

TRABAJO FIN DE MÁSTER



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y DE LA COMUNICACIÓN

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

SIMULADORES INTERACTIVOS DE FENÓMENOS ONDULATORIOS COMO HERRAMIENTA DOCENTE PARA LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE FÍSICA EN 2º DE BACHILLERATO

Autor: D. Bernardo Jesús Alarcos Torrecillas

https://youtu.be/NyHGRw44_Ms

Directora: Dra. Dña. Eva Salazar Serna

Murcia, mayo de 2022

TRABAJO FIN DE MÁSTER



UCAM

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE MURCIA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y DE LA COMUNICACIÓN

Máster Universitario en Formación del Profesorado de
Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación
Profesional y Enseñanzas de Idiomas

SIMULADORES INTERACTIVOS DE FENÓMENOS ONDULATORIOS COMO HERRAMIENTA DOCENTE PARA LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE FÍSICA EN 2º DE BACHILLERATO

Autor: D. Bernardo Jesús Alarcos Torrecillas

https://youtu.be/NyHGRw44_Ms

Directora: Dra. Dña. Eva Salazar Serna

Murcia, mayo de 2022

- a) A que la Universidad identifique claramente su nombre como el autor o propietario de los derechos del documento.
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio. El autor es libre de comunicar y dar publicidad a la obra, en esta y en posteriores versiones, a través de los medios que estime oportunos.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada. A tal fin deberá ponerse en contacto con el responsable del mismo.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.
- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, sea con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito, y de acuerdo a las condiciones establecidas en la licencia de uso –modalidad “reconocimiento-no comercial-sin obra derivada” de modo que las obras puedan ser distribuidas, copiadas y exhibidas siempre que se cite su autoría, no se obtenga beneficio comercial, y no se realicen obras derivadas. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

a) Deberes del repositorio Institucional:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.

- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.

- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro. b) Derechos que se reserva el Repositorio institucional respecto de las obras en él registradas:

- Retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Murcia, a 27. de mayo de 2022

ACEPTA



Fdo. Bernardo Jesús Alarcos Torrecillas

A María José
por su paciencia en este nuevo reto

A mis hijos Miriam y David
para que persigan sus sueños y nunca se rindan

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN	13
2. MARCO TEÓRICO	17
2.1 MARCO LEGAL.....	17
2.2 ASOCIACIÓN MATEMÁTICAS-FÍSICA.....	18
2.3 CAPACIDAD GENERAL DE ABSTRACCIÓN E IMAGINACIÓN.....	20
2.4 SIMULADORES COMO APOYO A LA FORMACIÓN EN FÍSICA	22
3. OBJETIVOS.....	25
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4. METODOLOGÍA	26
4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	26
4.2 CONTENIDOS.....	30
4.3 ACTIVIDADES.....	31
4.4 RECURSOS	44
4.5 TEMPORALIZACIÓN.....	45
5. EVALUACIÓN	47
5.1 EVALUACIÓN DE LOS ALUMNOS.....	47
5.2 EVALUACIÓN DEL PROYECTO.....	49
6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL.....	51
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
8. ANEXOS	57
ANEXO I. Listado de Actividades asociadas a OE y Contenidos.....	57
ANEXO II. Temporalización de sesiones y actividades durante la fase de implementación.....	58
ANEXO III. Criterios de evaluación asociados a contenidos y estándares de aprendizaje para cada actividad evaluable.....	60
ANEXO IV: Figuras ilustrativas de un potencial simulador implementado según este proyecto educativo.	63

1. JUSTIFICACIÓN

Durante la realización del periodo práctico enmarcado en el Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, he tenido la oportunidad de observar en primera persona las dificultades de los alumnos en estudiar determinados fenómenos físicos.

Dicho periodo práctico se ha realizado en un Instituto de Educación Secundaria localizado en Alcantarilla (Murcia), en un entorno favorable de educación, tanto por la calidad del profesorado, como por el interés de alumnos y familias en la formación.

De común acuerdo con mi tutora, mi actividad docente se centró en los niveles de segundo de Bachillerato en las asignaturas de Física y Química. Los grupos de alumnos en los que nos centrábamos están especialmente motivados en el aprendizaje, muchos de ellos participantes del Bachillerato de Investigación. Son alumnos que despuntan en sus calificaciones.

Aún con este entorno tan favorable, nos percatamos de la dificultad que, en particular en la Física, tenían de abstracción y visualización mental de determinados fenómenos físicos. En la asignatura de Química, el uso intensivo de laboratorio suple esta carencia, por medio de la experimentación, lo que ayuda en gran medida a que terminen de comprender la naturaleza de los fenómenos químicos.

Sin embargo, en la asignatura de Física, y debido a la fuerte componente matemática de la misma, la visualización de determinados fenómenos es mucho más compleja y los medios de laboratorio existentes no permiten una rápida comprensión y abstracción de los mismos.

Como ejemplo de esta dificultad, se puso de manifiesto muy claramente en cuanto se abordó la unidad de ondas, donde la forma de expresar matemáticamente la ecuación de movimiento (Figura 1) hace que se pierdan en una sopa de letras griegas y no lleguen a entender el fondo del fenómeno.

Figura 1.

Ecuaciones de movimiento de movimiento armónico simple, onda armónica y onda estacionaria.

$$y = A \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$y = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T}t \pm \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

$$y = 2A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right) \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$$

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de explicar la importancia del conocimiento de los fenómenos ondulatorios para la vida cotidiana, indicado por autores como Rubio (2010) en su artículo sobre la enseñanza de la revolución de las comunicaciones, a los alumnos les sigue pareciendo totalmente ajeno a su día a día.

Se acude a ejemplos de la vida cotidiana, para intentar visualizar estos fenómenos, se utilizan medios de laboratorio que, en algunos casos como las ondas estacionarias, sí que permiten enseñar correctamente el fenómeno de nodos y vientres, pero en la generalidad de las ondas no es posible simular físicamente en el laboratorio y les exige a los alumnos un ejercicio de abstracción, para el que todavía no están totalmente preparados.

Esto se aúna a la evidente falta de preparación en conocimientos matemáticos que, incluso en grupos avanzados, se detecta. Todo lo cual hace que se desarrolle cierta aversión a las materias, donde la carga matemática empieza a ser importante, donde no se puede simular adecuadamente en un laboratorio el fenómeno y, por tanto, se exige ese ejercicio de abstracción e imaginación.

Evidentemente existen a nuestro alcance ya herramientas y medios en el entorno TIC que pueden mitigar esta situación y, además, aprovechar la tendencia casi ubicua de utilizar las pantallas, bien de ordenador o de móvil o tableta, para acceder a información. Los estudiantes de hoy día son nativos

digitales y el uso de estas herramientas es lo más natural y puede ser un medio para introducir conceptos dentro de su imaginación.

Si además se consiguiese de alguna manera también la interacción con el usuario, para que este pueda a su antojo cambiar los parámetros y visualizar el efecto de los mismos, tendríamos una herramienta en la que el alumno podría ir construyendo su conocimiento, en línea con las teorías más avanzadas en cuanto al proceso Enseñanza-Aprendizaje.

En este sentido se plantea como proyecto innovador una aplicación interactiva que pueda funcionar tanto en tableta, móvil u ordenador, donde cada fenómeno ondulatorio se pueda simular, variando los parámetros básicos que lo definen, y donde se pueda enlazar a la información que en la red se puede encontrar de los distintos fenómenos ondulatorios y sus consecuencias en la naturaleza y la sociedad humana. Asimismo, dentro de esa aplicación se profundizaría en los conceptos matemáticos que dan forma a la expresión física de estos fenómenos, para ayudar a su comprensión.

Una última derivada sería llevar al terreno de las redes sociales ese entorno de simulación. Si dicha aplicación tuviese una forma de realizar grupos de participantes para compartir preguntas y respuestas, información encontrada, exposición de ideas, permitiría un trabajo en grupo que fomentaría el proceso de aprendizaje entre ellos mismos y, en cierto modo, podría ser aprovechado para un estilo de aula invertida, donde en el aula se centre la actividad más en aclaraciones y aportaciones del profesorado, pero los propios alumnos puedan investigar por su cuenta estos fenómenos.

La idea de construir un entorno gamificado a partir de las explicaciones físicas de estos conceptos es sumamente atractiva, pero supondría otro alcance muy superior y posterior al que se pretende ahora. Todo lo cual queda solo como en una idea futurible, pero que se expone como muestra de la escalabilidad del concepto que se introduce

Por último, indicar, aunque originada por la observación de la dificultad de entender los fenómenos ondulatorios, debería ser fácilmente extrapolable a otros

fenómenos físicos con similares dificultades conceptuales de abstracción. Por tanto, también podría ser escalable para abarcar gran parte de la materia de Física en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

2. MARCO TEÓRICO

Teniendo como guía la idea preliminar de la dificultad que están teniendo los alumnos de abstraer adecuadamente los conocimientos matemáticos y cómo se formulan de forma matemática los fenómenos físicos, como el caso de las ondas, se inicia una búsqueda sobre estudios que abordan en general la percepción de esta dificultad extendida entre los estudiantes sobre las Matemáticas y su abstracción.

Se puede estructurar la problemática en tres aspectos principales:

- La asociación entre Matemáticas y Física, la dificultad de poder abordar la Física sin una base fuerte de Matemáticas
- La capacidad general de abstracción e imaginación, como les cuesta a los estudiantes poder crear imágenes mentales a partir de un texto o formulación matemática
- El uso de simuladores como apoyo en la formación, como construir conocimiento por medio del descubrimiento.

2.1 MARCO LEGAL

En primer lugar, se contextualiza este proyecto dentro del marco legal vigente. El sistema educativo español se encuentra regulado en la actualidad por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) (BOE número 106, 4 de mayo de 2006), modificada por la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) (BOE número 205, 10 de diciembre de 2013).

Este proyecto se dirige a alumnos de 2º de Bachillerato de la asignatura Física y con él se van a trabajar los contenidos del Bloque 4: Ondas, en función de lo recogido en el Decreto nº221/2015, de 2 de septiembre, por el que se establece el currículo de Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Murcia y del Real decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria.

2.2 ASOCIACIÓN MATEMÁTICAS-FÍSICA

¿Es posible comprender en su plena extensión la Física sin tener una buena base en Matemáticas? Uno de los aspectos que más llama la atención en el ejercicio de la docencia en la materia de Física es la escasa habilidad matemática que demuestran los alumnos. Y, sin embargo, es de sobra conocida la profunda relación entre Matemáticas y Física, hecho que queda demostrado cuando se han tenido que desarrollar herramientas matemáticas específicas, para poder lograr determinados avances en Física, como ocurrió con Einstein, por ejemplo, en el desarrollo de la Teoría General de la Relatividad (Ron, 2004).

Este asunto, parece estar ampliamente estudiado y no solo limitado a un entorno cercano de nuestro país, sino que es un fenómeno globalmente extendido. Por ejemplo, Angell et al. (2011) han detectado que, al disminuir las habilidades matemáticas de los estudiantes suecos disminuye, en consecuencia, su rendimiento y capacidad de comprender la Física. Ya anteriormente, Angell et al. (2004), habían determinado que incluso cuando los estudiantes no consideran las Matemáticas gran problema, los profesores sí que observan su falta de habilidad en la materia como un problema.

Sobre este tema vuelve a incidir Hansson et al. (2015), donde ponen de manifiesto que habitualmente se habla de las Matemáticas como una necesidad para la Física, y reflexiona en su artículo sobre la necesidad de explorar más a fondo el rol de las Matemáticas en la formación en Física en la etapa de Educación Secundaria.

Doorman y Gravemeijer (2008) también apuntan al problema en la didáctica de Física, por las dificultades de los alumnos de conectar la representación, el movimiento de los objetos reales y los propios conceptos matemáticos.

También Uhden et al. (2012) indican que las débiles capacidades Matemáticas de los estudiantes suponen un obstáculo para el aprendizaje de la materia de Física. Es más, opinan que no hay que tratar de alejar las Matemáticas del aprendizaje de la Física y que hay que profundizar en ello:

Las Matemáticas son a menudo vistas como una herramienta para el cálculo, que impide un entendimiento conceptual de los principios físicos. En cualquier caso, el rol de las Matemáticas no se puede reducir a este aspecto técnico. Por lo tanto, en lugar de apartar las Matemáticas, nos adentramos en la naturaleza de la ciencia Física para revelar la fuerte relación conceptual entre Matemáticas y Física. Además, sugerimos que, tanto para enseñanza prospectiva como posterior investigación, colocar el foco en explorar más profundamente dicha interdependencia puede mejorar significativamente el entendimiento de la Física. (p.485)

Puesta de manifiesto la necesidad de tener una buena base matemática, es conveniente ver estudios que apoyen la idea de que el nivel de conocimiento de los estudiantes en Matemáticas es deficiente. En este sentido, Bagatin et al. (2015) hacen un profundo análisis de los conocimientos matemáticos de los recién matriculados en los Grados de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad de Alicante, y entre las conclusiones destaca:

Un porcentaje elevado de estudiantes tienen dificultades, en particular con cuestiones matemáticas propias de los estudios de ESO (17 de las 20 cuestiones). Este puede ser un síntoma de que los conocimientos adquiridos en esa etapa no se han practicado y utilizado posteriormente y que, exceptuando los estudiantes con buen expediente, aprobar esas asignaturas no garantiza haber asentado los conocimientos en ellas adquiridos. (p.2927)

Como se observa, en estudiantes matriculados para carreras técnicas se detectan carencias que provienen todavía de la etapa de Educación Secundaria Obligatoria.

Otros autores, han detectado también las dificultades de los alumnos en relación con las Matemáticas y su influencia en la Física, como por ejemplo Arandes-Tejerina (2018), que analiza las dificultades en la transición entre Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato y las carencias detectadas en

habilidades matemáticas básicas, como operaciones con potencias y el tratamiento de vectores.

Por último, también Fernández-Lázaro (2013) hace un detallado trabajo de campo en varios centros de Educación Secundaria y Bachillerato de Madrid, donde constata que las dificultades de los alumnos en relación a las Matemáticas se pueden agrupar en tres grupos: dificultades en los alumnos respecto sus conocimientos previos, entre otros; dificultades en la propia asignatura, ya que por su naturaleza conceptual exige abstracción; y dificultades en otros aspectos más bien de entorno, donde la competencia del profesorado y el propio contexto del alumno pueden determinar su rendimiento. De nuevo se constata la dificultad de los alumnos en abstraer conceptos y sus debilidades en conocimientos previos.

Todo esto demuestra que, no es solo percepción sino realidad, la dificultad que tienen los estudiantes en relación a la comprensión matemática y su aplicación en Física.

2.3 CAPACIDAD GENERAL DE ABSTRACCIÓN E IMAGINACIÓN

Las conclusiones previas inducen la duda de si la falta de comprensión matemática y abstracción, que son tan necesarias para un correcto entendimiento de los fundamentos detrás de los fenómenos físicos, son exclusivos de esta materia o bien algo más generalizado.

En este sentido, ya se ha incidido anteriormente el gran cambio que ha supuesto en la sociedad el mundo de las comunicaciones, desde el desarrollo masivo de los sistemas de información a finales del siglo XX. Esto que se ha dado en llamar la galaxia Internet frente a la galaxia Gutenberg previa, términos acuñados respectivamente por Castells (2001) y McLuhan (1962).

Es muy cierto que la sociedad actual está rodeada de un mundo lleno de imágenes, y que la información ahora viene en este formato mientras que, anteriormente, se recibía en un formato texto, que obligaba a la mente a un ejercicio de abstracción. No es para nada extraño el leer un libro con todo lujo

descriptivo de detalles y construir una idea muy detallada de la situación, hasta el punto de poder compartir con otros lectores la misma sensación del entorno, sin haber mediado una imagen.

Sin embargo, el hecho de que las nuevas generaciones hayan adoptado como fuente de información los canales visuales de las redes sociales, puede estar afectando a la capacidad de sus mentes de formar abstracciones a partir de información codificada en texto. Esta reflexión merece la pena ser confirmada por los estudios al respecto.

En el caso del mundo dominado por el texto escrito, la comunicación partía de la premisa de la escritura y posterior lectura de símbolos gráficos que, por sí mismos, son un ejercicio de abstracción. El propio origen de la escritura demuestra, tal y como indica Marcos (2012), que la escritura aparece en aquella cultura que “haya logrado un nivel de civilización suficientemente elevado que permitiera el proceso de abstracción necesario para pasar el código primario de la lengua al secundario de la escritura”. (p.8)

Las letras mismas del alfabeto actual (derivado de los semíticos) tienen su origen en abstracciones sobre símbolos previos, bien del entorno cotidiano o bien de simbología jeroglífica egipcia previa, según describe Idarraga (2003), en su artículo sobre la evolución de la escritura.

Por tanto, puede verse cómo, desde su mismo origen, todo el mundo relacionado con la escritura-lectura se basa en ejercicios de abstracción mental, que obligan a transmitir la información por medio de codificación escrita.

Este esfuerzo que se entiende exige el hecho de la lectura se refleja en estudios como el de Dezcallar et al. (2014) donde concluye:

Se observa cómo a mayor tendencia a leer por placer, mayor rendimiento académico en la escuela. Dicha relación es interesante puesto que las notas académicas que se han tenido en cuenta en el estudio, no sólo hacen referencia a Lengua-Literatura, sino que abarcan otras asignaturas como Matemáticas, Inglés, Educación Física y Plástica, todas englobadas en una nota media. Esto quiere

decir, que la afición a la lectura y el crear un hábito lector podría aportar beneficios en el aprendizaje de otras asignaturas no lingüísticas. (p.113)

En ese estudio constata cómo aquellos alumnos con una afición a lectura frente a los que emplean más tiempo frente pantallas obtienen mejores resultados académicos. Evidentemente puede haber muchos más factores que provocan esta situación, pero la capacidad de abstracción e imaginación que provoca el ejercicio de lectura tiene que tener su parte.

Sin embargo, la lucha contra la tendencia de las nuevas generaciones de usar casi exclusivamente el canal visual como fuente de información parece vana. Tiene que tener muchos más frutos para alcanzar los objetivos de formación que se persigue, el aprovechar esa tendencia ya casi innata a usar las pantallas para todo y tratar así de suplir esa falta de capacidad de imaginación y abstracción.

2.4 SIMULADORES COMO APOYO A LA FORMACIÓN EN FÍSICA

Todo lo anteriormente expuesto lleva a la conclusión de una complicada situación actual. No se puede entender la formación en materia de física sin el soporte matemático y la abstracción que supone, y la sociedad actual está más orientada a un mundo visual, con menor capacidad de abstracción.

Adicionalmente, y como ya se introdujo en la justificación inicial, se presenta la dificultad añadida de que muchos fenómenos físicos a estudio no son fácilmente comprensibles ni visualizables para los alumnos, y los medios existentes en laboratorio no permiten su reproducción total. De esta manera quedan como entes intangibles y abstractos que los alumnos solo quieren digerir cuanto antes para pasar página, imposibilitando por completo la fijación de los conocimientos.

Se sabe por la teoría del aprendizaje por descubrimiento de Bruner (1988) que los alumnos fijarán mucho mejor el aprendizaje de nuevos conceptos si ellos

mismos van buscando y organizando la información que los lleve a las soluciones de los temas que están estudiando.

Esto abre la puerta a pensar que el uso de simuladores informáticos en Física debe ser una buena herramienta, para permitir a los alumnos suplir carencias y visualizar los fenómenos. En este sentido hace ya tiempo que se están estudiando cómo introducirlos dentro de la formación.

Sierra et al. (2007) ya exponían cómo aplicaban los simuladores tanto comerciales como propios, desarrollados para realizar pequeños trabajos de investigación supervisados. Según concluyen de sus evaluaciones en clase, los estudiantes que usaban los simuladores conseguían mejores puntuaciones en los test posteriores que aquellos que no los habían usado.

Bedoya y Chavarriaga (2019), mencionando a Brusquetti (2011), indicaban:

Frente al uso de los simuladores, asegura que permiten al estudiante aprender de manera práctica por medio del descubrimiento y situaciones hipotéticas, contribuyen a desarrollar la destreza mental a través de su uso; pueden usarse individual o colectivamente favoreciendo la discusión del tema. (p.116)

También puede verse como Sánchez et al. (2005), en su estudio comparativo de aprendizaje basado en simuladores, contrapuesto al aprendizaje en aula tradicional, obtienen las siguientes conclusiones:

Diferencia significativa entre el conocimiento conceptual adquirido por los estudiantes que realizan trabajos de investigación con simulador y los estudiantes que siguen una metodología transmisiva. Los primeros consiguen un conocimiento de los conceptos de mecánica newtoniana más próximo al conocimiento científico que los segundos. (p.3)

Muy interesante es la experiencia aportada por Peralta et al. (2015), donde de manera interdisciplinar entre las materias de Física, Matemáticas y

Programación, preparan un conjunto de simuladores para los estudiantes de primero de carreras técnicas:

El empleo de simuladores y software educativo no solo permitió salvar el déficit de equipamiento real para realizar estas prácticas, sino que también permitió que un mayor número de estudiantes puedan acceder y realizarlas simultáneamente, en el momento más conveniente, sin tener que asistir al local del laboratorio en el horario laborable. Además, motivó a los alumnos a buscar en Internet otras simulaciones sobre los temas estudiados. (p.26)

Por tanto, la evidencia tanto por las dificultades que los alumnos tienen de relacionar conceptos matemáticos con fenómenos físicos, como por la demostración de que el uso de simuladores, mejora notablemente su capacidad de entendimiento de dichos fenómenos, apoya la idea del desarrollo de un entorno de simulación específico para los fenómenos ondulatorios, donde los alumnos puedan interactuar activamente y descubrir por sí mismos los fundamentos que explican el fenómeno y, por tanto, ayuden a su incorporación a su cuerpo de conocimientos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este trabajo es el de diseñar unos simuladores interactivos de fenómenos ondulatorios, como herramienta docente para el estudio de la asignatura Física de 2º de Bachillerato, con el fin de facilitar la comprensión de conceptos abstractos por parte del alumnado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcanzar el objetivo general, se proponen los siguientes objetivos específicos (OE):

- OE1: Mostrar al alumnado los fenómenos físicos de manera natural y facilitar su comprensión, mediante el diseño de una aplicación, que permita visualizar dichos fenómenos, de una manera gráfica más intuitiva.
- OE2: Simular los fenómenos con la aplicación desarrollada, para ir introduciendo los parámetros matemáticos que explican el fenómeno físico.
- OE3: Reconstruir los simuladores con sus componentes básicos, para que los alumnos entiendan cómo la matemática sustenta la explicación del modelo teórico, y reforzar la asociación entre las Matemáticas y la Física.

4. METODOLOGÍA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño de un simulador interactivo, por parte del profesor, y la realización de actividades por parte del alumno, que pretenden afianzar los conceptos más abstractos del bloque curricular de contenidos de Ondas y, de este modo, poder visualizar de una manera más gráfica estos conceptos.

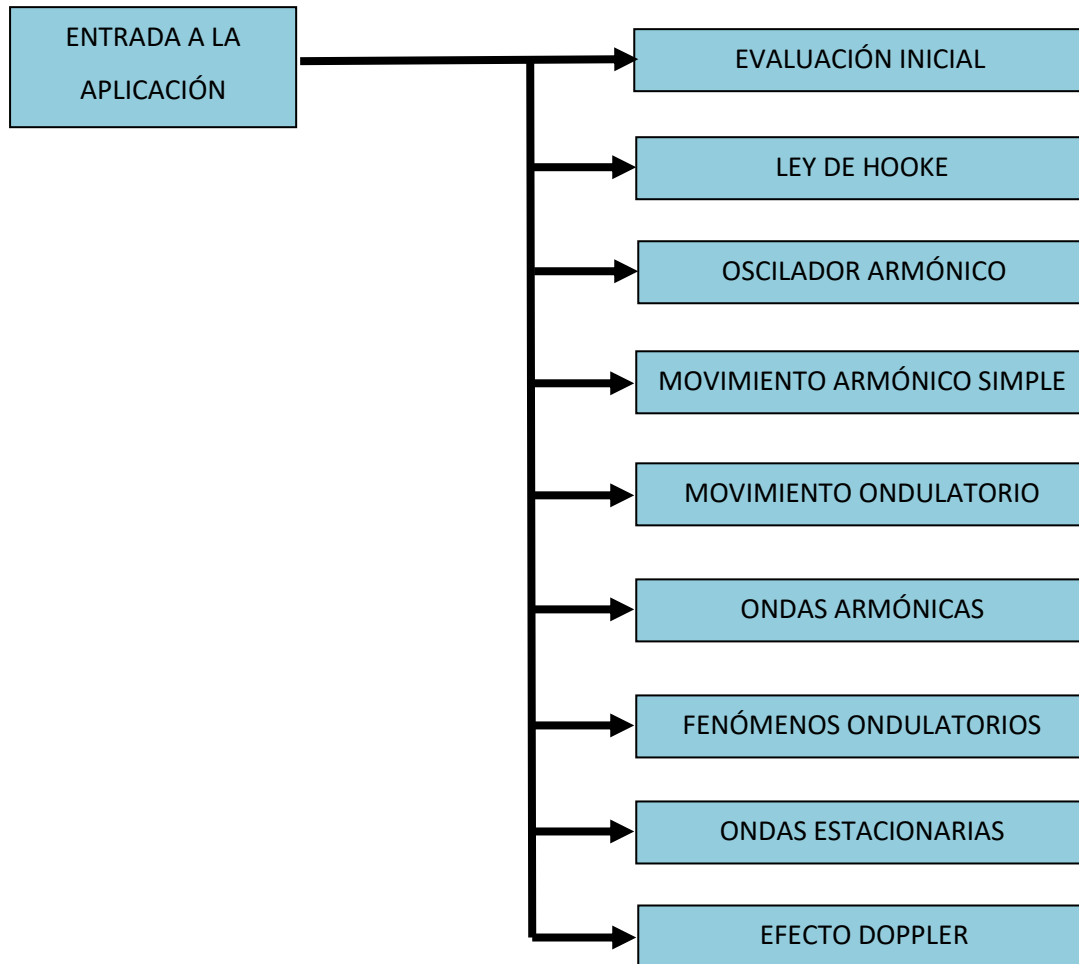
Para crear un vínculo con el currículo de la asignatura, se diseña el conjunto de simulador interactivo, en base a la unidad didáctica de ondas, de la asignatura Física del curso 2º de Bachillerato, de manera que los puntos principales de dicha unidad sean simulados dentro de la aplicación.

Será una aplicación en base web para poder integrar motores gráficos y de simulación de uso libre, y que podrá ser utilizada tanto desde plataforma ordenador, como dispositivo móvil. Asimismo, esta base permitirá acceder a incontable información disponible en internet, con enlaces específicamente insertados para ir directamente a donde mejor se esté explicando cada apartado conceptual.

En la Figura 2 se esquematiza la jerarquía de acceso a la información, de manera que, a partir del menú de presentación de la aplicación, se podrá ir directamente a cada uno de los apartados conceptuales. En el Anexo IV, figura 8, se ilustra cómo podría ser el potencial aspecto de este menú de entrada.

Figura 2

Esquema de acceso a cada apartado conceptual.



Fuente: Elaboración propia.

Cada uno de estos apartados constará de las siguientes posibilidades, a las que se accederá desde la pantalla principal del apartado conceptual correspondiente:

- Enlaces a información en la web, que muestren el fenómeno en la realidad, para tener unos antecedentes de qué es lo que se va a ver.
- Enlace a una explicación conceptual teórica, sin apoyo matemático, del fenómeno, para ir formando conceptualmente dicho fenómeno.
- Enlace a un simulador, donde se muestra cómo ocurre el fenómeno, y se le da la posibilidad de ir variando parámetros para ver el efecto.

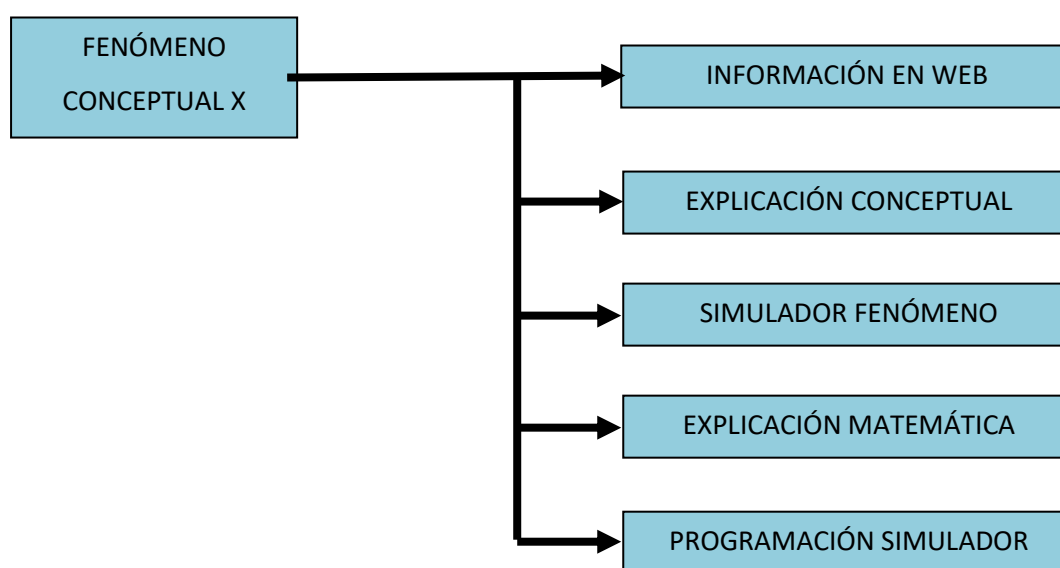
Cada parámetro irá unido a enlace para explicar qué es y cómo se considera en ese fenómeno.

- Continúa con explicación matemática en base a dichos parámetros de cómo se formula el fenómeno.
- Por último, se pone en descubierto la programación del simulador y sus partes, para que puedan los estudiantes ver cómo se ha integrado la matemática que explica el fenómeno.

Como se muestra en la Figura 3, el acceso a cada bloque de información es directo, desde el menú principal de cada apartado conceptual. Igualmente, en el Anexo IV, figura 9, se puede observar una potencial representación de este submenú de acceso.

Figura 3

Ordenación de la información en cada apartado conceptual.



Fuente: Elaboración propia.

La idea es conseguir que los alumnos vayan descubriendo, por sí mismos, de una manera natural, cómo se explican los fenómenos físicos con los modelos teóricos. Evidentemente nadie empezó explicando una observación de la naturaleza escribiendo fórmulas directamente, por ejemplo, al ver las olas de una piedra en un estanque.

El proceso natural es observar el fenómeno, entender por qué ocurre y, más tarde, encontrar el modelo teórico que ofrece una explicación. Si se trata que los alumnos sigan el mismo recorrido, es de esperar una mayor motivación en su aprendizaje y menor aversión a las Matemáticas necesarias para explicarlo.

Para el desarrollo de este proyecto, se combinarán tres metodologías principales:

- Metodología basada en problemas (ABP), pues se plantea un fenómeno el cual los estudiantes deben estudiar y proponer una hipótesis de su fundamento, y en la realización de las actividades verificar o no la validez de la misma.
- Método expositivo participativo, con uso de TIC. Se utilizarán los simuladores interactivos, para entender los fenómenos, y el profesor explicará los fundamentos. Se considera participativo por la propuesta de análisis previo de los fenómenos y puesta en común de conclusiones.
- En relación con la metodología de Aula Invertida, se proporcionarán los enlaces a la información, para que sea estudiado y trabajado por el estudiante en casa. En aula se dedica más tiempo para la resolución de dudas teóricas, y compartir con los demás compañeros lo aprendido, para de esta manera conseguir significar los conocimientos adquiridos.

Para ello, al inicio de cada fenómeno ondulatorio se les pedirá primero, que se informen sobre el mismo en casa, con investigación a partir de diferentes enlaces puestos a disposición, por medio de la aplicación. En la siguiente sesión, se realizará una puesta en común en clase y se presentarán las posibilidades del simulador y unas actividades a realizar con el mismo, dependiendo de cada fenómeno a estudiar.

Dependiendo del tipo de actividad se podrán acceder a todas las funciones de la herramienta o solo a algunas de ellas.

4.2 CONTENIDOS

Los medios para conseguir los objetivos definidos anteriormente son los contenidos establecidos en el Decreto 221/2015, de 2 de septiembre de 2015 (BORM núm. 203, jueves 3 septiembre 2015), para el curso de 2º Bachillerato, de la materia de Física. Por tanto, se han seleccionado los siguientes contenidos del Bloque IV “Ondas” para ser desarrollados dentro del marco de esta propuesta educativa:

- C1: Clasificación y magnitudes que caracterizan las ondas.
- C2: Ecuación de las ondas armónicas.
- C3: Energía e intensidad
- C4: Fenómenos ondulatorios: Interferencia y difracción, reflexión y refracción.
- C5: Ondas transversales en una cuerda. Ondas estacionarias.
- C6: Ondas longitudinales
- C7. El sonido.
- C8: Efecto Doppler.

Los contenidos específicos a trabajar en las actividades propuestas (apartados conceptuales a simular) serán los siguientes:

- Evaluación Inicial, como toma de contacto y de análisis de conocimientos previos.
- Ley de Hooke, para determinar parámetros de constante de elasticidad que se usan posteriormente.
- Oscilador Armónico, paso previo a analizar el movimiento armónico simple.
- Movimiento Armónico Simple, que establece las bases de conocimiento para los siguientes fenómenos.
- Movimiento Ondulatorio, con su clasificación y características principales. Este apartado a modo de documentación técnica y no simulado.
- Ondas Armónicas, como caso particular de movimiento armónico, donde sí que se simulará en detalle para captar los conceptos.

- Fenómenos Ondulatorios, como reflexión, refracción y difracción.
- Ondas Estacionarias, estudiando en particular cómo se comporta una cuerda fija por sus extremos.
- Efecto Doppler, último apartado a simular por las características especiales que tiene.

4.3 ACTIVIDADES

Para gestionar el proceso de Enseñanza-Aprendizaje de una manera lógica y estructurada, se organiza el uso de la herramienta de simulación sobre un conjunto de actividades creadas en base a los contenidos establecidos por el currículo, descritos en el punto anterior. Cada una de estas actividades se centrará en una materia específica, donde se podrán trabajar varios de los objetivos específicos de este proyecto.

En el Anexo I, se han reflejado todas las actividades, indicando los Objetivos Específicos a alcanzar, con cada una de ella, así como los contenidos que trabajan. En ese mismo Anexo I se indican las sesiones en las que se trabajarán dichas materias y la duración estimada para cada una de ellas.

El proyecto se dividirá en 3 fases (Inicial, Implementación y Cierre y Evaluación), como se indica en el apartado Temporalización.

La fase Inicial se debe dedicar al diseño y desarrollo de la aplicación en la que se basa este proyecto educativo, a realizar principalmente por el profesor o supervisado por el mismo con un equipo que esté capacitado a realizarlo. La fase de Cierre y Evaluación es la del análisis final del mismo. Todas las actividades a realizar con los alumnos se integran en la fase de Implementación y son las descritas en este apartado.

Para el desarrollo de las actividades, que a continuación se describen, se necesitará un total de 8 sesiones de clase.

La estructura de uso de la aplicación, en cada actividad, será del siguiente modo:

- La búsqueda de información web será una tarea a realizar en casa por los alumnos, en modo aula invertida. Se indicará cada vez que se vaya a iniciar un nuevo apartado conceptual. Las únicas excepciones están indicadas en las actividades en particular afectadas.
- La explicación conceptual se realizará, primero con la puesta en común por los alumnos de sus investigaciones en casa, y completado con la explicación proporcionada por el profesor, sin acudir al aparato matemático.
- La simulación del fenómeno, a modo general, se puede realizar tanto en casa como modalidad aula invertida, como en clase con la guía del profesor. Dependerá de la complejidad del apartado conceptual.
- La explicación matemática y las aclaraciones sobre cómo está programado el simulador, se realizarán en clase con la guía del profesor.

Actividades sesión 1

Actividad 1: Evaluación inicial.

Siempre es muy recomendable iniciar la tarea evaluando el estado inicial de conocimientos de los alumnos sobre una materia.

Esta actividad se realizará en clase por los alumnos, con la guía del profesor, utilizando los enlaces puestos en la aplicación para hacer la evaluación de conocimientos inicial. Se hace así para que aprendan el funcionamiento de la aplicación al ser la primera en usarlo.

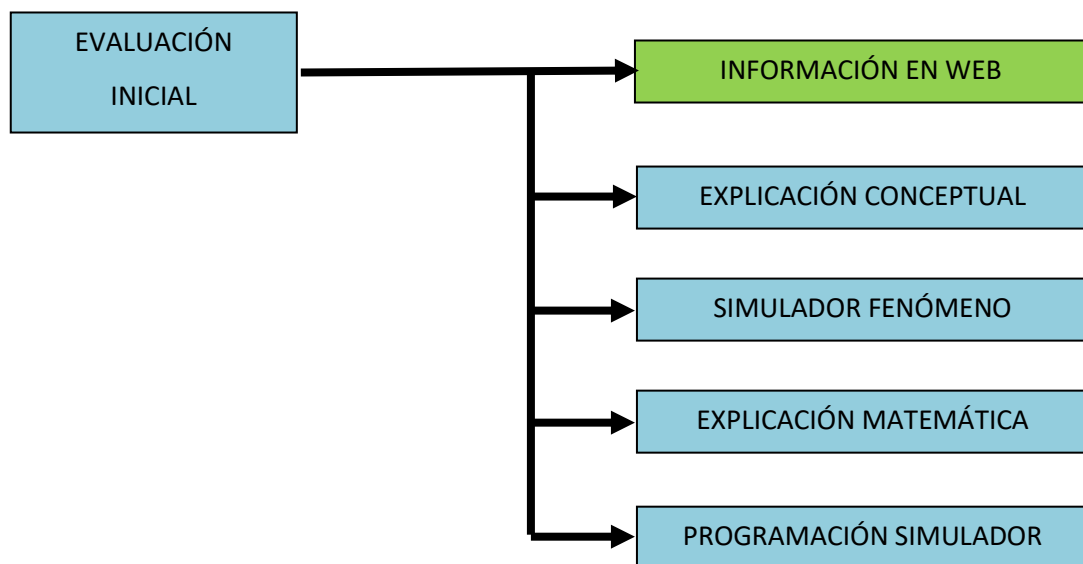
En este caso, se utilizarán cuestionarios tipo WebQuest, aprovechando el enlazador a herramientas web (como se indica sombreado en verde en Figura 4), para determinar conocimientos previos relativos a los siguientes fenómenos:

- Fenómenos ondulatorios naturales:
 - Terremotos
 - Tsunamis

- Olas
- Luz
- Sonido
- Fenómenos ondulatorios generados por el ser humano:
 - Cuerdas en instrumentos musicales
 - Sonido en instrumentos musicales
 - Transmisión de información a partir de ondas electromagnéticas
 - Uso de las ondas en detectores de radar

Figura 4

Funciones disponibles (en verde) para Evaluación Inicial.



Fuente: Elaboración Propia.

Actividad 2: Ensayo ley de Hooke

Esta actividad también se realizará en clase por los alumnos, con la guía del profesor. En este caso, se podrá acceder a todas las funciones (indicado sombreado en verde en Figura 5).

Esta primera actividad, que tiene el uso completo de funcionalidades, se hará en clase con la guía del profesor, para que los alumnos entiendan bien el funcionamiento de la propuesta, de manera que ya en las siguientes se les

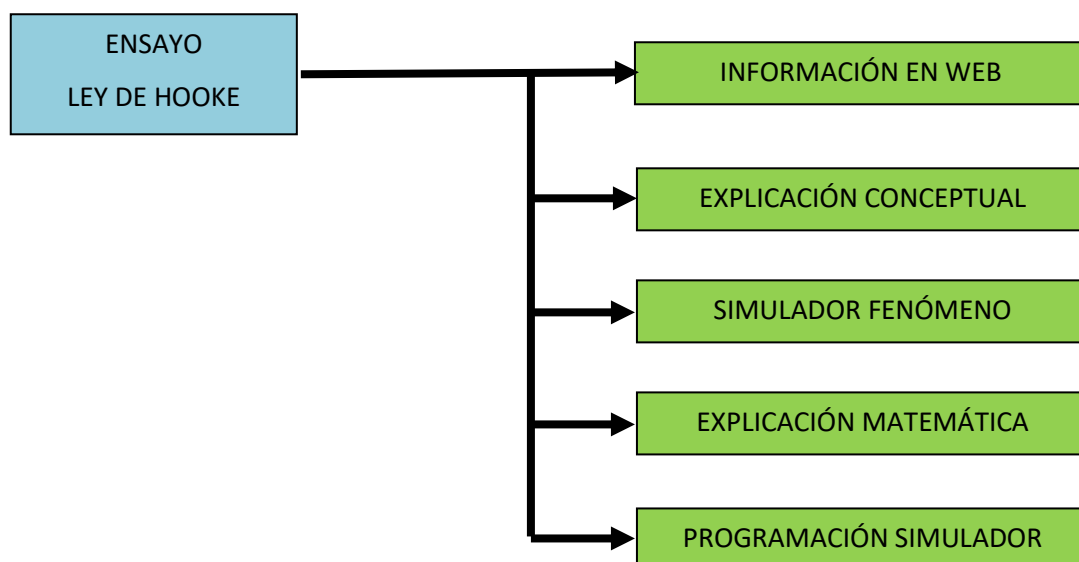
podrán ir encargando tareas en casa a modo de aula inversa, sobre todo para la recopilación de información en web.

Primero enlazador a información en web sobre este tipo de ensayo, después la explicación conceptual, adaptada por el profesor, sin entrar en los conceptos matemáticos, luego la simulación del fenómeno con la herramienta incluida en la aplicación, a continuación, la explicación matemática y, por último, una descripción de cómo está programado el simulador para entender su funcionamiento.

El simulador del fenómeno consistirá en simular un muelle con un conjunto de masas, colocando dicho muelle en un soporte vertical y una regla anexa, para medir su elongación, y así determinar la constante elástica del muelle o Ley de Hooke. Se puede observar en el Anexo IV, Figura 10, el aspecto preliminar que puede tener este simulador específico.

Figura 5

Funciones disponibles (en verde) para Ensayo Ley de Hooke.



Fuente: Elaboración Propia.

Actividad 3: Ensayo con oscilador para determinar características básicas MAS

Esta actividad ya se va a hacer parte en casa (en modalidad de aula inversa) y parte en clase por los alumnos, con la guía del profesor. Al igual que

el caso anterior, en este se tendría acceso a todas las funcionalidades, de igual manera que se indica en la figura 5.

Primero, de la misma manera que en la actividad 2, pero ahora en casa como aula invertida, se buscará información en la web sobre este tipo de experimento. Una vez en clase, los alumnos harán una puesta en común entre ellos y a continuación el profesor hará uso de la explicación conceptual enlazada en la aplicación.

A continuación, se hará uso del simulador en casa. En este caso, la simulación consiste en medir posición y tiempo del movimiento vertical, de una masa colocada en un muelle, simulando un oscilador armónico, con cálculo de posición, velocidad, aceleración, energía cinética, energía potencial y energía total, para llegar a ver que la energía total se mantiene constante durante el movimiento de la masa.

Ya de nuevo en clase, y con la experiencia de haber visto en casa cómo el simulador funciona variando los diferentes parámetros, el profesor continuará con la explicación matemática del fenómeno y con una explicación de cómo es la programación del simulador.

Actividades sesión 2

En este caso, todas las actividades relacionadas con el Movimiento Armónico Simple están agrupadas dentro del mismo apartado conceptual. Las funcionalidades disponibles son las mismas que las indicadas en la figura 5.

Se va a seguir la misma metódica que en la actividad 3, de manera que, para cada una de las actividades siguientes, el alumno deberá recopilar primero información en casa a través de los enlaces web. A continuación, ya en clase se hará primero una puesta en común entre los alumnos sobre el concepto Movimiento Armónico Simple. Esta puesta en común se completará con la explicación conceptual por parte del profesor.

Con el profesor, se realizará también la simulación del fenómeno en clase, pues en este caso, hay que determinar muchos más parámetros y ecuaciones,

y es interesante tener los conceptos claros. Y ya en cada una de las actividades, se entrará a la formulación matemática propia del apartado.

Todas estas actividades de la sesión 2 se realizarán en clase, guiadas por el profesor, dada la profundidad de los conceptos a tratar.

Actividad 4: Ecuación del MAS

Con la ayuda del profesor, a partir de las simulaciones realizadas, se realizará la deducción de la ecuación de posición del Movimiento Armónico Simple a partir de un movimiento circular uniforme.

En el anexo IV, figura 11, se muestra una potencial representación del simulador de este apartado.

Actividad 5: Cinemática del MAS

Igualmente, con la guía del profesor, a partir de la ecuación anterior, se deducirá la de velocidad y aceleración del Movimiento Armónico Simple, por medio de la primera y segunda derivada de la ecuación de posición.

Actividad 6: Dinámica del MAS

Utilizando las ecuaciones deducidas anteriores y con la aplicación de la ley fundamental de la dinámica, se deducirá que la fuerza es proporcional a la distancia al punto de equilibrio en un MAS. También será necesaria la participación del profesor, para guiar el proceso de aprendizaje.

Actividad 7: Energía del MAS

Ya, por último, a partir de la definición de energía cinética y energía potencial, se realizará la deducción de la energía de un Movimiento Armónico Simple.

Actividad 8: Péndulo simple

Determinación de los parámetros básicos de un péndulo simple y la relación entre periodo, longitud de la cuerda y constante de la gravedad. Este último

apartado completa todos los aspectos curriculares del Movimiento Armónico Simple.

Actividades sesión 3

En este caso, todas las actividades relacionadas con el Movimiento Ondulatorio están agrupadas dentro del mismo apartado conceptual. De nuevo, todas las funcionalidades están disponibles como en los apartados anteriores indicados. En el Anexo IV; Figura 12, se muestra un simulador de ondas en dos dimensiones como ilustración al concepto.

Dentro de cada apartado, se accederá a información específica sobre las siguientes actividades:

Actividad 9: Por medio, por tipo de propagación, por dirección de propagación.

Por medio de los enlaces a web, se les encargará a los alumnos que investiguen los diferentes tipos de ondas, modalidad de aula invertida, en función de sus características de medio de transmisión, tipología de vibración longitudinal o transversal y por dirección de propagación. Posteriormente, en clase deben exponer a sus compañeros el resultado de sus investigaciones y argumentar las cuestiones que puedan tener.

Actividad 10: Amplitud, longitud de onda, frecuencia y periodo de una onda.

Introducción a los conceptos básicos de movimiento armónico, con la definición de los parámetros principales que intervienen en su formulación.

En esta actividad se utilizarían tanto la información en web, primero en casa por los alumnos en modalidad aula invertida, y luego ya en clase como puesta en común y explicación conceptual por parte del profesor.

Por último, en clase con la guía del profesor, se realizaría la simulación del fenómeno, explicación de los conceptos matemáticos subyacentes y explicación del simulador.

Actividad 11: Doble periodicidad.

Esta actividad inicia un nuevo módulo, el denominado Ondas Armónicas. En este caso se haría uso de todas las funciones de la herramienta, del mismo modo que se indicaba inicialmente en la Figura 5.

Siguiendo la misma metodología anterior, el apartado de búsqueda de información en web se dejará para realizar en casa por cada alumno, y en clase se realizará la puesta en común y explicación conceptual con la guía del profesor.

Como primera actividad, se trata de la deducción de la ecuación de posición de un movimiento armónico, a partir de las ecuaciones de movimiento armónico simple, y explicación del concepto de doble periodicidad, en función de tiempo y espacio. Deducción de las ecuaciones de velocidad y aceleración a partir de la primera y segunda derivada de la ecuación de posición.

Actividades sesión 4

En esta sesión se continuaría haciendo uso de las funciones incorporadas en el módulo ondas armónicas, y con la misma metodología que se ha indicado anteriormente, de búsqueda de información por parte de los alumnos en casa y completar en clase con las indicaciones del profesor, tanto las explicaciones conceptuales como uso de simulador y aparato matemático.

Actividad 12: Energía de una onda armónica

A partir de la ecuación de velocidad de la onda armónica y, usando el concepto de energía cinética, se deduce la energía transportada por una onda armónica, en función de los parámetros básicos de masa, amplitud y frecuencia. Se les introduce el concepto de densidad lineal, densidad superficial y volumétrica, para los cálculos correspondientes de energía transportada por unidad de longitud, superficie y volumen.

Actividad 13: Potencia de una onda armónica.

A partir de la energía anterior, y como cociente entre energía y unidad de tiempo se deduce la potencia.

Actividad 14: Intensidad de una onda armónica.

Se introduce el concepto de intensidad, como potencia por unidad de superficie, y se deducen las relaciones de intensidad, en función de distancia, de intensidad en función de amplitud y, como consecuencia, de amplitud en función de distancia.

Actividad 15: Nivel de intensidad.

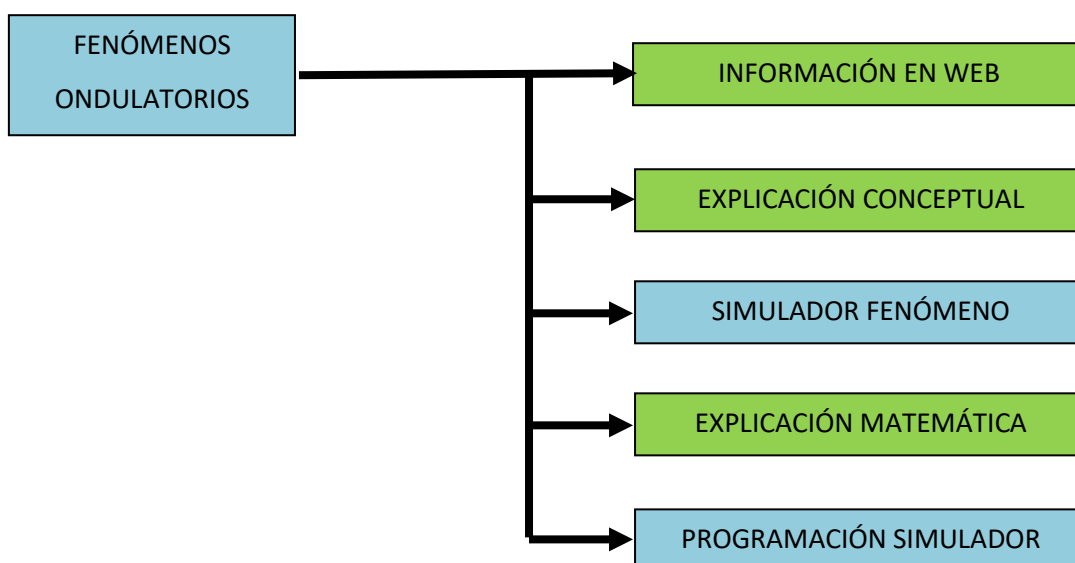
Se explica el concepto de sensación sonora y la clasificación de los sonidos, en función del nivel de intensidad. Se aplican las herramientas matemáticas relacionadas con los logaritmos, para el cálculo del nivel de intensidad.

Actividades sesión 5

Esta sesión se centra en los diversos fenómenos ondulatorios, apoyándose fundamentalmente en información obtenida en la web, explicación teórica conceptual y posteriormente trabajo matemático que le sustenta, tal y como se indica en Figura 6 (sombreado en verde).

Figura 6

Funciones disponibles para Fenómenos Ondulatorios.



Fuente: Elaboración Propia.

Los fenómenos ondulatorios se mandarán como ejercicio para realizar en casa, tipo aula invertida, aprovechando los enlaces a web y la explicación teórica conceptual, para que investiguen los diferentes fenómenos.

Actividad 16: Reflexión

En concreto, se les pedirá a los alumnos que expliquen cómo funciona la reflexión y los parámetros más importantes a tener en cuenta.

Actividad 17: Refracción

En este caso, se les pedirá a los alumnos que expliquen cómo funciona la refracción, y los parámetros más importantes a tener en cuenta. Se explicarán los cambios de velocidad de una onda en cambios de medio de transmisión, y la importancia de tener claro que la frecuencia es un parámetro constante en dicho cambio y lo que cambia es la longitud de onda.

Actividad 18: Principio de Huygens y Difracción

Se continuará pidiéndoles que expliquen cómo funciona la difracción y el principio de Huygens y, así como, los parámetros más importantes a tener en cuenta.

Este fenómeno se podrá simular en la aplicación, con un el equivalente de una cuba de agua con un obstáculo, con un orificio de tamaño adecuado para permitir el fenómeno de difracción.

Actividad 19: Polarización

En concreto, se les pedirá que expliquen cómo funciona la polarización, así como los parámetros más importantes a tener en cuenta.

Actividad 20: Interferencias

Para las interferencias, se les explicará a los estudiantes conceptualmente el concepto de solapamiento de fenómenos y linealidad en los fenómenos

conjuntos, para empezar a entender el fenómeno e introducir después las ondas estacionarias.

Actividades sesión 6

Las actividades de esta sesión se centrarán en las ondas estacionarias, donde de nuevo, se podrá acudir a todas las funciones disponibles, según se indica en la Figura 5 anteriormente indicada. También se puede ver en el Anexo IV, Figura 13, otra ilustración de potencial simulador de este fenómeno.

Actividad 21: Cuerda fija por sus extremos

Primero se les pedirá a los alumnos una investigación en casa con la información vía web, para informarse de este fenómeno y sus aplicaciones, por ejemplo, en el campo de los instrumentos musicales de cuerda.

A continuación, se realizará la puesta en común en clase entre alumnos y la explicación conceptual por parte del profesor.

Ya con el uso del simulador, se empezarán a introducir los parámetros y conceptos que influyen en este fenómeno, para a continuación entrar en el desarrollo matemático de la ecuación de posición de una onda estacionaria, por principio de interferencia, a partir de las ecuaciones de posición de onda primigenia y onda reflejada.

Se demuestra que, la ecuación resultante, determina una amplitud máxima diferente, en función de la posición en la cuerda.

Actividad 22: Nodos y vientres

Se explican los conceptos de nodo y vientre y cómo se calculan las distancias entre ellos en función de la longitud de onda. Para esta actividad, las funciones de búsqueda de información en web y explicación conceptual son fundamentales, con su uso por parte de los alumnos en casa y posterior puesta en común, con explicaciones adicionales por parte del profesor, en clase.

Actividad 23: Armónicos

Se introduce el concepto de vibración, en modo fundamental, y del resto de armónicos como múltiplos del armónico fundamental. Se hace un experimento en clase con una cuerda atada entre dos puntos, para enseñar el fenómeno de nodos y vientres.

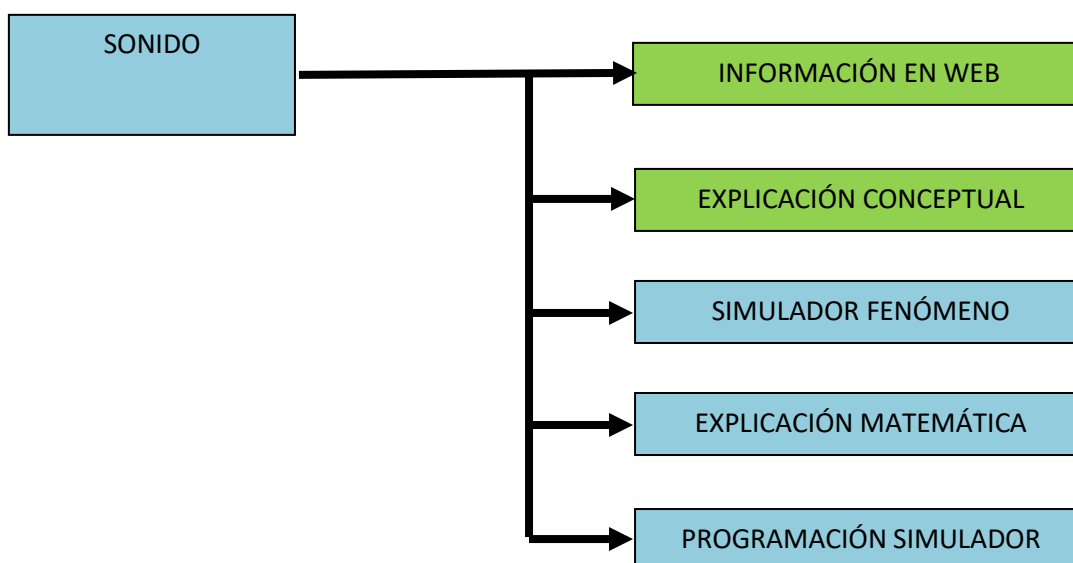
Este experimento, que es sencillo de realizar, puede servir para confirmar con una experiencia física los conceptos simulados con el simulador virtual, para ayudar a entender cómo este replica la realidad.

Actividades sesión 7

En esta sesión se utilizan únicamente las funciones de búsqueda en la web y explicación teórica conceptual, indicado en la Figura 7.

Figura 7

Funciones disponibles para Sonido.



Fuente: Elaboración Propia.

Actividad 24: Cualidades del sonido

También, como ejercicio de aula invertida, se les encarga a los alumnos una investigación sobre las cualidades del sonido, de sus principales parámetros

como intensidad, tono y timbre, para que expongan a los compañeros y argumenten las respuestas a las preguntas que se originen en el debate.

Actividad 25: Límites auditivos

Parte de la investigación es también determinar los límites auditivos humanos, tanto el umbral de audición como el umbral del dolor, y establecer las diferencias con los de determinados animales como perros o murciélagos. Deberán exponer al grupo las conclusiones de su estudio.

Actividad 26: Contaminación sonora

Como trabajo de investigación, el alumno deberá indagar sobre los efectos sobre la salud que se producen por contaminación sonora, tanto en ambientes comunes de ciudad, como en lugares de trabajo, así como sobre las protecciones que se deben poner tanto a las fuentes del sonido, como a los posibles afectados por las mismas.

Actividades sesión 8

Se completa todo el alcance proyectado para esta herramienta docente con las actividades asociadas al Efecto Doppler, con acceso a todas las funciones disponibles en la aplicación como se indica anteriormente, en la figura 5.

Del mismo modo que en diversas actividades anteriores, se dejará la búsqueda de información en web, como tarea para casa en modalidad aula invertida, y se completarán en clase la puesta en común, explicación conceptual, uso del simulador guiado por el profesor, explicación matemática y del simulador también por el profesor.

Actividad 27: Foco emisor en movimiento y observador estático

Se explica el efecto Doppler y cómo cambia la percepción en función de si el foco de emisión se mueve o se aleja. Se deducen las ecuaciones que afectan a la frecuencia percibida, en función del movimiento del foco emisor.

Actividad 28: Foco emisor estático y observador en movimiento

Con los mismos fundamentos teóricos, se realiza la deducción de las ecuaciones sobre la frecuencia percibida, en función del movimiento del observador con un foco emisor estático.

Actividad 29: Foco y observador en movimiento

Se generalizan las ecuaciones para el caso general de foco y observador en movimiento.

4.4 RECURSOS

Para el desarrollo de las actividades indicadas y su incorporación a la herramienta de simulador, los siguientes materiales y recursos didácticos serán utilizados por el docente:

- Bibliotecas de simuladores online, preferiblemente PhET (*Physics Education Technology* de la Universidad de Colorado), para incluir en las diferentes herramientas de simulación
- Apuntes, de elaboración propia, para completar los apartados de explicación teórica conceptual y desarrollo matemático, de cada fenómeno indicado anteriormente.
- Biblioteca de enlaces a explicaciones en web de los diferentes fenómenos estudiados.
- Descripción conceptual de los simuladores para explicar cómo se genera la simulación y qué importancia tiene la matemática en su constitución.

El docente necesitará asimismo de los siguientes recursos para poder desarrollar este proyecto educativo, en la fase inicial de desarrollo:

- Ordenador portátil con conexión a red
- Conocimientos de programación en Javascript, aunque no es mandatorio si se sabe enlazar desde una aplicación sencilla la información disponible en red.
- En caso de no disponer de los conocimientos necesarios, sería conveniente el uso de recursos personales del ámbito de

programación que puedan implementar las ideas derivadas del proyecto de una forma sencilla y accesible. Siempre es posible acudir a especialistas dentro de la misma institución de enseñanza o grupos de alumnos del entorno TIC que pueden desarrollar una aplicación similar a la descrita.

Los alumnos que participen en este proyecto educativo necesitarán también recursos tipo TIC, en cualquiera de sus variantes:

- Ordenador portátil o fijo
- Dispositivo móvil tipo tableta o smartphone.

Por las características del proyecto de entorno de simulación virtual, no son necesarios recursos espaciales determinados.

4.5 TEMPORALIZACIÓN

Para la implementación de este proyecto educativo se consideran las siguientes fases:

- **FASE INICIAL:** Esta fase es responsabilidad del profesor, de preparación de toda la aplicación, generación de todos los enlaces tanto a web como a las explicaciones teóricas conceptuales como matemáticas y al conjunto de simuladores disponibles. Se estima un tiempo mínimo de preparación de la aplicación de aproximadamente 3 meses, en función de los simuladores disponibles y de la información que hay que generar específica.
- **FASE IMPLEMENTACIÓN:** Se explica en detalle en el apartado Actividades. Las sesiones previstas de uso de la aplicación con los alumnos están también descritas en el Anexo I.
- **FASE CIERRE Y EVALUACIÓN:** En esta fase se evalúa la efectividad del proyecto educativo, comparando con grupos donde no se esté utilizando esta herramienta, tanto a nivel académico de aprovechamiento de los alumnos, como a nivel motivacional entre los mismos, a través de consultas realizadas previas y posteriores

sobre la materia. Se analizarán los resultados y se corregirán aquellos puntos de mejora detectados, para siguientes cursos.

Esta herramienta, como ya se ha indicado anteriormente, está dirigida al alumnado que cursa la asignatura de Física de 2º de Bachillerato. En concreto, se llevará a cabo la fase de implementación a lo largo del segundo trimestre del curso escolar. La planificación de la ejecución de la misma ha sido de 8 sesiones de clase de 55 minutos, según se indica en el Anexo II, que se desarrollarán a lo largo de 2 semanas, de forma consecutiva, teniendo en cuenta que se imparten 4 horas de esta asignatura semanalmente. En el apartado de Actividades se detallan aquellas que deben realizarse en casa, en modalidad aula invertida.

5. EVALUACIÓN

La evaluación será continua durante las fases inicial y de implementación, con una etapa adicional de cierre y evaluación final, para extraer conclusiones del funcionamiento del proyecto educativo. La evaluación del proyecto comprenderá dos grandes evaluaciones:

- La de los alumnos, en su aprovechamiento académico de este proyecto educativo
- La del propio proyecto, tomando en cuenta:
 - La anterior evaluación de los alumnos
 - El grado de motivación adquirido de los mismos
 - El grado de asimilación de los conceptos matemáticos subyacentes.

5.1 EVALUACIÓN DE LOS ALUMNOS

Para la evaluación de los resultados académicos, en cualquier caso, hay que establecer unos criterios claros, tanto para el grupo de control como para el grupo de estudio, que permitan extraer claras conclusiones de la eficacia del proyecto educativo.

La evaluación es una de las partes más importantes de la labor docente, para tratar de verificar la eficacia de los métodos didácticos utilizados y constatar el correcto proceso de Enseñanza-Aprendizaje en los alumnos sujetos a este proyecto educativo. El Decreto 221/2015 de 2 de septiembre de 2015 (BORM núm. 203, jueves 3 septiembre 2015), que establece el currículo de Bachillerato recoge, asimismo, tanto los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje a evaluar.

La evaluación académica no debe centrarse únicamente en un mero cálculo aritmético de calificaciones obtenidas en diferentes exámenes, sino que debe tener una perspectiva más global, prestando atención otros factores más cualitativos y menos cuantitativos. En cualquier caso, hay que establecer también pruebas de evaluación que determinen, de una manera más objetiva,

en qué grado han sido afianzados los conocimientos por los alumnos. Es labor del docente tener la suficiente perspectiva para complementar los resultados de dichas pruebas, con la visión general anteriormente indicada.

Las diferentes actividades se clasifican en función de los siguientes instrumentos de evaluación (las abreviaturas indican cada prueba en el anexo III):

- Prueba escrita → EX
- Trabajo con el simulador → SIM
- Tareas de casa con la herramienta → TC

Cuando un estándar se evalúe con distintos instrumentos, la calificación final del estándar será la media ponderada de las calificaciones obtenidas con los mismos, teniendo las pruebas escritas y los trabajos de investigación o indagación un peso del 80% y los demás instrumentos el 20% restante.

En el Anexo III se asocian dichos criterios de evaluación y estándares, a las actividades propuestas y objetivos específicos (OE) del proyecto para, a continuación, establecer el método de evaluación elegido para cada actividad (ACT), indicando el tipo de instrumento de evaluación (IE) y el % de calificación a tener en cuenta para la calificación final de la materia.

Para las actividades evaluadas con una prueba escrita, se valorará cada estándar de aprendizaje de cero a diez. Para las pruebas evaluadas de trabajo de casa y simulador, se usará la tabla 1 como rúbrica de evaluación.

Tabla 1

Rúbrica de evaluación para trabajos de casa y simulador.

Rúbrica de evaluación trabajos de casa y uso simulador	
0 – Nivel muy deficiente o nulo	6 – Nivel básico adquirido
2 – Nivel básico no adquirido	8 – Nivel medio adquirido
4– Nivel básico en proceso de adquisición	10 – Nivel avanzado adquirido

Se utilizarán los valores intermedios de la tabla 1, para evaluar el grado de interés mostrado por el alumno e implicación en la ejecución.

Para las actividades que tengan calificación, tanto por parte de examen escrito como por simulador, la calificación del estándar se realizará según la siguiente formulación:

$$\text{Nota Estándar Aprendizaje} = \text{Nota Prueba Escrita} * 80\% + \text{Nota Simulador} * 20\%$$

La calificación final académica se obtendrá calificando cada estándar de aprendizaje por su peso establecido, de la siguiente manera:

$$\text{Calificación} = \sum A_i \times \%_i$$

Con A_i , cada una de las actividades calificables y $\%_i$, cada uno de los pesos establecidos para cada Estándar de Aprendizaje en la Programación del departamento de Física y Química, para este curso, según se indica en el Anexo III.

5.2 EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Para la evaluación de este proyecto de innovación educativa se van a tener en cuenta los siguientes puntos clave:

- Establecimiento de un grupo de alumnos control y otro de estudio.
- El grupo de control seguirá una didáctica tradicional en la formación del bloque curricular IV Ondas de 2º Bachillerato Física
- El grupo de estudio seguirá la didáctica propuesta en este trabajo
- Previo al inicio de la fase de implementación se realizarán test en ambos grupos, para evaluar su motivación al estudio de estas materias.
- Tras la fase de implementación, se realizarán de nuevo test, para evaluar el estado de motivación sobre las mismas materias.
- Asimismo, se evaluarán los resultados académicos de los estudiantes de ambos grupos, con las correcciones estadísticas

pertinentes, para equiparar ambos grupos en base a su histórico previo y para filtrar otros posibles efectos paralelos.

- Durante la fase de implementación, el docente deberá ir estudiando cómo los estudiantes asimilan las materias, para ir anotando aquellas que, conceptualmente, todavía resulten complejas.
- Asimismo, se establecerá un test de evaluación de capacidades matemáticas adquiridas, tras la fase de implementación, tanto en el grupo de control como en el grupo de estudio.

Con toda esta información recopilada, se realizará un informe de evaluación en el que se detallarán:

- Grado de motivación inicial y final de cada grupo.
- Grado de rendimiento académico, al finalizar la fase de implementación, de cada grupo.
- Apartados conceptuales donde la aplicación de simulación ha ayudado más a entender el fenómeno y aquellos donde todavía presenta deficiencias
- Grado de entendimiento de los fundamentos matemáticos, tras la explicación de los diferentes apartados conceptuales.

Toda esta información se tabulará según la tabla 2.

Tabla 2

Criterios de evaluación conjunta del proyecto educativo propuesto.

Rúbrica de evaluación del proyecto educativo		
PARÁMETRO	GRUPO CONTROL	GRUPO ESTUDIO
Motivación previa		
Motivación posterior		
Rendimiento medio académico		
Grado entendimiento de los fundamentos matemáticos		

Con esta herramienta, se podrá valorar si este proyecto educativo, en su conjunto, está consiguiendo mejorar el proceso Enseñanza-Aprendizaje de esta materia, o si hay que tomar medidas correctoras, en el caso de que o bien la motivación de los alumnos o bien sus resultados académicos, no evolucionen de la forma esperada.

6. REFLEXIÓN Y VALORACIÓN FINAL

A modo personal, se ha comprobado durante el periodo práctico que las carencias, en cuanto a habilidades matemáticas y abstracción de conceptos físicos son una triste realidad, incluso con alumnos de grupos avanzados, dificultándoles no solo el acceso a conceptos físicos más profundos, sino la simple solución de problemas triviales.

Esto ha llevado a plantear el uso de una herramienta que aúne en sí un proceso de aprendizaje por descubrimiento, que permita a los alumnos el hacer su propio proceso de aprendizaje individualizado, sentar la base de los conceptos abstractos y visualizarlos por medio de la simulación, antes de entrar en el cuerpo matemático que los sustenta.

Las herramientas utilizadas ya existen, sin embargo, el ordenarlas de esta manera es donde se encuentra su mayor novedad e interés. Lo aquí planteado es un bosquejo de las posibilidades que se pueden presentar con aplicaciones de este tipo. Evidentemente, su implementación llevaría un largo periodo de preparación, y afrontaría sin duda dificultades técnicas que, en cualquier caso, no se piensa que sean insalvables, al nivel que está la técnica actualmente.

Uno de los puntos que habría que trabajar en la implementación real de este tipo de herramienta simulador es el atractivo de uso para los alumnos, para que sea motivante su utilización. Está claro que, unos alumnos motivados aprenderán mucho más que aquellos que sienten aversión por una materia y, en el diseño de la herramienta, se debe cuidar el aspecto de accesibilidad, es decir, que no se perciba dificultad en su uso, para que el mismo sea lo más natural para los alumnos.

La utilidad que este proyecto tiene, en humilde opinión de este autor, es el posibilitar el aprendizaje por descubrimiento a los alumnos. Primero mejorando su motivación, al provocar curiosidad por un fenómeno, dejando al margen los conceptos matemáticos que les pueden provocar aversión. Segundo, permitiéndoles simular el fenómeno y jugar con diferentes parámetros, para ir

entendiendo el significado de los mismos. Por último, al entrar ya en detalle teórico y matemático, una vez asimilados los conceptos previos.

Todo el estudio realizado de la literatura previa lleva a pensar que una implementación del aprendizaje, por medio de un método de este tipo, debe permitir primero, una asimilación de los conocimientos más firme y segundo, su reflejo en las calificaciones de los alumnos que les permitan superar con éxito un curso tan clave como es segundo de Bachillerato. Ese enfoque y objetivo es el que ha guiado a este autor a hacer este planteamiento.

Como se ha indicado ya en la justificación, un planteamiento de este tipo es totalmente extrapolable a muchos otros campos de la Física, de manera que se pueden adaptar los currículos de otros bloques a conceptos que aúnen el descubrimiento por parte de los alumnos, la ilustración conceptual y su simulación posterior, previo a introducir todo el instrumento matemático.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science education*, 88(5), 683-706.
- Angell, C., Lie, S., & Rohatgi, A. (2011). TIMSS Advanced 2008: Fall i fysikk-kompetanse i Norge og Sverige. *Nordic Studies in Science Education*, 7(1), 17-31.
- Arandes-Tejerina, O. (2019). *La transición educativa entre Secundaria y Bachillerato a través de las magnitudes vectoriales en física* [Trabajo Fin de Máster, Universidad Católica de Murcia]. https://repositorio.ucam.edu/bitstream/handle/10952/4057/Arandes_Tejerina_Oscar.pdf?sequence=1
- Bagatin, A. C., López, M. Á., Vázquez, T. B., Ávalos, S. H., Prados, A. H., Marín, J. C. M., Sánchez, M. O., Herranz, J. R., Vázquez, J. M. T., y Monllor, F. V. (2016). Destrezas matemáticas previas de los estudiantes de Grado en Ingenierías y Arquitectura (II). In *XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria: investigación, innovación y enseñanza universitaria: enfoques pluridisciplinares* (pp. 2452-2465). Instituto de Ciencias de la Educación.
- Bedoya, J. L. A., & Chavarriaga, J. A. G. (2019). Los simuladores: estrategia didáctica en la inclusión de los conceptos matemáticos en la Física. *Revista Científica*, 1, 110-120.
- Bruner, J. S. (2018). *Desarrollo cognitivo y educación*. Ediciones Morata.
- Brusquetti, C. (2011). Los simuladores educativos y su función como herramienta de aprendizaje. *Obtenido de <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/los-simuladores-educativos-y-su-funcion-como-herramienta-de-aprendizaje-287876.html>*.

- Castells, M. (2001). *La galaxia Internet. Reflexiones sobre Internet, empresa y sociedad*. Plaza & Janés.
- Dezcallar, T., Clariana, M., Cladellas, R., Badia, M., & Gotzens, C. (2014). La lectura por placer: su incidencia en el rendimiento académico, las horas de televisión y las horas de videojuegos. *Ocnos: Revista de estudios sobre lectura*, 12, 107-116.
- Doorman, L. M., & Gravemeijer, K. P. E. (2008, September). Learning mathematics through applications by emergent modeling: The case of slope and velocity. In *Proceedings of the second international symposium on mathematics and its connections to the arts and sciences (MACAS2)* (pp. 37-56).
- Fernández-Lázaro, Á. (2013). *Dificultades y errores en el aprendizaje de las matemáticas en ESO y Bachillerato. Análisis de un caso práctico* [Trabajo Fin de Máster, Universidad Internacional de la Rioja]. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/1808>
- Hansson, L., Hansson, Ö., Juter, K., & Redfors, A. (2015). Reality–theoretical models–mathematics: A ternary perspective on physics lessons in upper-secondary school. *Science & Education*, 24(5), 615-644.
- Idarraga, O. L. (2003). La historia del lenguaje escrito: La evolución de la escritura hasta nuestros días. *Ánfora: Revista Científica de la Universidad Autónoma de Manizales*, 11(18), 125-144.
- Jonassen, D. H. (1996). *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. Prentice-Hall, Inc.
- Marcos García, J. J. (2012). Historia del alfabeto y de las letras del abecedario romano. *Lingua*, 2, 65.
- McLuhan, M. (1969). *The Gutenberg Galaxy. 1962*. New York: Signet.
- Peralta, D., Aramburu, V., Argüello, E., & Martín, L. (2015). Empleo de software y simuladores educativos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la

física. *Revista Electrónica de Educación En Ciencias y Tecnología*, 6(1), 16-30.

Ron, J. M. S. (2004). Einstein, la relatividad y las matemáticas. *La Gaceta de la RSME*, 7(1), 153-184.

Rubio, J. (2010). Diseño de una unidad didáctica para la enseñanza de la revolución de las comunicaciones. *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 64, 46-58.

Sánchez, A., Sierra, J. L., Martínez, S., & Perales Palacios, F. J. (2005). El aprendizaje de la Física en Bachillerato: investigación con simuladores informáticos versus aula tradicional. *Enseñanza de las ciencias*, (Extra), 1-4.

Sánchez, D. J. M. (2004). De la Galaxia Gutenberg a la Galaxia Internet: la «itinerancia» en la lectura. *Comunicar*, 23, 124-128.

Sierra, J. L., Palacios, F. J. P., Martínez, A. S., & López, S. M. (2007). Aprendiendo física en bachillerato con simuladores informáticos. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 51, 89-97.

Uhden, O., Karam, R., Pietrocola, M., & Pospiech, G. (2012). Modelling mathematical reasoning in physics education. *Science & Education*, 21(4), 485-506.

8. ANEXOS

ANEXO I. Listado de Actividades asociadas a OE y Contenidos

SESIÓN	ACTIVIDAD/MATERIA	DURACIÓN (minutos)	Objetivo específico	Contenido
1	A1: Evaluación inicial	25	OE1	-
	A2: Ensayo ley de Hooke	10	OE1-OE2-OE3	-
	A3: Ensayo con oscilador para determinar características básicas MAS.	20	OE1-OE2-OE3	-
2	A4: Ecuación del MAS	15	OE1-OE2-OE3	-
	A5: Cinemática del MAS	10	OE1-OE2-OE3	-
	A6: Dinámica del MAS	10	OE1-OE2-OE3	-
	A7: Energía del MAS	10	OE1-OE2-OE3	-
	A8: Péndulo simple	10	OE1-OE2-OE3	-
3	A9: Por medio, por tipo de propagación, por dirección de propagación.	15	OE1	C1
	A10: Amplitud, longitud de onda, frecuencia y periodo de una onda	20	OE1-OE2	C1
	A11: Doble periodicidad	20	OE1-OE2-OE3	C2
4	A12: Energía de una onda armónica	15	OE1-OE2-OE3	C3
	A13: Potencia de una onda armónica	15	OE1-OE2-OE3	C3
	A14: Intensidad de una onda armónica	15	OE1-OE2-OE3	C3
	A15: Nivel de intensidad	10	OE1-OE2-OE3	C3
5	A16: Reflexión	10	OE1	C4
	A17: Refracción	15	OE1	C4
	A18: Principio de Huygens y Difracción	10	OE1	C4
	A19: Polarización	5	OE1	C4
	A20: Interferencias	15	OE1	C4
6	A21: Cuerda fija por sus extremos	30	OE1-OE2-OE3	C5
	A22: Nodos y vientres	15	OE1-OE2-OE3	C5
	A23: Armónicos	10	OE1-OE2-OE3	C5
7	A24: Cualidades del sonido	20	OE1	C7
	A25: Límites auditivos	20	OE1	C7
	A26: Contaminación sonora	15	OE1	C7
8	A27: Foco emisor en movimiento y observador estático	20	OE1-OE2-OE3	C8

	A28: Foco emisor estático y observador en movimiento	15	OE1-OE2-OE3	C8
	A29: Foco y observador en movimiento	10	OE1-OE2-OE3	C8

ANEXO II. Temporalización de sesiones y actividades durante la fase de implementación

SESIÓN	CONTENIDOS (C)	ACTIVIDAD/MATERIA	DURACIÓN (minutos)
1	Detección conocimientos previos	A1: Evaluación inicial	25
		A2: Ensayo ley de Hooke	10
		A3: Ensayo con oscilador para determinar características básicas MAS.	20
2	Detección conocimientos previos: Movimiento Armónico Simple	A4: Ecuación del MAS	15
		A5: Cinemática del MAS	10
		A6: Dinámica del MAS	10
		A7: Energía del MAS	10
		A8: Péndulo simple	10
3	C1: Clasificación y magnitudes que las caracterizan	A9: Por medio, por tipo de propagación, por dirección de propagación.	15
		A10: Amplitud, longitud de onda, frecuencia y periodo de una onda	20
	C2: Ecuación de las ondas armónicas	A11: Doble periodicidad	20
4	C3: Energía e intensidad	A12: Energía de una onda armónica	15
		A13: Potencia de una onda armónica	15
		A14: Intensidad de una onda armónica	15
		A15: Nivel de intensidad	10
5	C4: Fenómenos ondulatorios: Interferencia y difracción, reflexión y refracción	A16: Reflexión	10
		A17: Refracción	15
		A18: Principio de Huygens y Difracción	10
		A19: Polarización	5
		A20: Interferencias	15
6	C5: Ondas transversales en una cuerda. Ondas estacionarias	A21: Cuerda fija por sus extremos	30
		A22: Nodos y vientres	15
		A23: Armónicos	10

7	C6: Ondas longitudinales. El sonido	A24: Cualidades del sonido	20
		A25: Límites auditivos	20
		A26: Contaminación sonora	15
8	C7: Efecto Doppler	A27: Foco emisor en movimiento y observador estático	20
		A28: Foco emisor estático y observador en movimiento	15
		A29: Foco y observador en movimiento	10

ANEXO III. Criterios de evaluación asociados a contenidos y estándares de aprendizaje para cada actividad evaluable.

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN	ESTÁNDARES DE APRENDIZAJE	ACT.	OE	IE	%
C1: Clasificación y magnitudes que las caracterizan	2. Identificar en experiencias cotidianas o conocidas los principales tipos de ondas y sus características.	2.1. Explica las diferencias entre ondas longitudinales y transversales a partir de la orientación relativa de la oscilación y de la propagación.	A9	OE1	EX	0,88
		2.2. Reconoce ejemplos de ondas mecánicas en la vida cotidiana.	A10	OE1 OE2	EX	0,88
C2: Ecuación de las ondas armónicas	1. Asociar el movimiento ondulatorio con el movimiento armónico simple.	1.1. Determina la velocidad de propagación de una onda y la de vibración de las partículas que la forman, interpretando ambos resultados.	A11	OE1 OE2 OE3	EX SIM	1,14
	3. Expresar la ecuación de una onda en una cuerda indicando el significado físico de sus parámetros característicos.	3.1. Obtiene las magnitudes características de una onda a partir de su expresión matemática.				1,14
		3.2. Escribe e interpreta la expresión matemática de una onda armónica transversal dadas sus magnitudes características.				1,14
	4. Interpretar la doble periodicidad de una onda a partir de su frecuencia y su número de onda.	4.1. Dada la expresión matemática de una onda, justifica la doble periodicidad con respecto a la posición y el tiempo.				0,88
C3: Energía e intensidad	5. Valorar las ondas como un medio de transporte de energía, pero no de masa.	5.1. Relaciona la energía mecánica de una onda con su amplitud.	A12	OE1 OE2 OE3	EX	0,88
		5.2. Calcula la intensidad de una onda a cierta distancia del foco emisor, empleando la ecuación que relaciona ambas magnitudes.				0,88

	11. Conocer la escala de medición de la intensidad sonora y su unidad.	11.1. Identifica la relación logarítmica entre el nivel de intensidad sonora en decibelios y la intensidad del sonido, aplicándola a casos sencillos	A13- A14- A15	OE1 OE2 OE3	EX	1,14
C4: Fenómenos ondulatorios: Interferencia y difracción, reflexión y refracción	8. Emplear las leyes de Snell para explicar los fenómenos de reflexión y refracción.	8.1. Experimenta y justifica, aplicando la ley de Snell, el comportamiento de la luz al cambiar de medio, conocidos los índices de refracción.				0,88
	9. Relacionar los índices de refracción de dos materiales con el caso concreto de reflexión total.	9.1. Obtiene el coeficiente de refracción de un medio a partir del ángulo formado por la onda reflejada y refractada.	A17	OE1	EX	0,88
		9.2. Considera el fenómeno de reflexión total como el principio físico subyacente a la propagación de la luz en las fibras ópticas y su relevancia en las telecomunicaciones.				0,88
	6. Utilizar el Principio de Huygens para comprender e interpretar la propagación de las ondas y los fenómenos ondulatorios.	6.1. Explica la propagación de las ondas utilizando el Principio Huygens.	A18	OE1	EX	1,14
	7. Reconocer la difracción y las interferencias como fenómenos propios del movimiento ondulatorio.	7.1. Interpreta los fenómenos de interferencia y la difracción a partir del Principio de Huygens.				0,88
C6: Ondas longitudinales. El sonido	12. Identificar los efectos de la resonancia en la vida cotidiana: ruido, vibraciones, etc.	12.1. Relaciona la velocidad de propagación del sonido con las características del medio en el que se propaga.	A24	OE1 OE2 OE3	TC	0,76
		12.2. Analiza la intensidad de las fuentes de sonido de la vida cotidiana y las clasifica como contaminantes y no contaminantes.	A25- A26	OE1 OE2 OE3	TC	0,63

C7: Efecto Doppler	10. Explicar y reconocer el efecto Doppler en sonidos.	10.1. Reconoce situaciones cotidianas en las que se produce el efecto Doppler justificándolas de forma cualitativa.	A27- A28- A29	OE1 OE2 OE3	EX	0,63
---------------------------	--------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	-------------------	----	------

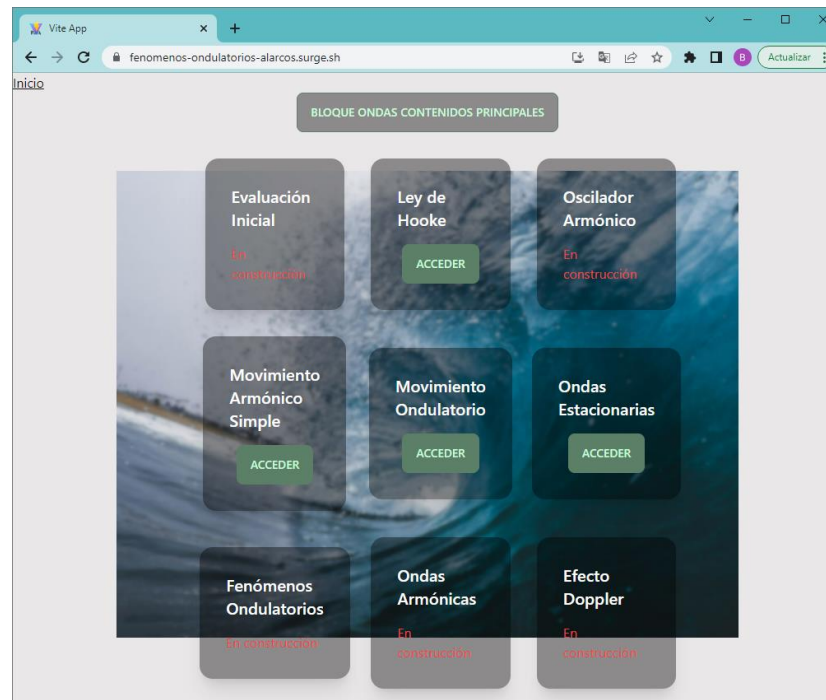
ANEXO IV: Figuras ilustrativas de un potencial simulador implementado según este proyecto educativo.

Un pequeño simulador de prueba en formato aplicación web se ha programado basado en Javascript, CSS (Cascade Style Sheet), SVG (Scalable Vector Graphics) y HTML5 (HyperText Markup Language), utilizando el web Framework Svelte.

<https://fenomenos-ondulatorios-alarcos.surge.sh/>

Figura 8

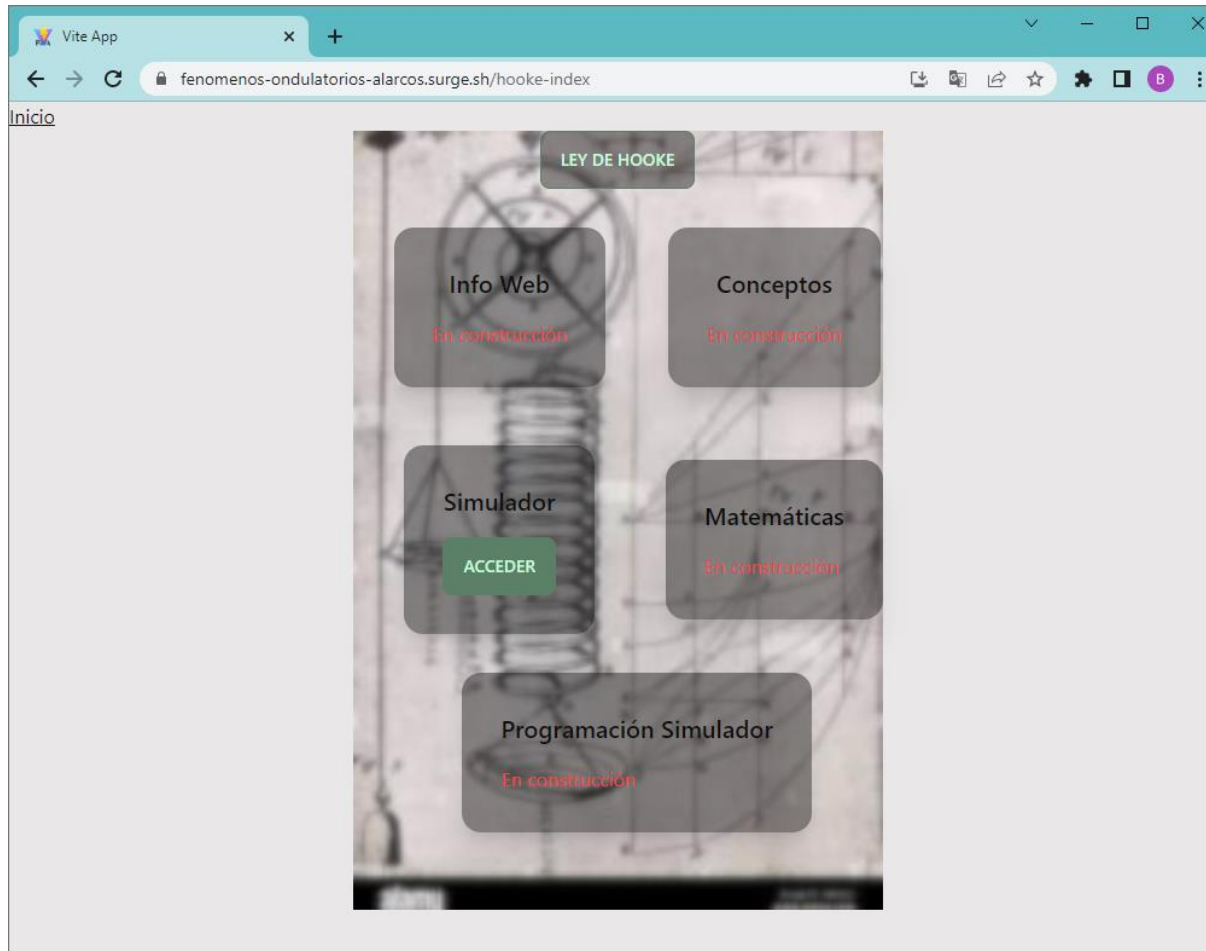
Menú principal de entrada a la aplicación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9

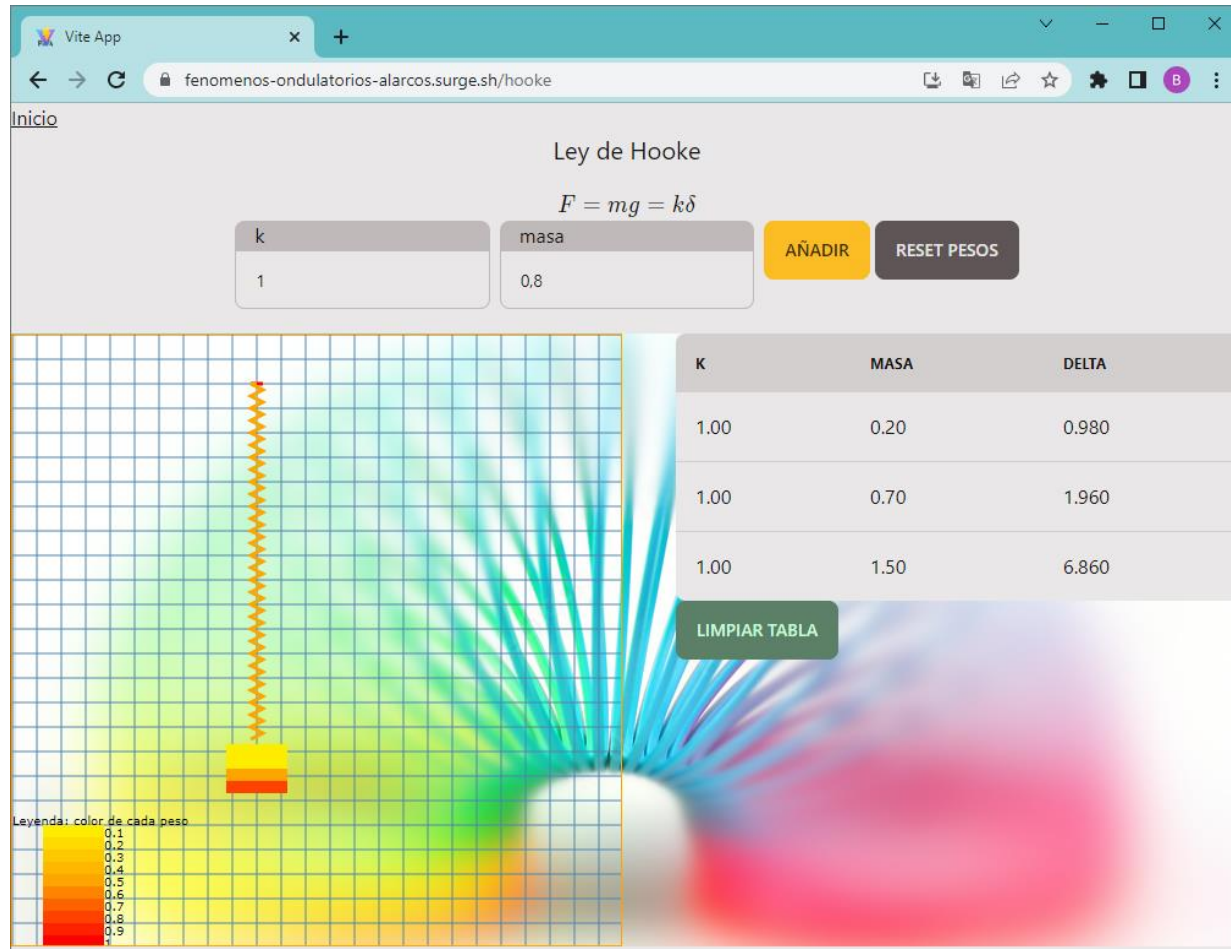
Submenú del apartado conceptual Ley de Hooke.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10

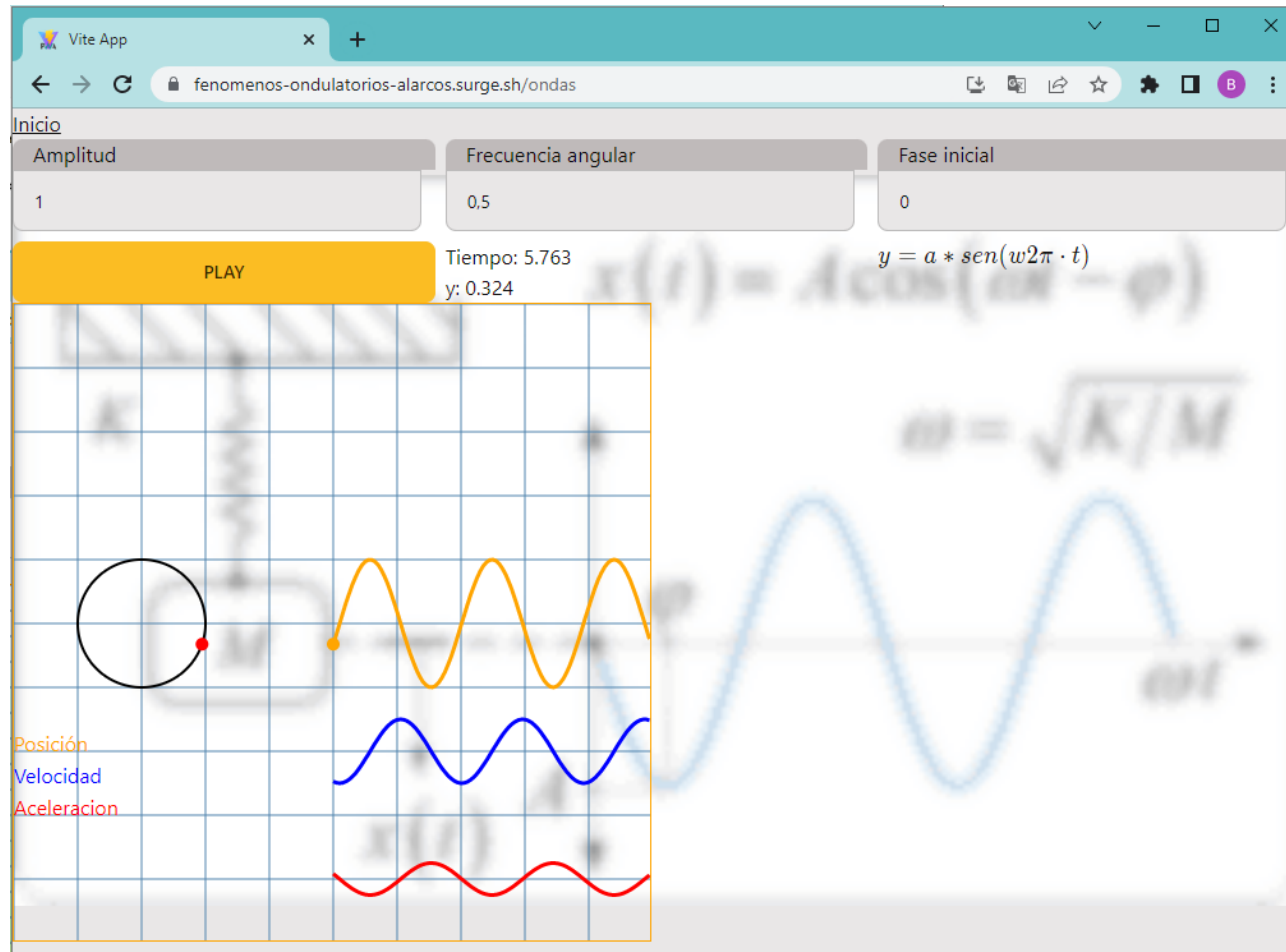
Pantalla de simulación de la Ley de Hooke.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11

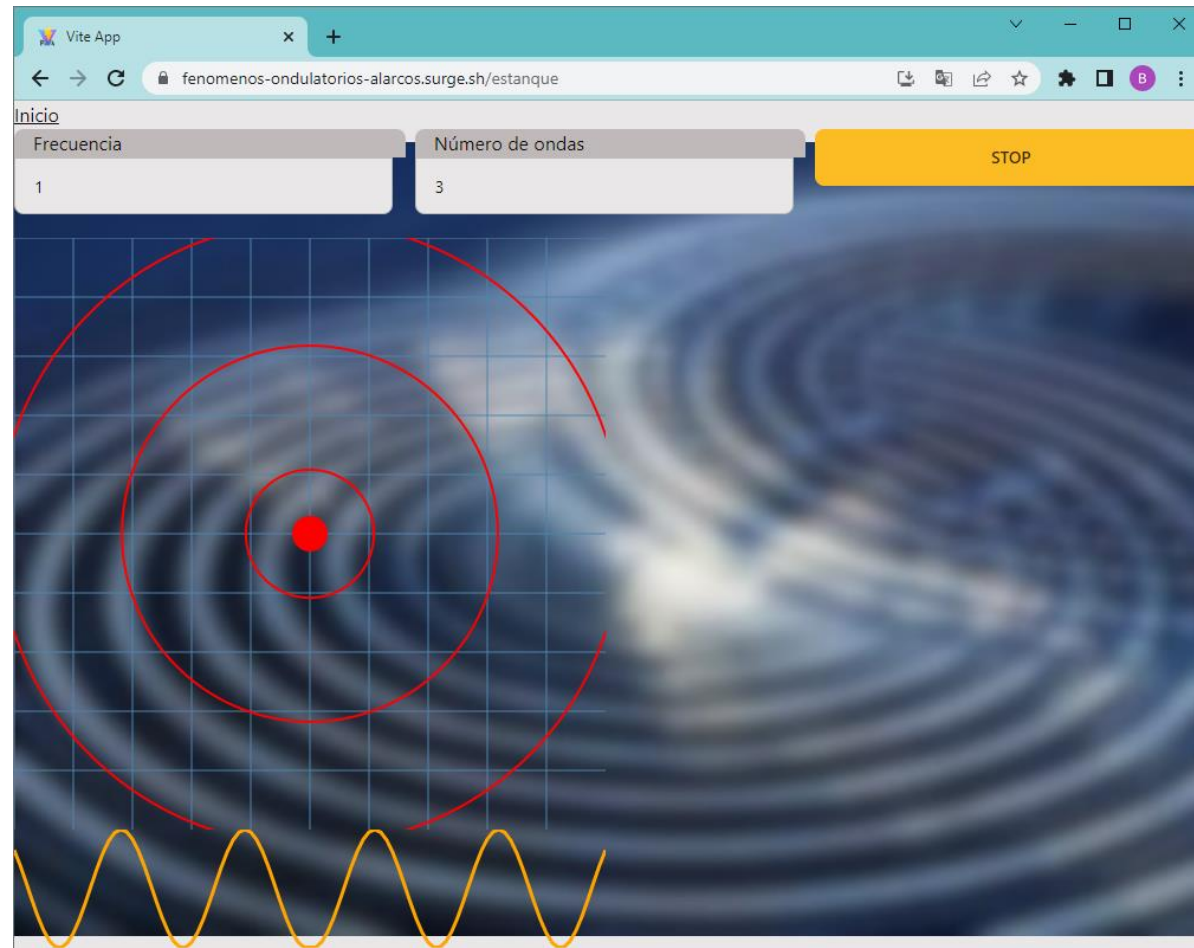
Pantalla de simulación del Movimiento Armónico Simple.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12

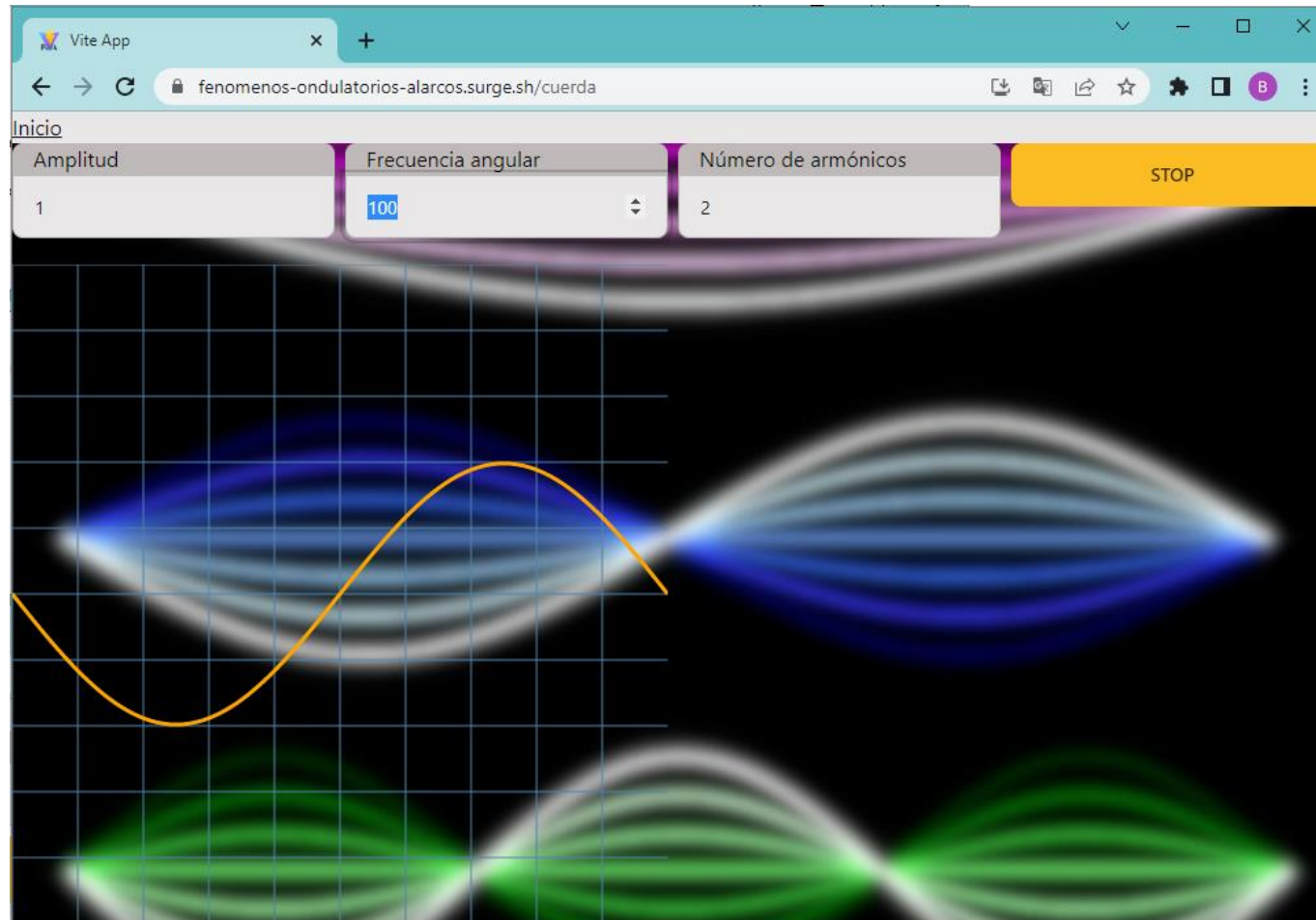
Pantalla de simulación de Movimiento Ondulatorio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 13

Pantalla de simulación de Ondas Estacionaria.



Fuente: Elaboración propia