que la mayoría no estuvo a entregar.

4 20, 23, 24 Mayo.

Actividad Ejercicios del MAS

- El 20 NO fue posible. Vire con los estudiantes por actividad extra en la L.E.
- En los siguientes 2 días se trabajó esta actividad. En la que hubo muchos dudas.
- Comacho en particular dice que no quería entender el trabajo porque no entendía, sin embargo se le explica en varias ocasiones algunos ejemplos al respecto del MAS.
- Wendy es una de las chicas que presenta al gran dificultad para entender a algún aspecto se concentraba mucho dificultad al principio para entender la relación frecuencia y periodo y su relación directa con las ec. del MAS.

12 Julio 1

Demostración S. Masa Resorte

Esta se realizó en el laboratorio con un montaje de S. Masa-Resorte. Lo primero que se pide es que el estudiante realice de preguntas que surgen de este montaje. En lo que se logró observar muchas de estas preguntas giran entorno a como es el movimiento de Mov. arm. y como se cambia el resorte y la masa. Lo que es interesante ya que es precisamente lo que se buscaba.

Luego se hace la separación de cambio de masa y resorte y midiendo el tiempo en la actividad se pide a los estudiantes que grafiquen la relación periodo y masa para 2 resorte diferentes.

13

En muchos de los conclusiones finales se nota que algunos estudiantes logran captar de alguna manera que existe relación entre dichas magnitudes ser proporcional masa y inversa con la constante. Sin embargo se nota en lo que va creciendo que falta estar más concluyentes en relación al periodo y la masa. Centran su atención en la dependencia con el resorte. Otro es lo contrario, solo aprecian la relación entre la masa y el periodo. (¿Forma de el resto de la actividad?).

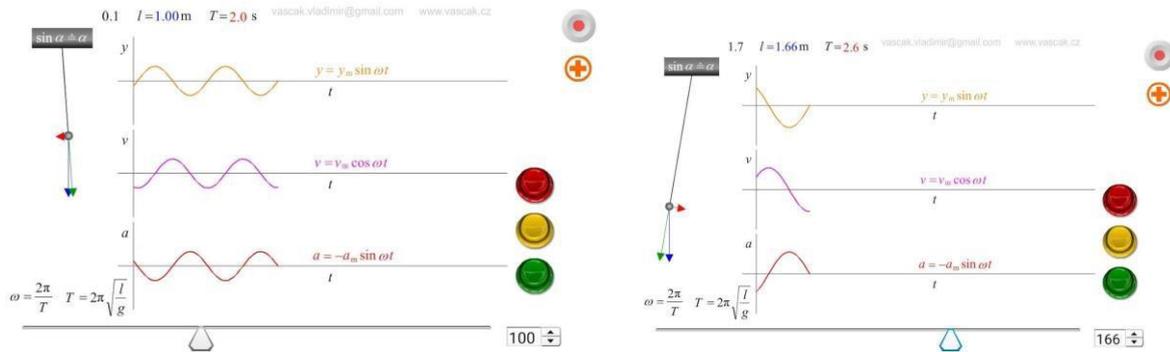
14 Julio 8

Prueba At School S. Masa Resorte

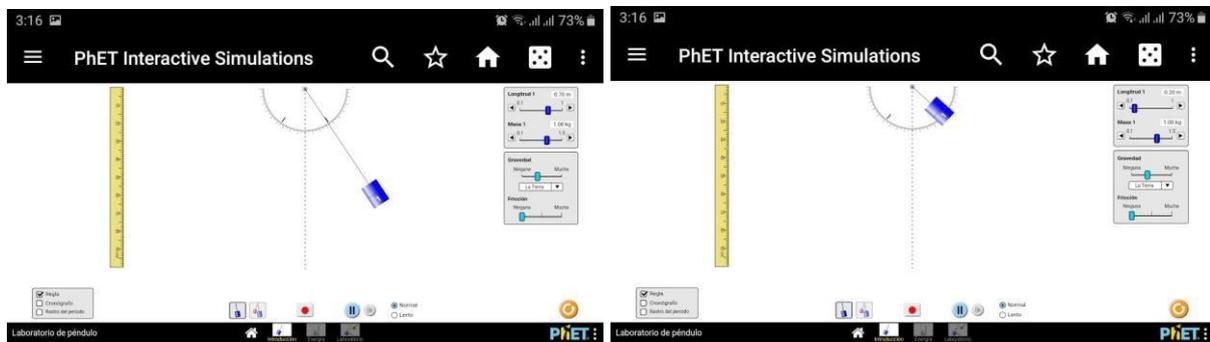
Como en las sesiones anteriores con simulaciones se pide a los estudiantes que aprenda la interfase. Se nota en muchas conclusiones que muy pocas veces se hace el análisis de gráficas de la simulación. Algunos creían poco concluyentes. Los estos trabajos a muchos al igual que en el pasado entender la relación no directa (inversa) entre las magnitudes masa y constante con el periodo. Muchos confundían la constante de elasticidad con el concepto de resorte.

ANEXO 17. INTERFAZ DE LAS APLICACIONES

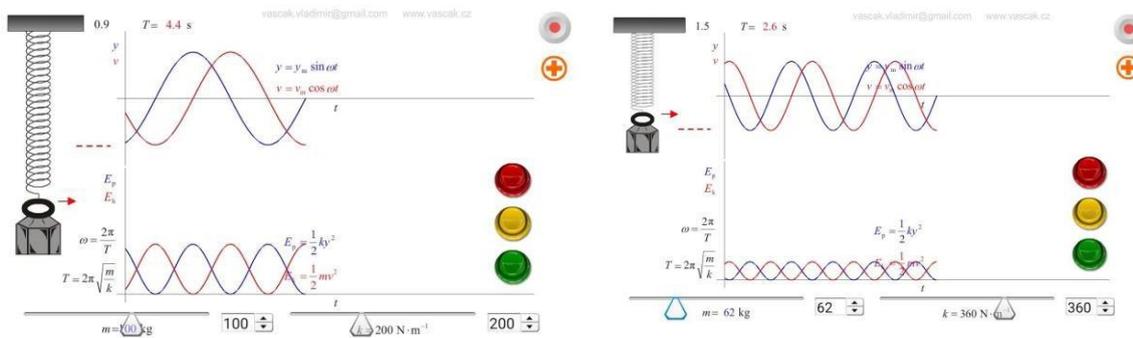
SIMULADOR PENDULO SIMPLE DE PHYSICS AT SCHOOL



SIMULADOR PHET LABORATORIO DEL PENDULO



SIMULADOR OSCILADOR ARMONICO DE PHYSICS AT SCHOOL



SIMUADOR SHM 08 SISTEMA MASA RESORTE

