

DESARROLLO DE COMPETENCIAS A TRAVÉS DE PROTOTIPOS Y SIMULADORES EN UN ENTORNO INTERDISCIPLINARIO DE FÍSICA-MATEMÁTICA

Cliffor Jerry Herrera-Castrillo¹

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua), Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (FAREM-Estelí).

Estelí, Nicaragua

cliffor.herrera@unan.edu.ni

<https://orcid.org/0000-0002-7663-2499>

DOI: 10.37594/oratores.n20.1243

Fecha de recepción: 09/01/2024

Fecha de revisión: 22/02/2024

Fecha de aceptación: 15/03/2024

RESUMEN

El siguiente ensayo relata una experiencia interdisciplinaria llevada a cabo durante el segundo semestre del año 2023 en la UNAN-Managua, FAREM-Estelí. El trabajo estuvo vinculado a las asignaturas de Electromagnetismo, Didáctica de la Física, Mecánica Relativista y Facultativa de Carrera. El objetivo principal de la vinculación fue construir prototipos experimentales y compararlos con simuladores virtuales, con el fin de fomentar la creatividad, la innovación y la científicidad en los estudiantes, así como el desarrollo de competencias profesionales. Se buscó analizar las propiedades electromagnéticas y su relevancia en el análisis de fenómenos magnéticos y eléctricos. Asimismo, se valoró la importancia de los programas educativos como herramientas didácticas para la enseñanza de la Matemática y la Física, en tanto que permiten el desarrollo de habilidades para interpretar, calcular y resolver situaciones del entorno. Este ensayo tiene como objetivo compartir las experiencias vividas durante el cuarto año de la carrera de Física-Matemática y resaltar la importancia de la interdisciplinariedad entre asignaturas y como a través de esta combinación de conocimientos y enfoques, se logró potenciar el aprendizaje de los estudiantes y promover la adquisición de competencias científicas, tecnológicas y didácticas.

Palabras clave: Física, competencias, prototipos, simuladores, enseñanza, aprendizaje.

SKILLS DEVELOPMENT THROUGH PROTOTYPES AND SIMULATORS IN AN INTERDISCIPLINARY PHYSICS-MATHEMATICS ENVIRONMENT

ABSTRACT

The following essay reports an interdisciplinary experience carried out during the second semester of the year 2023 at UNAN-Managua, FAREM-Estelí. The work was linked to the subjects of Electromagnetism, Physics Didactics, Relativistic Mechanics, and Career Faculty.

¹ Doctor en Matemática Aplicada. Docente en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua), Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN-FAREM-Estelí).

The main objective of the linkage was to build experimental prototypes and compare them with virtual simulators, with the aim of fostering creativity, innovation and scientific in students, as well as the development of professional skills. The objective was to analyze electromagnetic properties and their relevance in the analysis of magnetic and electrical phenomena. Likewise, the importance of educational programs as didactic tools for the teaching of Mathematics and Physics was valued, as they allow the development of skills to interpret, calculate and solve environmental situations. This essay aims to share the experiences lived during the fourth year of the Physics-Mathematics course and to highlight the importance of interdisciplinarity between subjects and how through this combination of knowledge and approaches, it was possible to enhance the students' learning and promote the acquisition of scientific, technological, and didactic competences.

Keywords: Physics, competences, prototypes, simulators, teaching, learning.

INTRODUCCIÓN

La educación universitaria desempeña un papel fundamental en la formación de profesionales competentes y preparados para enfrentar los desafíos del mundo laboral. En este contexto, la adquisición de competencias se ha convertido en un objetivo clave en la enseñanza superior. En este ensayo, se explora cómo la interdisciplinaria entre las asignaturas como Electromagnetismo, Didáctica de la Física, Mecánica Relativista y Facultativa de Carrera contribuyen al desarrollo de competencias universitarias. Siendo para Gutiérrez Altamirano (2023) *“La educación superior en Nicaragua tiene múltiples propósitos que buscan contribuir al desarrollo integral del país y formar profesionales competentes y comprometidos con su sociedad”* (p. 39)

Como indica Figueroa Sánchez (2023), el aprendizaje de asignaturas científicas es considerado difícil, en todos los sistemas educativos, aunque a nivel superior esto se intensifica, al tener que manejar operaciones matemáticas avanzadas (derivadas, integrales, ecuaciones diferenciales) y también, relacionarlas con principios, leyes, teoremas de naturaleza Física. Por consiguiente, es importante fomentar el desarrollo de las competencias científicas, tecnológicas y didácticas en el ámbito escolar de futuros docentes de Física-Matemática, involucrándolos en procesos de construcción de nuevos saberes a través de la interdisciplinaria.

Para Herrera Castrillo (2023), la interdisciplinaria en Física y Matemática puede ser definida como una oportunidad para potenciar el desarrollo de competencias genéricas y específicas de acuerdo con el campo que se esté estudiando. En esta dirección, se promueve la construcción de prototipos experimentales donde el fenómeno físico se puede simular, al utilizar tecnología, esto en un ambiente didáctico que promueve la creatividad. Este concepto resulta especialmente

relevante para el presente ensayo, ya que se busca sistematizar experiencias que vinculan varias asignaturas como Electromagnetismo, Didáctica de la Física, Mecánica Relativista y Facultativa de Carrera, en donde se potenciaron competencias científicas, tecnológicas y didácticas.

Es importante, destacar que los prototipos, fueron creados con materiales de fácil acceso y los simuladores son de acceso gratuito al público. Como mención Vázquez Méndez et al. (2024), un prototipo experimental, representa un modelo o dispositivo diseñado y construido para demostrar conceptos específicos, en este caso de Electromagnetismo y Mecánica Relativista a través de una representación tangible y funcional, que permite comprobar la teoría existente. Por otro lado, para Cornejo Casco et al., (2023) *“los simuladores son herramientas poderosas en la enseñanza de diversos conceptos, ya que tienen la capacidad de simular fenómenos naturales que son difíciles de observar en la vida real”* (p. 15)

El desarrollo de competencias a través de prototipos y simuladores en un entorno interdisciplinario de física-matemática puede ser muy beneficioso para los estudiantes. Esta metodología combina el aprendizaje práctico con la integración de diferentes campos del conocimiento, lo que permite a los estudiantes adquirir habilidades y conocimientos de manera más efectiva.

Es fundamental destacar la importancia de formar a los estudiantes en competencias, tal como señalan Guzmán Castro y Ortega Vergara (2019), quienes sostienen que trabajar con competencias implica un cambio radical en la forma de enseñar, abandonando los enfoques tradicionales. En este sentido, la experiencia interdisciplinaria permitió a los estudiantes desarrollar habilidades científicas, didácticas y tecnológicas, preparándolos de manera integral para su futura labor profesional.

DESARROLLO

El desarrollo de competencias a través de prototipos y simuladores en un entorno interdisciplinario de Física-Matemática ha demostrado ser una estrategia efectiva y enriquecedora para la formación de los estudiantes. Esta aproximación, que combina el uso de tecnología con la integración de diferentes áreas del conocimiento, permite a los estudiantes adquirir habilidades prácticas y teóricas fundamentales para su desarrollo académico y profesional.

En relación con este tema, para Blanchar (2022) las competencias científicas se refieren a las habilidades necesarias para reconocer, interpretar, investigar, analizar y comprender los fenómenos naturales. Estas competencias se definen y establecen a través de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, con el objetivo de fomentar una conducta responsable en las

personas, orientada tanto a su propio beneficio como al bienestar de la sociedad en general.

En este contexto, el empleo de prototipos y simuladores se presenta como una herramienta valiosa que facilita la comprensión de conceptos abstractos y complejos de la Física-Matemática, al tiempo que promueve el desarrollo de habilidades prácticas y la experimentación. Estas herramientas tecnológicas permiten a los estudiantes visualizar fenómenos físicos, simular experimentos y realizar análisis cuantitativos, lo cual potencia su aprendizaje brindándoles una experiencia más cercana a la realidad.

Al integrar estas prácticas tecnológicas en un entorno interdisciplinario, se fomenta la conexión entre diferentes áreas del conocimiento, como la Física, las Matemáticas y la Didáctica. Esto no solo enriquece la formación de los estudiantes, sino que también les proporciona una visión más amplia y contextualizada de los fenómenos físicos y matemáticos que estudian. Como indican Barbera Alvarado et al. (2021), el trabajo interdisciplinario representa un desafío para el sistema educativo superior, el cual tiene la responsabilidad de promover y generar conocimiento, así como de inculcar valores y actitudes en los estudiantes. En este contexto, los docentes desempeñan un papel fundamental, ya que, guiados por el principio de corresponsabilidad, crean y colaboran en la creación de situaciones de aprendizaje que consideran la diversidad presente en cada disciplina. Además, se prevé la interconexión con otras disciplinas, lo cual regula los procesos y enfoques formativos.

Contexto del Trabajo Interdisciplinario

Como resultado de la vinculación de las asignaturas mencionadas en este ensayo, se estableció como producto la propuesta titulada “Prototipo y simuladores para temáticas de Electromagnetismo y Mecánica Relativista en un entorno educativo”. Esta propuesta tiene como objetivos los siguientes:

Tabla 1. Objetivos del trabajo interdisciplinario

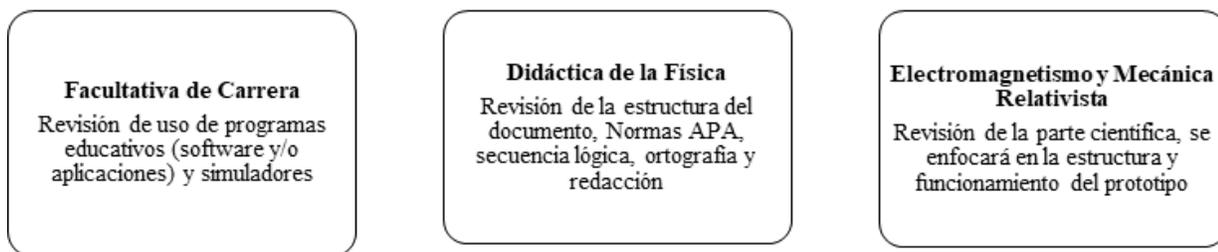
| Objetivos Conceptual | Objetivo Procedimental | Objetivo Actitudinal |
|--|--|--|
| Conocer los tipos de estrategias de enseñanza y aprendizaje, haciendo énfasis en las preconcepciones del significado físico de temáticas de electromagnetismo y mecánica relativista a través de la construcción de prototipos y comparación de fenómenos con simuladores. | Construir Prototipos que promuevan la identificación de preconcepciones en el aprendizaje de contenidos de Electromagnetismo y Mecánica Relativista, incluyendo tecnología como recurso didáctico en la práctica de la docencia. | Valorar la importancia del estudio de contenidos de Electromagnetismo y Mecánica Relativista, incluyendo tecnología. Apreciar la importancia de programas educativos, como una herramienta didáctica para la enseñanza de la matemática y Física que permite el desarrollo de habilidades para interpretar, calcular o resolver situaciones problemáticas. |

Nota: Elaboración Propia

La Tabla 1 presenta tres metas relacionadas con el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje en electromagnetismo y Mecánica Relativista mediante la construcción de prototipos experimentales y el uso de software educativos. El primer objetivo consiste en adquirir conocimiento sobre estrategias y concepciones previas en electromagnetismo. El segundo objetivo es la construcción de prototipos. El tercer objetivo se centra en apreciar la importancia del estudio de temas de Física y valorar los programas educativos como herramientas didácticas en matemáticas y física.

Después de establecer los objetivos mencionados en la Tabla 1, los docentes involucrados asumieron funciones específicas para asegurar una dirección cohesionada del proyecto. Esto permitió que los estudiantes de cuarto año de Física-Matemática pudieran desarrollar competencias científicas, didácticas y tecnológicas, las cuales serán detalladas a lo largo de este texto.

Figura 1. Organización de responsabilidades por asignatura



Nota. Asignación de responsabilidades de acuerdo con las asignaturas facilitadas, para así garantizar calidad en las propuestas.

En este sentido, la experiencia a contar se centra en desarrollar prototipos experimentales que representen fenómenos físicos de Electromagnetismo y Mecánica Relativista, que puedan simularse virtualmente en un ambiente educativo. Por ello se trabajaron las siguientes temáticas, las cuales fueron elegidas por los estudiantes:

- Prototipo de trabajo experimental “*aplicación de la celda solar para el aprendizaje integrado de electromagnetismo y mecánica relativista usando tecnología*”: Este prototipo utiliza la tecnología de celdas solares para estudiar y comprender cómo la luz solar se convierte en energía eléctrica, lo cual implica conceptos de electromagnetismo y también puede considerar la teoría relativista para analizar las variaciones energéticas en función de la velocidad.
- Uso de Prototipo y Simulador en el manejo de la energía Eólica: Aquí se emplea un prototipo y/o simulador para estudiar cómo la energía cinética del viento se puede convertir en electricidad a través de turbinas eólicas. Este proceso implica conceptos

electromagnéticos, como la generación de corriente eléctrica mediante la inducción electromagnética.

- Desarrollo de un prototipo y simulador en un dinamo generador de energía a través del carro control remoto para la educación y la investigación: Este prototipo permite comprender cómo un dinamo, presente en el carro control remoto, puede convertir energía mecánica en energía eléctrica. Aquí se aplican principios electromagnéticos y conceptos relativistas, como la relación entre la energía y la masa.
- Prototipo de tren de suspensión magnética y uso del simulador digital MATLAB-Simulink en el proceso de aprendizaje: Este prototipo y simulador permiten estudiar y analizar el funcionamiento de un tren de suspensión magnética, que utiliza fuerzas electromagnéticas para levitar y moverse. Aquí se aplican conceptos electromagnéticos y posiblemente se consideren efectos relativistas en el movimiento a altas velocidades.
- Prototipo y simulador para el funcionamiento y análisis de la descomposición de la luz en un ambiente didáctico: Este prototipo y simulador permiten estudiar cómo la luz se descompone en diferentes colores mediante prismas o redes de difracción, lo cual se relaciona con conceptos de electromagnetismo y la teoría relativista de la luz.
- Prototipo de acelerador de partículas casero utilizando el simulador WebGL (Ciclotrón): Este prototipo y simulador permiten comprender los principios detrás de los aceleradores de partículas, que emplean campos electromagnéticos para acelerar partículas subatómicas a altas velocidades. Estos conceptos están relacionados tanto con el electromagnetismo como con la mecánica relativista para describir el movimiento de partículas a velocidades cercanas a la luz.
- Prototipo y simulador para la demostración de la temática de ondas electromagnéticas: Este prototipo y simulador permiten estudiar las propiedades y comportamiento de las ondas electromagnéticas, como la propagación, la reflexión y la refracción. Aquí se aplican conceptos de electromagnetismo y las ecuaciones de Maxwell, que son fundamentales para describir estas ondas.
- Prototipo de trabajo experimental “*Aplicación del motor eléctrico de inducción*” para el aprendizaje integrado de electromagnetismo y mecánica relativista usando la tecnología: Este prototipo involucra el estudio y análisis del funcionamiento de los motores eléctricos de inducción, que se basan en principios electromagnéticos y pueden considerar aspectos relativistas relacionados con el movimiento y la conversión de energía.
- Prototipo de práctica experimental aplicación del motor eléctrico homopolar para el aprendizaje integrado de electromagnetismo, mecánica relativista y tecnología: Este prototipo utiliza un motor eléctrico homopolar para explorar los principios de la conversión de energía eléctrica en energía mecánica, involucrando conceptos electromagnéticos y

posiblemente aspectos relativistas relacionados con el movimiento y la energía.

Durante la etapa inicial de selección de contenidos, en el primer encuentro presencial, los estudiantes se encontraron con dificultades para comprender la naturaleza del fenómeno electromagnético y su relación con la Mecánica Relativista, a pesar de contar con conocimientos previos sobre el tema. Tenían dificultades para asimilar por completo la parte teórica. Con el objetivo de abordar esta situación, se creó un documento guía que les brindó una comprensión general del tema. Luego, cada grupo de trabajo se encargó de profundizar en un tema específico asignado, lo cual les proporcionó la base teórica necesaria para explicar y contextualizar los diferentes fenómenos que iban a estudiar.

La explicación y conceptualización de los problemas físicos, incluidos aquellos relacionados con el electromagnetismo y su conexión con la Mecánica Relativista, se basa en la comprensión de los principios fundamentales y las leyes que rigen estos fenómenos. A través de estos conceptos, es posible analizar y resolver problemas prácticos utilizando métodos y herramientas apropiadas.

Como menciona Rastelli Arcangeli (2021) la relación entre el electromagnetismo y la mecánica relativista se puede resumir de la siguiente manera: la teoría del electromagnetismo describe cómo interactúan las cargas eléctricas y los campos magnéticos, mientras que la mecánica relativista explica el comportamiento de los objetos en movimiento a velocidades cercanas a la velocidad de la luz. La teoría de la relatividad de Einstein unifica ambos aspectos en una sola teoría, mostrando cómo los campos eléctricos y magnéticos están intrínsecamente relacionados y cómo se modifican en presencia de velocidades relativistas. Esto ha llevado al desarrollo de fenómenos como la contracción de la longitud, la dilatación del tiempo y la equivalencia entre masa y energía, que son fundamentales en la física moderna.

Relevancia de la adquisición de competencias

Según lo planteado por García Vélez et al. (2021), en la literatura científica se encuentran diversas definiciones y enfoques que abordan las competencias digitales. En el contexto actual, se evidencia la necesidad de que los educadores adopten posturas fundamentales respecto a su formación y desarrollo en estas competencias, ya que son esenciales para su calificación profesional. Por ello, Herrera Castrillo y Córdoba Fuentes (2023), sostienen que la comprensión y aplicación de los fenómenos físicos en situaciones de la vida diaria son aspectos esenciales que sustentan el progreso científico y tecnológico de una sociedad.

La adquisición de competencias se ha convertido en un aspecto fundamental en la formación

de los estudiantes, especialmente en áreas científicas como la Física-Matemática. Las competencias van más allá del simple conocimiento teórico, ya que implican la capacidad de aplicar ese conocimiento de manera efectiva en situaciones reales.

En el contexto de la carrera de Física-Matemática, adquirir competencias implica desarrollar habilidades científicas, didácticas y tecnológicas que son indispensables para enfrentar los retos actuales en este campo. Las habilidades científicas incluyen la capacidad de identificar y formular problemas, diseñar y llevar a cabo experimentos, analizar datos y formular conclusiones basadas en evidencia. Estas habilidades permiten a los estudiantes abordar de manera crítica los fenómenos físicos y matemáticos, así como contribuir al avance de la ciencia.

Las habilidades didácticas son esenciales para aquellos estudiantes que se proyectan como futuros docentes de Física-Matemática. La capacidad de comunicar y transmitir conocimientos de manera clara y efectiva, adaptándose a las necesidades de los estudiantes, es fundamental para lograr un aprendizaje significativo. Además, las habilidades didácticas también involucran la capacidad de diseñar y evaluar estrategias de enseñanza que promuevan el interés y la comprensión de los conceptos científicos.

Por otro lado, las habilidades tecnológicas se han vuelto cada vez más importantes en el campo de la Física-Matemática. Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de herramientas y recursos como simuladores, software especializado y dispositivos de medición, que facilitan la visualización, experimentación y resolución de problemas. La competencia en el uso de estas tecnologías no solo mejora el aprendizaje de los estudiantes, sino que también los prepara para enfrentar los desafíos tecnológicos presentes en la investigación y la aplicación de la Física-Matemática en diversos campos. Como indican Mairena Gómez et al. (2024), que al analizar los recursos tecnológicos más utilizados en los procesos de enseñanza-aprendizaje a nivel superior, se abren numerosas posibilidades para mejorar su implementación y explorar nuevas alternativas que fortalezcan el proceso educativo.

Algunas de las competencias, adquiridas por los estudiantes incluyen:

Competencias científicas:

- Comprender y aplicar los principios fundamentales de la física y las matemáticas en la resolución de problemas. Pérez-Higuera et al. (2020), plantea que gracias a su formación, los estudiantes han desarrollado la habilidad de comprender nociones, conceptos y teorías de la física con el fin de abordar problemas. Esto implica la capacidad de establecer conexiones entre los conceptos y conocimientos adquiridos para comprender los

fenómenos físicos que los gobiernan.

- Analizar y sintetizar información científica relevante para abordar situaciones problemáticas. Para Guerrero Zambrano y Concari (2023), sintetizar información científica relevante implica analizar y resumir los conceptos clave y resultados importantes para abordar situaciones problemáticas en física.
- Diseñar y llevar a cabo experimentos, utilizando prototipos y simuladores, para recolectar datos y validar teorías científicas. Siendo para los autores Talavera et al. (2023), la creación de un prototipo experimental proporciona la oportunidad de presentar y mostrar de manera innovadora un fenómeno físico específico, considerando tanto la creatividad en el diseño como la rigurosidad científica en todo el proceso de desarrollo del producto. Por su lado Muñoz et al. (2023), plantean que *“los simuladores son potentes herramientas didácticas en la enseñanza de diversas disciplinas, gracias a su potencialidad para simular fenómenos naturales difíciles de observar en la realidad”* (p. 49)
- Interpretar y analizar resultados experimentales para extraer conclusiones y realizar inferencias científicas. Siendo para Arredondo Domínguez et al. (2020), la habilidad de interpretar y analizar resultados experimentales es fundamental para extraer conclusiones y realizar inferencias científicas. Mediante esta capacidad, los investigadores examinan detalladamente los datos obtenidos en experimentos y los relacionan con las hipótesis planteadas. Al analizar los resultados, pueden identificar patrones, tendencias o relaciones entre las variables estudiadas. A partir de estos análisis, los investigadores pueden extraer conclusiones respaldadas por evidencia empírica y realizar inferencias científicas sobre los fenómenos estudiados. En resumen, la interpretación y análisis de los resultados experimentales son procesos esenciales que permiten a los científicos sacar conclusiones y generar nuevos conocimientos en sus investigaciones.
- Identificar y explicar las relaciones y conexiones entre diferentes fenómenos físicos y matemáticos. Al respecto Castrillón-Yepes et al. (2020), esta habilidad implica reconocer cómo los conceptos y principios matemáticos se aplican y se relacionan con los fenómenos físicos observados en el mundo real. Al identificar estas relaciones, se puede comprender mejor los fenómenos físicos y utilizar las herramientas matemáticas adecuadas para describir, predecir y explicar su comportamiento. Esta capacidad de relacionar fenómenos físicos y matemáticos permite una comprensión más profunda de ambos campos y facilita la resolución de problemas científicos complejos.

Competencias tecnológicas:

- Utilizar herramientas y software específicos para diseñar, construir y simular prototipos y sistemas físicos. *“La viabilidad de los simuladores, indica que las nuevas tecnologías*

deben ser incorporadas en los espacios pedagógicos actuales” (Pérez-Higuera et al, 2020, p. 22)

- Manipular y operar diferentes tipos de sensores, actuadores y dispositivos electrónicos en el contexto de los prototipos.
- Programar y controlar el funcionamiento de los prototipos y simuladores, utilizando lenguajes de programación adecuados.
- Evaluar y seleccionar las tecnologías más apropiadas para resolver problemas específicos relacionados con la física y las matemáticas.
- Utilizar software de análisis de datos y visualización para procesar y representar los resultados obtenidos a partir de los prototipos y simuladores.

Los estudiantes de cuarto año de Física-Matemática adquieren competencias tecnológicas a través de una combinación de formación teórica y práctica. Estas competencias se adquirieron mediante la experiencia directa con herramientas y software específicos, así como con dispositivos y tecnologías utilizadas en el diseño, construcción y simulación de prototipos y sistemas físicos.

Como señalan Herrera Castrillo y Córdoba Fuentes (2023) la tecnología está en constante avance y en la actualidad es indispensable en los procesos científicos, ya que las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) son fundamentales. Incluso, adquirir competencias científicas sin contar con habilidades digitales o tecnológicas resulta inconcebible. En el ámbito de los trabajos prácticos experimentales de física, el uso de simuladores es altamente beneficioso, ya que permite ahorrar en materiales, los cuales en ocasiones pueden ser costosos.

Los estudiantes aprenden a utilizar herramientas y software específicos para diseñar y construir prototipos y sistemas físicos. Esto implica familiarizarse con software de diseño asistido por computadora (CAD) o de modelado en 3D, que les permite crear representaciones digitales de los prototipos. Además, los estudiantes aprenden a utilizar herramientas físicas, como impresoras 3D, cortadoras láser o equipos de soldadura, para materializar sus diseños.

En cuanto a la manipulación y operación de sensores, actuadores y dispositivos electrónicos, los estudiantes aprenden a conectar y utilizar estos componentes en el contexto de sus prototipos. Esto implica conocer los principios de funcionamiento de los diferentes sensores y actuadores, así como las técnicas de conexión y configuración necesarias para su correcto funcionamiento.

La programación y el control de los prototipos y simuladores también son competencias tecnológicas desarrolladas por los estudiantes. Aprenden a programar microcontroladores o sistemas

embebidos para controlar el funcionamiento de sus prototipos. Para ello, utilizan lenguajes de programación adecuados, como C++, Python o Arduino, y aprenden a escribir código que permita controlar las acciones y reacciones de los prototipos.

Además, los estudiantes adquieren la habilidad de evaluar y seleccionar las tecnologías más apropiadas para resolver problemas específicos relacionados con la física y las matemáticas. Esto implica conocer las características y capacidades de diferentes tecnologías y ser capaces de identificar cuál es la más adecuada para abordar un problema particular (Esquerre Ramos y Pérez Azahuanche, 2021).

Por último, los estudiantes aprenden a utilizar software de análisis de datos y visualización para procesar y representar los resultados obtenidos a partir de los prototipos y simuladores. Esto implica utilizar herramientas como hojas de cálculo, programas de análisis estadístico o software de visualización gráfica para interpretar y presentar los datos recopilados durante los experimentos con los prototipos.

Competencias pedagógicas:

- Diseñar y planificar actividades educativas que integren el uso de prototipos y simuladores para fomentar el aprendizaje significativo.
- Adaptar y seleccionar recursos didácticos apropiados para apoyar la enseñanza de conceptos físicos y matemáticos a través de prototipos y simuladores.
- Guiar y facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes, fomentando la investigación, la experimentación y la reflexión crítica.
- Evaluar el progreso y el logro de los estudiantes en relación con los objetivos de aprendizaje establecidos, utilizando diferentes estrategias de evaluación.
- Promover el trabajo en equipo, la colaboración y la comunicación efectiva entre los estudiantes en un entorno interdisciplinario.

Según Vigo Vargas (2013), la noción de competencia implica que los estudiantes encuentren significado en lo que aprenden. En lugar de simplemente acumular conocimientos, se busca que los estudiantes adquieran competencias que les permitan aplicar lo aprendido para resolver problemas en situaciones de la vida diaria, como mencionan Vesga-Bravo y Escobar-Sánchez (2018).

Los estudiantes de cuarto año de Física-Matemática adquieren competencias pedagógicas a través de su formación académica y experiencia práctica. Estas competencias les permiten ser eficaces en el diseño y la implementación de actividades educativas que integren el uso de prototipos

y simuladores con el fin de fomentar un aprendizaje significativo.

En primer lugar, los estudiantes aprenden a diseñar y planificar actividades educativas que incorporen el uso de prototipos y simuladores. Esto implica identificar los conceptos físicos y matemáticos relevantes, establecer objetivos de aprendizaje claros y seleccionar estrategias pedagógicas adecuadas para alcanzar dichos objetivos. Además, los estudiantes consideran el uso de prototipos y simuladores como herramientas clave para involucrar activamente a los estudiantes en el proceso de aprendizaje y promover la comprensión profunda de los conceptos.

En segundo lugar, los estudiantes aprenden a adaptar y seleccionar recursos didácticos apropiados para apoyar la enseñanza de conceptos físicos y matemáticos a través de prototipos y simuladores. Esto implica identificar materiales educativos relevantes, como simuladores virtuales, modelos físicos o recursos en línea, y utilizarlos de manera efectiva para facilitar la comprensión y aplicación de los conceptos. Los estudiantes también aprenden a adaptar estos recursos a las necesidades y características particulares del grupo de estudiantes con el que trabajan.

En tercer lugar, los estudiantes adquieren habilidades para guiar y facilitar el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Esto implica fomentar la investigación, la experimentación y la reflexión crítica, animando a los estudiantes a explorar y descubrir por sí mismos los conceptos y principios físicos y matemáticos. Los estudiantes también aprenden a brindar orientación y apoyo a los estudiantes, utilizando estrategias de enseñanza que fomenten la participación activa, la motivación y el pensamiento crítico.

En cuanto a la evaluación, los estudiantes aprenden a evaluar el progreso y el logro de los estudiantes en relación con los objetivos de aprendizaje establecidos. Utilizan diferentes estrategias de evaluación, como pruebas, proyectos, observaciones y rúbricas, para recopilar evidencia del aprendizaje de los estudiantes (Benítez Ayala, 2022). Además, los estudiantes aprenden a proporcionar retroalimentación constructiva y formativa a los estudiantes, ayudándoles a identificar fortalezas y áreas de mejora en su comprensión y aplicación de los conceptos físicos y matemáticos.

Por último, los estudiantes de cuarto año de Física-Matemática son capacitados para promover el trabajo en equipo, la colaboración y la comunicación efectiva entre los estudiantes en un entorno interdisciplinario. Aprenden a fomentar la colaboración entre estudiantes con diferentes habilidades y conocimientos, lo que les ayuda a desarrollar habilidades de trabajo en equipo y a apreciar la importancia de la colaboración en el proceso de aprendizaje.

Uso de prototipos y simuladores

Tanto la Física como la Matemática, han sido las ciencias más importantes a lo largo de toda la historia de la humanidad, ya sea en los avances científicos o tecnológicos como en el diario vivir, estas se encuentran a pequeña, mediana o gran escala. Desde el principio de los tiempos, personas de mentes brillantes se han interesado por dedicarle toda una vida de investigación tratando de armar el rompecabezas que involucra el mundo de las matemáticas y la física. (Mairena Mairena et al., 2023, p. 49)

El uso de prototipos y simuladores como herramientas tecnológicas es de gran importancia en el aprendizaje de la Física-Matemática. Estas herramientas permiten a los estudiantes visualizar y experimentar fenómenos físicos de manera práctica, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos y fomenta un aprendizaje más significativo (Pineda Somoza, 2023).

Los prototipos construidos por los estudiantes son ejemplos concretos de cómo se pueden aplicar estas herramientas en el contexto de la Física-Matemática. Por ejemplo, los estudiantes construyen prototipos de circuitos eléctricos para comprender el comportamiento de corriente, voltaje y resistencia. Estos prototipos permiten a los estudiantes observar directamente cómo cambian las variables eléctricas en respuesta a diferentes configuraciones y condiciones.

Además, los estudiantes pueden construir prototipos de sistemas mecánicos para comprender los principios de la cinemática y la dinámica. Por ejemplo, pueden diseñar y construir modelos a escala de poleas, palancas o catapultas para experimentar con conceptos como la fuerza, el movimiento y la energía. Estos prototipos les brindan a los estudiantes la oportunidad de manipular físicamente los objetos y observar los efectos de las diferentes variables en el sistema.

Figura 2. Prototipos Experimentales



Nota. Presentación de prototipos experimentales. Fotografía tomada por el autor

En el caso de los simuladores, también desempeñan un papel fundamental en el aprendizaje de la Física-Matemática. Los simuladores permiten a los estudiantes realizar experimentos virtuales

y explorar diferentes escenarios sin la necesidad de equipos costosos o peligrosos. Por ejemplo, los estudiantes pueden utilizar simuladores de campos magnéticos para comprender cómo se comportan las partículas cargadas en presencia de campos magnéticos y cómo afectan a las fuerzas eléctricas.

Para Mendoza Hernández y García Contreras (2024) en el ámbito del proceso de enseñanza-aprendizaje, se observa un creciente uso de múltiples herramientas digitales que fomentan la innovación y la creatividad. Estas herramientas no solo se utilizan para distribuir contenidos, sino que también se basan en enfoques centrados en el pensamiento y se diseñan específicamente para abordar problemas concretos, aprovechando y explorando las habilidades de los estudiantes.

Asimismo, existen simuladores que permiten a los estudiantes explorar las propiedades y comportamientos de sistemas complejos, como el movimiento planetario o la propagación de ondas. Estos simuladores ofrecen una representación visual e interactiva de los fenómenos físicos, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos y la experimentación con diferentes variables. Por su lado, Camero Berrones (2009), plantea que, en el campo de la Física, la aplicación de las TIC en el desarrollo de laboratorios basados en computadoras puede ser una solución para abordar la necesidad de métodos de enseñanza más eficientes.

A continuación, se detallarán los simuladores que se utilizaron en diferentes temáticas que relacionan el Electromagnetismo y la Mecánica Relativista.

Implementación de la simulación PVsyst

En primer lugar, se describe el proceso de uso del simulador utilizando el software PVsyst para el contenido de celdas solares (Casillas Lamar y Morales Tamayo, 2023). Se comienza ejecutando el programa PVsyst y se importa un proyecto existente. Luego, se selecciona la pestaña “*Modelado en 3D*” y se elige la opción de guardar el archivo.

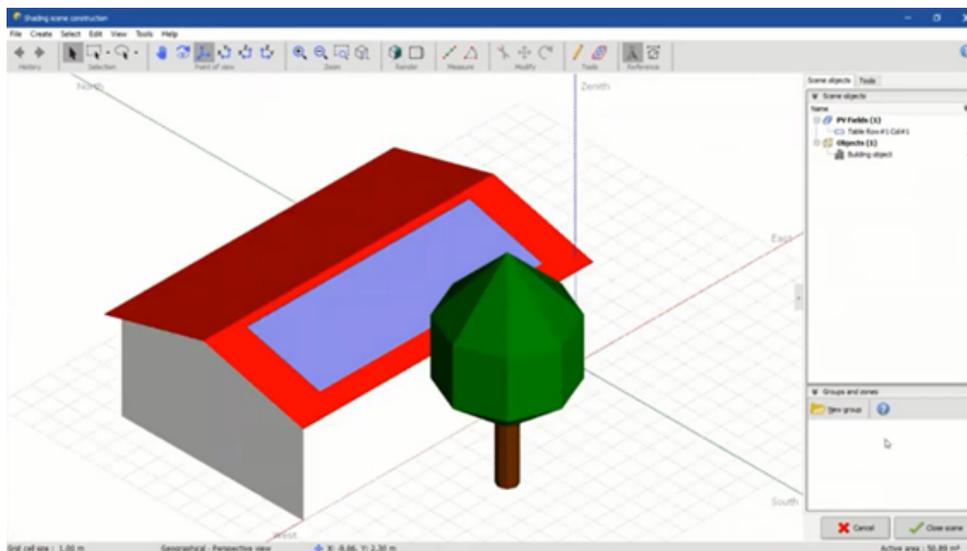
A continuación, en la pestaña “*Construcción*”, se elige la opción de crear un objeto, como una figura geométrica de una casa. Se pueden modificar el color y las dimensiones de la figura, y se agrega al plano tridimensional. Luego, se selecciona una mesa de sistema fotovoltaico en la visualización inicial, haciendo clic en “*Agregar otros elementos*”.

En el tercer paso, se accede a la pestaña “*Configuración módulo*” y se elige la opción de movimiento para ajustar los ángulos del sistema en el techo. Después de configurar los ángulos, se conecta el sistema al techo en la vista de activación. Para animar el simulador, se selecciona el sistema y se elige la opción de animación de sombras, lo que permite observar el desplazamiento

del sol a lo largo del día.

Finalmente, se agrega un objeto adicional, como un árbol, y se modifica para generar sombras proyectadas sobre el sistema fotovoltaico instalado en la casa. Al seleccionar la opción de animación de sombra, se puede observar cómo, a medida que la Tierra gira alrededor del sol, el árbol bloquea los rayos de luz solar y genera sombras en el sistema fotovoltaico.

Figura 3. Características del software PVsyst



Nota. En la imagen se observan las características del software PVsyst extraído de (Curso Sistemas Fotovoltaicos, 2021)

La simulación con el software PVsyst es de gran importancia, ya que permite visualizar y comprender de manera práctica el funcionamiento de sistemas fotovoltaicos y celdas solares. A través de la simulación, es posible explorar diferentes configuraciones, ángulos y condiciones de iluminación, lo que facilita la toma de decisiones informadas en el diseño e instalación de sistemas solares. Además, la capacidad de animar y observar el movimiento del sol y las sombras proyectadas en tiempo real brinda una representación visual realista, lo cual es fundamental para comprender cómo los factores ambientales y la geometría afectan el rendimiento de las celdas solares.

Implementación de la simulación Phet

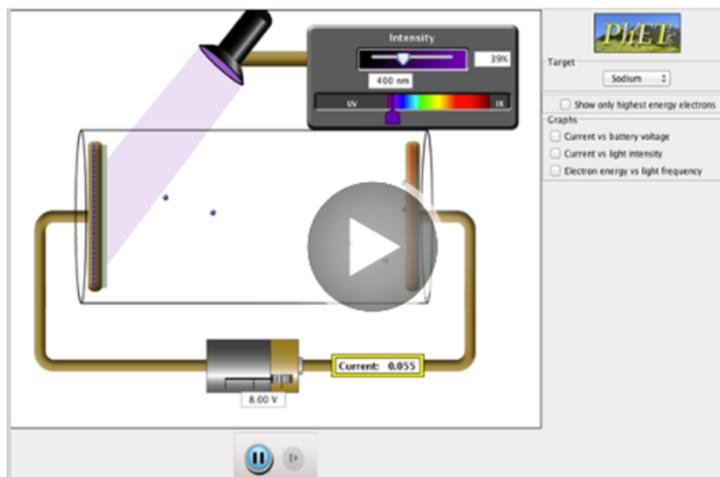
De acuerdo con la investigación realizada por Lino-Calle et al. (2023), se ha comprobado que el uso de simuladores interactivos, como el PhET Simulations, resulta altamente efectivo en el ámbito del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. Estas herramientas virtuales permiten a los estudiantes interactuar con modelos físicos y experimentar con diferentes variables en un entorno

controlado y seguro. Los simuladores ofrecen la posibilidad de realizar experimentos virtuales que resultan difíciles o costosos de llevar a cabo en un laboratorio tradicional, lo que amplía las oportunidades de aprendizaje y promueve una comprensión más profunda de los conceptos físicos. Como indican Cornejo Casco et al. (2023):

Una de las ventajas más destacadas de los simuladores en el ámbito educativo es la posibilidad de interactuar con conceptos de manera experimental y realista. Estos recursos permiten a los estudiantes llevar a cabo experimentos virtuales y manipular variables para comprender mejor los principios científicos subyacentes. A través de la interacción con los simuladores, los estudiantes pueden explorar y experimentar en un entorno seguro y controlado, lo que les brinda la oportunidad de cometer errores y aprender de ellos sin riesgos. (p. 15)

El sitio web PhET simplifica el proceso de explorar el fenómeno fotoeléctrico al ofrecer un entorno virtual preconfigurado. Los usuarios solo necesitan seleccionar un material semiconductor para permitir el flujo de electrones y protones en el circuito. Además, el sitio web permite modificar el tipo de luz utilizada para observar la velocidad de flujo de los electrones y protones. También es posible medir la corriente generada por el circuito, donde se explica que, a mayor potencia de luz, mayor será la corriente generada. Se destaca que la luz ultravioleta, caracterizada por ser de color morado y ser la luz de mayor potencia para el fenómeno fotoeléctrico, se encuentra presente en el sol.

Figura 4. Uso del Simular PhET



Nota: Simulación del efecto fotoeléctrico

Mediante el uso del simulador PhET, los estudiantes tienen la oportunidad de estudiar la

unidad de ondas electromagnéticas dentro del campo de la asignatura de electromagnetismo. Esta unidad abarca dos conceptos fundamentales: el movimiento de corriente de electrones y protones en un campo magnético, así como la inductancia mutua. El simulador proporciona una representación clara y accesible del movimiento de los electrones y protones, permitiendo a los estudiantes comprender de manera efectiva el comportamiento de la corriente eléctrica generada por la luz solar, específicamente la luz ultravioleta.

Implementación del Simulador el ciclotrón

La simulación del acelerador de partículas tipo ciclotrón se lleva a cabo utilizando la aplicación disponible en el sitio web Isingspinwebgl.com. Este sitio ofrece diversas simulaciones relacionadas con temas de física, desarrolladas en JavaScript utilizando la biblioteca WebGL para la programación de aplicaciones gráficas.

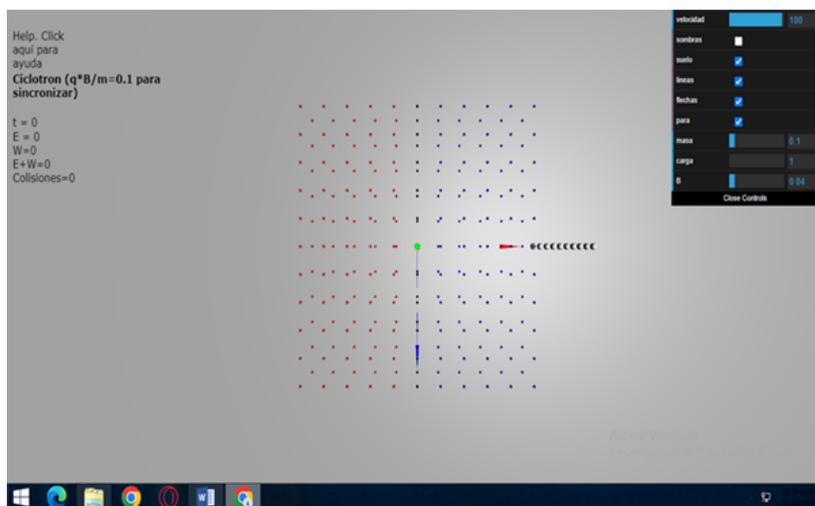
En la simulación del ciclotrón, se utilizan 242 partículas tipo “fuente” con una masa de $m=1$ y una carga de ± 1 , dispuestas en dos planos paralelos. Un plano tiene una carga de $+1$ y el otro una carga de -1 . Estas partículas están sujetas a una fuerza de la forma $f = -k \times x$, donde $k=0.01$. Esta configuración genera un campo eléctrico dipolar oscilante con una frecuencia angular de $w = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{0.01}{1}} = 0.1$

Además, se aplica un campo magnético externo perpendicular al plano de las cargas, lo que define una fuerza externa según las ecuaciones $f_x = -q \times B \times v_z$ y $f_z = q \times B \times v_x$, que corresponden a la fuerza de Lorentz. Estas fuerzas actúan sobre las partículas en la simulación del ciclotrón.

La implementación de simuladores es una estrategia versátil que se emplea con diversos propósitos, entre los cuales se incluyen el análisis de riesgos, la investigación y el desarrollo, así como la educación y la divulgación. La utilización de simuladores resulta fundamental en numerosos campos debido a su capacidad para crear entornos controlados y seguros.

En el caso específico de la simulación del ciclotrón, el objetivo es representar virtualmente el proceso de aceleración de partículas a velocidades relativas. Esta simulación se inicia con una partícula que se sitúa en la posición central, en el punto medio entre los dos planos de cargas, y con una velocidad inicial de $(0,0,1)$. Además, en el panel de control se ofrecen opciones para ajustar la carga Q y la masa M de dicha partícula, así como el campo magnético externo B .

Figura 5. Uso del simulador Ciclotón



Implementación de una simulador Electude

Según Pérez Villafuerte (2023), Electude es un simulador desarrollado en respuesta a la necesidad de mejorar los planes de estudio en las carreras de Ingeniería Automotriz y abordar los problemas en el mercado automotriz de Holanda. En 1990, se lanzó un simulador de conocimientos básicos automotrices creado por empresarios del sector automotriz con el objetivo de fomentar el diagnóstico utilizando herramientas electrónicas y promover la adopción de tecnología en los vehículos de producción local.

La implementación de la simulación de un dinamo generador de energía en un carro control remoto en Electude ha sido un proceso importante dentro del proyecto educativo. Durante esta implementación, se han seguido los siguientes pasos:

- Iniciar un nuevo proceso en Electude: Se abre la plataforma Electude y se crea un nuevo proceso, ingresando el correo electrónico y la contraseña correspondientes.
- Diseñar el escenario virtual: Se crea un escenario virtual que representa el entorno del carro control remoto y el dinamo. Se agregan modelos 3D del carro y el dinamo, así como otros elementos relevantes.
- Configurar la dinámica: Se utilizan las herramientas de Electude para definir las físicas y la dinámica del carro y el dinamo. Se establece cómo se comportarán y cómo interactuarán entre sí.
- Programación lógica: Si Electude permite la programación, se escribe el código necesario para controlar la simulación. Esto puede incluir la generación de energía a partir del movimiento del carro y su almacenamiento en el dinamo.
- Integrar elementos educativos: Se pueden agregar elementos educativos, como textos

explicativos y preguntas de conocimiento, para enriquecer la experiencia de aprendizaje de los usuarios.

- Pruebas y ajustes: Se realizan pruebas exhaustivas para garantizar que la simulación funcione correctamente. Se verifican la generación de energía y otros cálculos para asegurar su precisión.
- Optimización de rendimiento: Se asegura que el simulador funcione de manera eficiente y sin problemas en diferentes dispositivos.
- Distribución: Una vez finalizado el simulador, se implementa en un entorno de aprendizaje específico, como estudiantes de décimo grado.
- Validación con los usuarios: Se realizan pruebas con los usuarios, como los estudiantes de décimo grado, para obtener retroalimentación sobre la efectividad del simulador y realizar ajustes en función de sus comentarios.

Figura 6. Aplicación del Simulador Electude



La implementación exitosa de esta simulación ha resultado en la creación de una herramienta interactiva y educativa que permite a los estudiantes comprender los principios de generación de energía en un entorno realista. El simulador desarrollado en Electude ofrece una forma efectiva y versátil de aprendizaje para los estudiantes interesados en la tecnología, permitiéndoles explorar el funcionamiento de un dinamo generador de energía en un contexto de carro control remoto.

Implementación del simulador Real Builder 2.0-[VRMC]

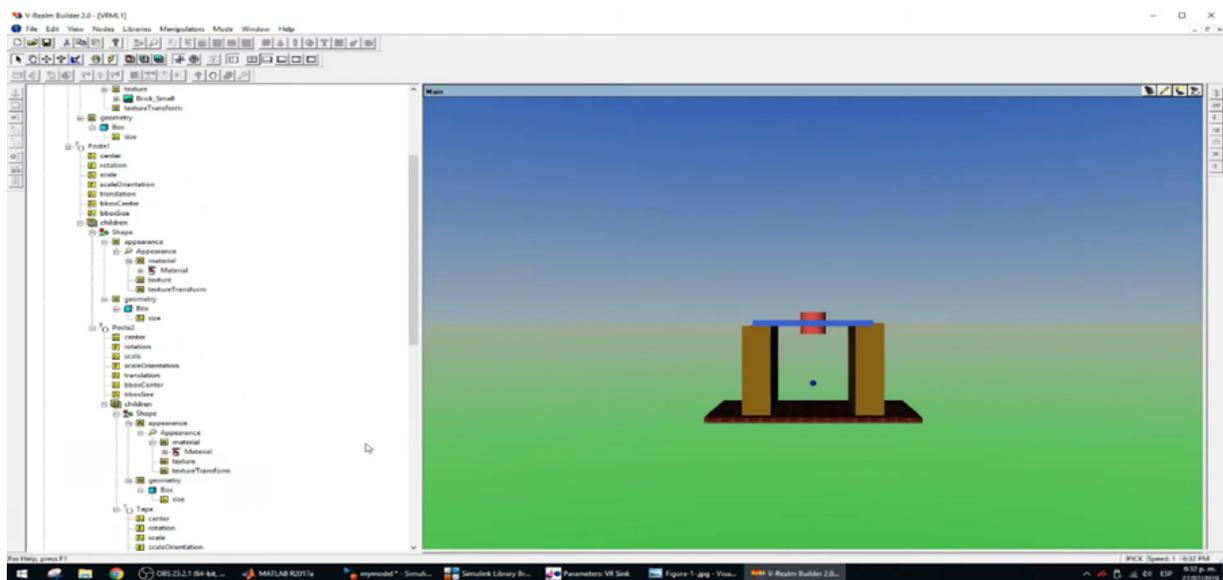
Real Builder 2.0-[VRMC] es un software que se emplea para la creación de un entorno tridimensional que simula el experimento de levitación magnética (Arciniegas, 2019). Este programa permite diseñar y construir virtualmente un escenario realista en el que se pueda explorar y comprender el fenómeno de la levitación magnética.

El software Real Builder 2.0-[VRMC] proporciona una interfaz intuitiva y herramientas específicas para la creación de modelos 3D que representan los componentes del experimento. Los usuarios pueden diseñar y configurar imanes, objetos levitadores y otros elementos relevantes, ajustando sus propiedades físicas y geométricas según sea necesario.

Además, el programa ofrece la posibilidad de simular el comportamiento de los objetos en el entorno magnético, permitiendo observar la levitación y realizar mediciones virtuales. Los usuarios pueden experimentar con diferentes configuraciones y variables, como la distancia entre imanes, la intensidad del campo magnético y la masa de los objetos, para comprender cómo afectan estos factores al fenómeno de la levitación.

La utilización de Real Builder 2.0-[VRMC] resulta beneficioso tanto en el ámbito educativo como en el de la investigación científica. Los estudiantes y los investigadores pueden utilizar este software para visualizar y explorar la levitación magnética de una manera interactiva y práctica, lo que facilita la comprensión de los principios físicos involucrados en este fenómeno. Esto ayuda a fortalecer el aprendizaje y a fomentar el desarrollo de nuevas ideas y experimentos en el campo de la levitación magnética.

Figura 7. Implementación del Simulador Real Builder 2.0-[VRMC]



Nota: Tomado de Arciniegas, (2019)

El uso de simuladores en el campo de la física es de gran importancia debido a los múltiples beneficios que ofrecen. Los simuladores permiten crear entornos virtuales controlados en los que

es posible explorar y analizar fenómenos físicos de manera precisa y segura. Además, brindan la oportunidad de realizar experimentos virtuales en situaciones que podrían resultar difíciles o costosas de replicar en un laboratorio.

Entre los simuladores mencionados anteriormente, como Real Builder 2.0-[VRMC], se destaca su utilidad para diseñar y simular experimentos específicos, como el de levitación magnética. Estos programas proporcionan una representación visual e interactiva que facilita la comprensión de los conceptos subyacentes y permite realizar mediciones virtuales.

Sin embargo, es importante destacar que los simuladores también deben ser comparados con prototipos experimentales para validar su precisión y confiabilidad. La comparación entre los resultados obtenidos en el simulador y los obtenidos en un entorno experimental real permite verificar la validez del modelo utilizado en el simulador y ajustar parámetros si es necesario.

La combinación de simuladores y prototipos experimentales proporciona una perspectiva más completa y enriquecedora para el estudio de la física. Los simuladores ofrecen una plataforma para el aprendizaje interactivo y la exploración de conceptos teóricos, mientras que los prototipos experimentales brindan la oportunidad de poner a prueba y confirmar las predicciones realizadas en el simulador, así como de descubrir posibles limitaciones o aspectos no considerados.

CONCLUSIONES

El desarrollo de competencias a través de prototipos y simuladores en un entorno interdisciplinario de física-matemática es una estrategia efectiva para promover el aprendizaje y fortalecer las habilidades de los estudiantes en estas disciplinas.

En primer lugar, el uso de prototipos y simuladores brinda a los estudiantes la oportunidad de aplicar los conceptos teóricos de física y matemáticas en un contexto práctico y concreto. Al interactuar con estos entornos virtuales, los estudiantes pueden experimentar y manipular variables, observar resultados y comprender cómo se relacionan los principios fundamentales con fenómenos reales. Esto les ayuda a consolidar su comprensión conceptual y a conectar de manera más significativa los conocimientos adquiridos en el aula con su aplicación en situaciones de la vida real.

Además, el trabajo con prototipos y simuladores fomenta el desarrollo de habilidades de resolución de problemas y pensamiento crítico. Los estudiantes se enfrentan a desafíos y situaciones complejas que requieren análisis, razonamiento lógico y toma de decisiones. A medida que exploran

diferentes configuraciones, ajustan parámetros y evalúan resultados, fortalecen su capacidad para plantear hipótesis, diseñar estrategias y encontrar soluciones eficientes.

El entorno interdisciplinario de física y matemáticas en el que se utilizan prototipos y simuladores también permite a los estudiantes apreciar la conexión entre estas dos disciplinas y su aplicación conjunta en la resolución de problemas del mundo real. Al abordar proyectos y desafíos que requieren conocimientos y habilidades de ambas áreas, los estudiantes desarrollan una visión más completa e integrada del conocimiento científico y matemático, y comprenden cómo se complementan y enriquecen mutuamente.

Asimismo, el trabajo colaborativo en equipos interdisciplinarios fomenta el desarrollo de habilidades de comunicación, colaboración y liderazgo. Los estudiantes aprenden a trabajar en conjunto, a escuchar y valorar las ideas de sus compañeros, a comunicar eficazmente sus propias ideas y a coordinar esfuerzos para lograr objetivos comunes. Estas habilidades son fundamentales en el mundo laboral y en la vida cotidiana, donde la resolución de problemas y la toma de decisiones suelen requerir el trabajo en equipo y la colaboración con personas que tienen diferentes perspectivas y conocimientos.

En síntesis, el desarrollo de competencias a través de prototipos y simuladores en un entorno interdisciplinario de física-matemática es una estrategia enriquecedora para el aprendizaje. Estos recursos ofrecen a los estudiantes la oportunidad de experimentar, aplicar conceptos teóricos, fortalecer habilidades de resolución de problemas y desarrollar una comprensión más integrada de la ciencia y las matemáticas. Además, el trabajo colaborativo en equipos interdisciplinarios promueve habilidades de comunicación y colaboración, preparando a los estudiantes para enfrentar desafíos del mundo real en una variedad de contextos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arciniegas, N. (2 de agosto de 2019). Youtube. Retrieved 5 de noviembre de 2023, from <https://www.youtube.com/watch?v=ZgqUdnUjNtw>
- Arredondo Domínguez, E. R., Gómez Cárdenas, R. E., Lalama Flores, R. V., y Chóez Chóez, L. O. (2020). Investigación científica y estadística para el análisis de datos. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 8(1), 1-19. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i1.2411>
- Barbera Alvarado, N., Chirinos Araque, Y. d., Vega Martínez, A. A., y Hernández Buelvas, E. d. (2021). Gestión pedagógica en tiempos de crisis del COVID-19: Una dinámica pensada desde la práctica interdisciplinaria. *Utopía y Praxis Latinoamericana*, 26(95),

- 97-109. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/utopia/article/view/36582>
- Benítez Ayala, D. A. (2022). Evaluación del aprendizaje y el enfoque por competencias. Revisión de antecedentes teóricos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 10402-10434. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4136
 - Blanchar, F. (2022). Desarrollo de competencias científicas en estudiantes de educación básica secundaria y media como propósito de la gestión pedagógica. *Revista Estudios Psicológicos*, 2(2), 30-59. <https://doi.org/10.35622/j.rep.2022.02.003>
 - Camero Berrones, R. G. (2009). Desarrollo de un laboratorio basado en computadoras como herramienta auxiliar en el aprendizaje de temas de mecánica durante la educación media. Instituto Politécnico Nacional. https://www.repositoriodigital.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/10950/1/PTA_D_20100119_001.PDF
 - Casillas Lamar, J. V., y Morales Tamayo, Y. (2023). Revisión del estado del arte, oportunidades y desafíos en la utilización de paneles solares bifaciales. *Polo del Conocimiento*, 9(1), 77-92. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/6369>
 - Castrillón-Yepes, A., Mejía Arango, S., González-Grisales, A. C., y Rendón-Mesa, P. A. (2020). La modelación y la experimentación en el estudio de un fenómeno físico. experiencias y reflexiones en educación media. X Congreso Internacional sobre Enseñanza de las Matemáticas, 704-713. <http://funes.uniandes.edu.co/22463/>
 - Cornejo Casco, B. J., García López, H. D., y Herrera Castrillo, C. J. (2023). Simulador Phet Para Demostrar Ecuación de Continuidad con Enfoque Diferencial e Integral Incluyendo Vectores. *Revista Chilena de Educación Científica*, 24(1), 14-35. <http://revistas.umce.cl/index.php/RChEC/article/view/2665/2869>
 - Curso Sistemas Fotovoltaicos. (10 de Junio de 2021). YouTube. Simulacion PVSyst. Parte 2. 2021Junio10: <https://www.youtube.com/watch?v=vLmhty2ZTvQ>
 - Esquerre Ramos, L. A., y Pérez Azahuanche, M. Á. (2021). Retos del desempeño docente en el siglo XXI: una visión del caso peruano. *Revista Educación*, 45(2), 593–614. <https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.43846>
 - Figueroa Sánchez, A. A. (2023). Desarrollo de Competencias Científicas en Secundaria. *Revista ORADORES*(17), 188-202. <https://doi.org/10.37594/oradores.n19.1199>
 - García Vélez, K. A., Ortiz Cárdenas, T., y Chávez Loor, M. D. (2021). Relevancia y dominio de las competencias digitales del docente en la educación superior. *Revista Cubana de Educación Superior*, 40(3), 1-15. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0257-43142021000300020yscript=sci_arttext
 - Guerrero Zambrano, M., y Concari, S. B. (2023). Desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de Ingeniería mediante una estrategia didáctica que integra laboratorios

- remotos sobre circuitos eléctricos: primera intervención. *Revista De Enseñanza De La Física*, 32(5), 45–62. <https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43684>
- Gutiérrez Altamirano, J. H. (2023). Propósitos de la Educación Superior en Nicaragua. *Revista Multi-Ensayos*, 9(18), 39–43. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v9i18.16430>
 - Guzmán Castro, R., y Ortega Vergara, S. (2019). Didáctica de la física mediadas por las tic orientada al desarrollo del pensamiento creativo. *Maestria en Educación. Corporación Universitaria de la Costa*. <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/3117/72243928%20-%2072019576.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 - Herrera Castrillo, C. (2023). Interdisciplinariedad a través de la Investigación en Matemática y Física. *Revista Chilena de Educación Matemática*, 15(1), 31-45. <https://doi.org/10.46219/rechiem.v15i1.126>
 - Herrera Castrillo, C. J., y Córdoba Fuentes, D. J. (2023). Competencias Científicas y Tecnológicas en el Trabajo Práctico Experimental de Electricidad. *Revista Multi-Ensayos*, 9(17), 3-18. <https://doi.org/10.5377/multiensayos.v9i17.15737>
 - Herrera Castrillo, C. J., y Córdoba Fuentes, D. J. (2023). Prácticas Educativas en la formulación de proyectos extensionistas realizadas por estudiantes de IV año de la carrera de Física-Matemática de FAREM-Estelí. *Revista Compromiso Social*, 6(10), 95–104. <https://revistacompromisosocial.unan.edu.ni/index.php/CompromisoSocial/article/view/329>
 - Lino-Calle, V. A., Barberán-Delgado, J. A., López-Fernández, R., y Gómez-Rodríguez, V. G. (2023). Analítica del aprendizaje sustentada en el Phet Simulations como medio de enseñanza en la asignatura de Física. *Revista MQRInvestigar*, 7(3), 2297–2322. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.2297-2322>
 - Mairena Gómez, J. R., Martínez Cárdenas, P. A., Palma Moran, L. F., y Herrera Castrillo, C. J. (2024). Recursos tecnológicos y su aplicación a la temática movimiento de giroscopios y trompos. *Revista Internacional De Pedagogía E Innovación Educativa*, 4(1), 109-132. <https://doi.org/10.51660/ripie.v4i1.148>
 - Mairena Mairena, F. J., Zeledón Mairena, Y. N., Gutiérrez Herrera, A. d., Medina Martínez, W. I., y Herrera Castrillo, C. J. (2023). Prototipo de Trabajo Práctico Experimental en la Demostración de existencia de Fluidos Miscibles desde el Cálculo Vectorial. *Revista Torreón Universitario*, 12(34), 48–61. <https://doi.org/10.5377/rtu.v12i34.16340>
 - Mendoza Hernández, L. E., y García Contreras, J. M. (2024). Design Thinking para el desarrollo de prototipos en bachillerato. *Uno Sapiens Boletín Científico De La Escuela Preparatoria No. 1*, 6(12), 12-15. <https://doi.org/10.29057/prepa1.v6i12.11754>
 - Muñoz Vallecillo, L. O., Martínez González, Y. Y., Medina Martínez, W. I., y Herrera Castrillo, C. J. (2023). Uso de simuladores y asistente matemático en la demostración

- del principio de Pascal al aplicarse integrales y vectores. *Revista Científica Tecnológica*, 2(6), 48-60. <https://revistarecientec.unan.edu.ni/index.php/recientec/article/view/214>
- Pérez Villafuerte, E. X. (2023). Aplicación del simulador Electude, para el desarrollo tecno-pedagógico en la Carrera de Automotriz. Pontificia Universidad Católica de Ecuador. <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/4388>
 - Pérez-Higuera, G. D., Niño-Vega, J. A., y Fernández-Morales, F. H. (2020). Estrategia pedagógica basada en simuladores para potenciar las competencias de solución de problemas de física. *AiBi Revista De Investigación, Administración E Ingeniería*, 8(3), 17–23. <https://doi.org/10.15649/2346030X.863>
 - Pineda Somoza, P. (2023). Estrategia didáctica para el desarrollo del aprendizaje experiencial en estudiantes de la especialidad de física matemática de una universidad nacional de Lima. Universidad San Ignacio de Loyola. <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/70e01e6a-c982-4027-b591-d9d7647e4184>
 - Rastelli Arcangeli, M. E. (2021). La Física Contemporánea y algunas conexiones con la Ingeniería. Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/123119>
 - Talavera, J. I., Salmerón Herrera, J. J., Cruz Cruz, J. d., y Herrera Castrillo, C. J. (2023). Prototipo de trabajo práctico experimental en la demostración del principio de Pascal. *Wani*, 79(2), 27-44. <https://doi.org/10.5377/wani.v39i79.16805>
 - Vázquez Méndez, W., Cárdenas Rivera, V. d., García Rivas, S. H., y Herrera Castrillo, C. J. (2024). Prototipo Experimental para el Aprendizaje de Fenómenos Ondulatorio. *Revista Educación*, 22(23), 12-24. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistaeducacion.2024.23.485>
 - Vesga-Bravo, G. J., y Escobar-Sánchez, R. E. (2018). Trabajo en solución de problemas matemáticos y su efecto sobre las creencias de estudiantes de básica secundaria. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 9(1), 103–114. <https://doi.org/https://doi.org/10.19053/20278306.v9.n1.2018.8270>
 - Vigo Vargas, O. (2013). Polémica alrededor del concepto competencia. UCV-HACER. *Revista de Investigación y Cultura*, 2(1), 122-130. <https://www.redalyc.org/pdf/5217/521752180014.pdf>