



Implementación de indagación guiada con simulaciones PhET sobre flotación en el nivel medio superior

Implementation of Guided Inquiry with PhET Simulations on flotation at the high school level

Pedro Oliver Cabanillas-García¹ , José Alberto Alvarado-Lemus¹ , Levy Noé Inzunza-Camacho¹ 

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Dirección General de Escuelas Preparatorias, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo analizar las percepciones de los estudiantes en la adquisición de conocimientos sobre el concepto de *flotación* mediante la implementación de la indagación guiada utilizando simulaciones PhET. La implementación se llevó a cabo a través del diseño de Hojas de Trabajo aplicadas a tres grupos de bachillerato tecnológico ubicado en Sinaloa, México. Se realizó el análisis de las percepciones de los estudiantes hacia la indagación guiada con simulaciones PhET a través de la observación participante y la entrevista semiestructurada a través de cinco categorías propuestas. Los resultados muestran un incremento de apropiación del concepto de flotación y fomentan el trabajo colaborativo entre los estudiantes. Las conclusiones muestran que la indagación guiada con simulaciones PhET mejora significativamente la comprensión y motivación de los estudiantes, promoviendo la colaboración y el aprendizaje activo. Se identificaron desafíos en la familiarización y aplicación de las simulaciones. Los beneficios de la investigación muestran que la indagación guiada y las simulaciones PhET proporcionan una experiencia de aprendizaje interactiva y segura, que permite una comprensión más profunda de conceptos y su aplicación en situaciones de la vida real.

PALABRAS CLAVE: enseñanza de la física; flotación; indagación guiada; PhET.

ABSTRACT

This study aims to analyze students' perceptions in the acquisition of knowledge about the concept of *flotation* through the implementation of guided inquiry using PhET simulations. The implementation was carried out through the design of Worksheets applied to three groups of technological high school students located in Sinaloa, Mexico. The analysis of students' perceptions towards guided inquiry with PhET simulations was carried out through participant observation and semi-structured interviews through five proposed categories. The results show an increased appropriation of the concept of flotation and promote collaborative work among students. The conclusions show that guided inquiry with PhET simulations significantly improves students' understanding and motivation, promoting collaboration and active learning. Challenges were identified in the familiarization and application of the simulations. The benefits of the research show that guided inquiry and PhET simulations provide an interactive and safe learning experience, allowing for a deeper understanding of concepts and their application in real-life situations.

KEYWORDS: physics teaching; flotation; guided inquiry; PhET.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Pedro Oliver Cabanillas García
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de Sinaloa / Dirección General de Escuelas Preparatorias
DIRECCIÓN: Circuito Interior Oriente s/n, Ciudad Universitaria, Privada del Real, C. P. 80040, Culiacán Rosales, Sinaloa, México
CORREO ELECTRÓNICO: oliver_cabanillas@uas.edu.mx

Fecha de recepción: 29 de julio de 2024. **Fecha de aceptación:** 29 de octubre de 2024. **Fecha de publicación:** 26 de noviembre de 2024.



I. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la física en el nivel medio superior en el noroeste de México enfrenta desafíos significativos, puesto que sigue siendo una asignatura que en su mayoría se aborda de manera tradicional. Dentro de los principales desafíos se encuentran la complejidad inherente de los conceptos físicos, las limitaciones de los métodos tradicionales y la falta de experiencias prácticas significativas [1]. Estas dificultades se agravaron con la pandemia de COVID-19, la cual agregó limitaciones, como las restricciones para utilizar los laboratorios escolares, la complejidad de realizar experimentos en casa, y el uso de software y aplicaciones de gestión del aprendizaje [2], [3], [4].

En este nivel educativo se requiere que los estudiantes desarrollen una comprensión profunda de principios y leyes fundamentales de la física, lo que a menudo implica la capacidad de visualizar y manipular conceptos abstractos. Los enfoques tradicionales de enseñanza, que suelen basarse en clases donde el docente brinda toda la información y se enfoca en la resolución de problemas matemáticos, pueden no ser suficientes para ayudar a los estudiantes a desarrollar esta comprensión conceptual [5].

Diversos estudios han identificado barreras para la enseñanza efectiva de la física. Por ejemplo, en [6] se destaca la falta de material educativo, la insuficiente capacitación de los docentes y un entorno de aprendizaje deficiente. Además, en [7] se comenta la influencia de la actitud en el bajo rendimiento de los estudiantes hacia el aprendizaje de la física, mientras que en [8] se sostiene que la falta de recursos tecnológicos adecuados y la interacción limitada impide una comunicación efectiva en el desarrollo del aprendizaje de la física.

En las escuelas adscritas a la Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS), de la Secretaría de Educación Pública (SEP), los temas que se abordan en las asignaturas de física son mecánica, fluidos y propiedades de la materia, termodinámica, óptica y electromagnetismo. En estudio de fluidos se aborda el tema de *flotación*, un fenómeno en el que un objeto permanece suspendido en un fluido sin hundirse o elevarse debido a la acción de fuerzas opuestas [9].

Existen investigaciones que han abordado la enseñanza de la flotación basados en propuestas didácticas innovadoras. En [10] se analiza la planeación didáctica que

incluye actividades y preguntas dirigidas a corregir concepciones erróneas sobre este fenómeno. Otros estudios analizan las fortalezas de los recursos audiovisuales y actividades prácticas, como apoyo al aprendizaje del comportamiento de los objetos en fluidos [11], [12]. También se hace uso de situaciones u objetos de la vida cotidiana: en [13] se usa el iceberg como objeto colocado en un fluido y en [14] se mide diversas variables relacionadas con la flotación.

Los simuladores virtuales se presentan como una herramienta digital innovadora que se integran fácilmente dentro de diversas metodologías para la enseñanza de la física, puesto que permiten recrear algunas situaciones que difícilmente se pueden reproducir en el aula o en un laboratorio escolar. Las simulaciones de PhET Interactive Simulations son entornos que usan animación en forma de juego donde los estudiantes pueden interactuar y aprender mediante la exploración [15], [16]. Estos ofrecen una solución eficaz para la enseñanza de la física, debido a las diversas opciones disponibles tanto en la página web como en la aplicación de teléfonos inteligentes.

Existen estudios donde analizan la eficacia de utilizar los simuladores de PhET para la enseñanza de la física en múltiples temas [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24], [25].

También existe trabajo donde se analiza el apoyo que brindan las simulaciones PhET para la enseñanza de la física. En [26] se argumenta que el uso de simulaciones PhET mejoró significativamente las actitudes de los estudiantes hacia la física en comparación con métodos tradicionales. Por otra parte, en [27] se argumenta que el uso de PhET en las hojas de trabajo de los estudiantes resultó en una mejora considerable en los resultados de aprendizaje, además estas facilitan la comunicación entre los estudiantes y docentes facilitando la instrucción [28]. Sin embargo, las actividades propuestas con las simulaciones PhET deben de estar basadas en la investigación y apoyarse en el acompañamiento docente para lograr los resultados de aprendizaje deseados [29].

Dentro de las diversas propuestas de estrategias educativas que existen para implementar las simulaciones de PhET en física se encuentra la Indagación Guiada (IG), en la que los estudiantes tienen la oportunidad de involucrarse en un proceso de indagación, que incluye discusiones grupales donde ellos mismos manipulan la simulación. Esto permite que todos participen mediante las hojas de trabajo que contienen instrucciones,

desafíos y preguntas, en las que registran sus observaciones y resultados [30], [31].

La implementación de IG ha sido estudiada en diversas investigaciones donde ha sido implementada con PhET para la enseñanza de la física. En general, muestra resultados positivos cuando son combinados tanto las simulaciones como los experimentos demostrativos [30]. Basado en la revisión de las investigaciones que utilizan IG con PhET, se identificaron estudios dirigidos tanto a clases presenciales [32] como a clases virtuales [33]. También, en [34] se concluye que los docentes tienen actitudes positivas hacia la implementación de IG con simuladores virtuales. Además, se encontraron estudios donde se aplica la IG para la enseñanza de la física en diversos grados educativos [35], [36].

Por lo anterior, esta investigación se basa en la implementación de la IG en un bachillerato tecnológico ubicado en Sinaloa, México, en el cual se muestran dificultades para adquirir el concepto de flotación por prevalecer la enseñanza tradicional guiada por los ejercicios operativos que enfatizan la aplicación de cálculos matemáticos. El objetivo es analizar la percepción de los estudiantes en la adquisición de conocimientos sobre el concepto de flotación mediante la implementación de la IG utilizando simulaciones PhET.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación tiene como marco de referencia la metodología cualitativa a través de la etnografía particularista, puesto que se explora y comprende las experiencias de estudiantes al utilizar la IG con simuladores PhET para el aprendizaje del concepto de flotación [37], [38]. Por lo tanto, se utiliza la observación participante y la entrevista semiestructurada para profundizar en las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje obtenido en la sesión.

Los participantes de este estudio son 69 estudiantes de tercer grado del nivel medio superior del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios 224 (CBTIS 224) ubicado en Culiacán, Sinaloa, México, de los cuales 31 son hombres y 38 son mujeres. La propuesta de la IG sobre flotación se hizo en una sesión de 1.5 horas.

La propuesta de trabajo fue diseñada en la especialización denominada Aprendizaje Activo STEM con Simulaciones Interactivas PhET, ofertada por la

Universidad de Colorado Boulder. En esta se diseñaron dos hojas de trabajo que corresponden al Pre-Laboratorio y Hoja de Clase (URL hojas de trabajo: <https://phet.colorado.edu/es/contributions/view/7418>). Además, el simulador PhET seleccionado fue Densidad (URL simulador Densidad: https://phet.colorado.edu/es_PE/simulations/density).

La hoja de Pre-Laboratorio de la actividad Flotación de los cuerpos tiene como objetivo describir cómo influye el volumen y la masa de un objeto en su flotación. En ella se muestran tres configuraciones del simulador donde las opciones de modificación de material, masa y volumen presentan situaciones donde el estudiante debe predecir qué sucede en la simulación previo a la validación mediante la manipulación de las variables.

En el caso de la Hoja de Clase, esta tiene como objetivo identificar los materiales que pueden y los que no pueden flotar en un fluido. Se inicia con un tiempo de juego abierto donde el estudiante puede manipular todas las variables que se encuentran en la simulación con el objetivo de que se familiarice con las configuraciones que se pueden generar en el simulador. Después, debe colocar tres observaciones que tenga sobre lo que descubre en el juego abierto.

La segunda actividad consiste en que, basado en su experiencia previa en el juego abierto, puedan generar tres configuraciones donde se presenten objetos que floten en agua, que no floten y que permanezcan inertes. También, se debe analizar las características de cada situación en función de la masa y volumen del objeto propuesto.

Para la tercera actividad se proponen tres situaciones donde el estudiante debe realizar una configuración previa para después responder la pregunta: *¿Siguen flotando los bloques?* En este caso, el estudiante responde y explica su respuesta. A manera de consolidación, los estudiantes utilizan objetos reales para configurar situaciones donde puedan flotar, no puedan flotar y quedar inerte en el aire.

Para obtener las percepciones de los estudiantes sobre el aprendizaje del concepto de flotación mediante IG y PhET, se utilizó una bitácora orientada de preguntas abiertas para la observación participante, y la guía de preguntas abiertas para la entrevista semiestructurada, en las cuales se basan en 5 categorías temáticas desarrolladas para la investigación, mismas que se explican en la [Tabla 1](#).

TABLA 1
 CATEGORÍAS TEMÁTICAS PARA EL ANÁLISIS

CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
Comprensión del concepto físico	Evalúa cómo los estudiantes perciben y entienden los conceptos físicos mediante el uso de simulaciones virtuales
Colaboración y trabajo en equipo	Analiza cómo los estudiantes se organizan, enfrentan desafíos y utilizan estrategias colaborativas durante las actividades grupales
Vinculación con la vida cotidiana	Examina cómo los estudiantes pueden transferir y aplicar los conceptos físicos aprendidos en situaciones reales y cotidianas
Retroalimentación basada en el aprendizaje	Recopila la retroalimentación de los estudiantes sobre la estructura y organización de las actividades
Desafíos y dificultades en la comprensión	Identifica los conceptos físicos que los estudiantes encontraron más difíciles de entender durante la sesión

La bitácora orientada de preguntas abiertas para la observación participante al momento de la implementación de IG con PhET brinda al docente la capacidad de recolectar información en el contexto [39]. Con respecto a la guía de preguntas abiertas de la entrevista semiestructurada, esta cuenta con diez preguntas donde se distribuyen las categorías propuestas que se realizan después de la sesión de clase.

Los instrumentos de investigación fueron validados por expertos en el área de la enseñanza de la física mediante intercotejo. Las preguntas utilizadas para orientar la observación participante y la guía de preguntas abiertas de la entrevista semiestructurada se muestran en la [Tabla 2](#).

TABLA 2
 CATEGORÍAS TEMÁTICAS PARA EL ANÁLISIS DE LA INVESTIGACIÓN

CATEGORÍAS	PREGUNTAS DE OBSERVACIÓN PARTICIPANTE	PREGUNTAS DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA
Comprensión del concepto físico	1. ¿Cómo interactúan los estudiantes con las simulaciones para manipular variables como la masa y el volumen en tiempo real? 2. ¿Cómo afecta el uso de simulaciones PhET el nivel de interés y motivación de los estudiantes en el aprendizaje del concepto de flotación?	1. ¿Cómo fue su experiencia al utilizar la simulación virtual para entender el concepto físico propuesto? 2. ¿Qué aprendió sobre la temática que plantea el simulador virtual con respecto a la clase presencial que previamente se impartió?
Colaboración y trabajo en equipo	3. ¿Cómo se organizan los estudiantes durante las actividades de simulación para resolver los problemas propuestos? 4. ¿Qué interacciones específicas entre los estudiantes facilitan la comprensión del concepto de flotación?	3. ¿Qué desafíos enfrentó al trabajar en equipo durante la actividad? 4. ¿Cómo se organizó como equipo para llevar a cabo las actividades? 5. ¿Qué estrategias utilizaron para solucionar las actividades que se presentaron con el simulador virtual?
Vinculación con la vida cotidiana	5. ¿De qué manera los estudiantes logran establecer conexiones entre las simulaciones PhET y situaciones cotidianas asociadas al concepto de flotación? 6. ¿Qué dificultades enfrentan los estudiantes al intentar vincular los conceptos de la simulación con situaciones de la vida real?	6. ¿Cómo vinculó el concepto físico reforzado con el simulador virtual al realizar la actividad final con objetos reales? 8. ¿Cómo pueden aplicar los conceptos aprendidos en su vida cotidiana?
Retroalimentación basada en el aprendizaje	7. ¿Qué obstáculos encuentran los estudiantes al manipular las variables del simulador PhET para predecir y explicar el fenómeno de flotación? 8. ¿Cómo afecta la falta de familiarización con las herramientas digitales al rendimiento de los estudiantes durante las actividades de simulación?	9. ¿Qué retroalimentación tienen para el docente sobre la estructura y organización de la actividad? 10. ¿Qué herramientas tecnológicas adicionales consideran que podrían mejorar su aprendizaje en este tema?
Desafíos y dificultades en la comprensión	9. ¿Qué conceptos teóricos sobre la flotación generan mayor confusión en los estudiantes durante la indagación guiada con PhET? 10. ¿Cómo enfrentan los estudiantes las dificultades al aplicar el conocimiento sobre flotación para resolver los problemas presentados en las Hojas de Trabajo?	7. ¿Qué conceptos de la sesión le resultaron más difíciles de entender?

Para el análisis de los resultados se utilizó Voyant Tools, que es un entorno web para lectura y análisis de texto que ofrece diversas funcionalidades para la minería de texto y las visualizaciones interactivas [40], [41], [42]. Destaca la capacidad interactiva de Voyant Tools para

utilizar las diversas herramientas de manera simultánea en el análisis de las categorías temáticas, mostrando las características del texto que se proporciona. Además, cuenta con la capacidad de depurar términos que no se alinean con lo solicitado [43], [44].

Para interpretar las respuestas de los participantes, se utilizó un sistema de codificación que asigna un identificador único a cada respuesta para encontrar patrones y temas emergentes. El campo ID representan el identificador de los participantes, ID_Preg# representa el número de pregunta y Resp representa la respuesta generada por el participante. La configuración final del identificador es ID+ID_Preg#: Resp. Finalmente, en la Figura 1 se muestra la metodología propuesta en esta investigación.

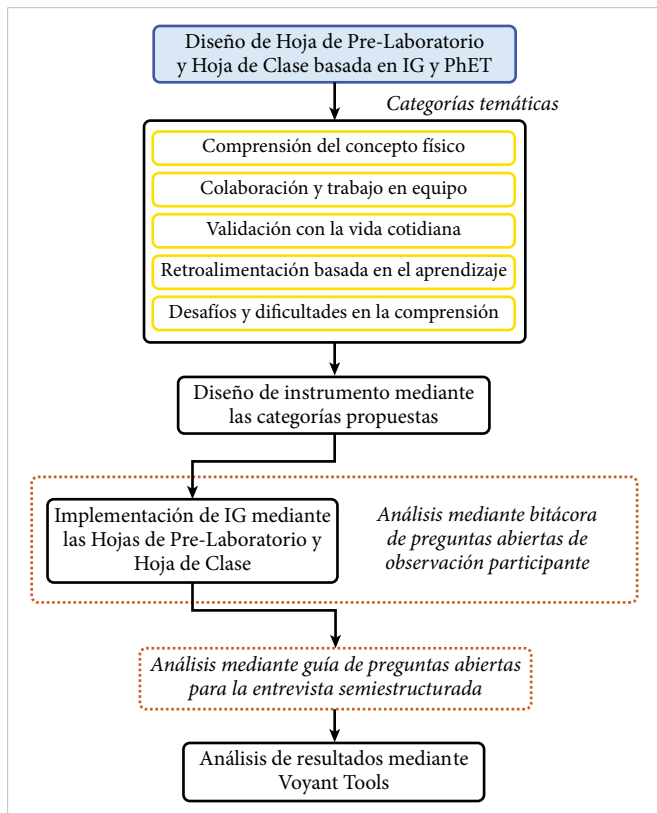


Figura 1. Metodología propuesta de investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados del análisis basado en las respuestas de la observación participante en clase presencial al aplicar IG con simuladores PhET mediante las hojas de trabajo y la entrevista semiestructurada realizada después de la implementación. En la Figura 2 se muestra la implementación en el laboratorio de la IG.

CATEGORÍA COMPRENSIÓN DEL CONCEPTO FÍSICO

La observación participante demostró que el uso de los simuladores PhET mejora significativamente el aprendizaje de flotación. Los estudiantes pueden manipu-

lar variables como *masa* y *volumen* en tiempo real, lo que refuerza su comprensión conceptual. En la Figura 3 se muestra las evidencias de la Hoja de Trabajo Pre-Laboratorio.



Figura 2. Implementación de IG con simulaciones PhET sobre flotación.

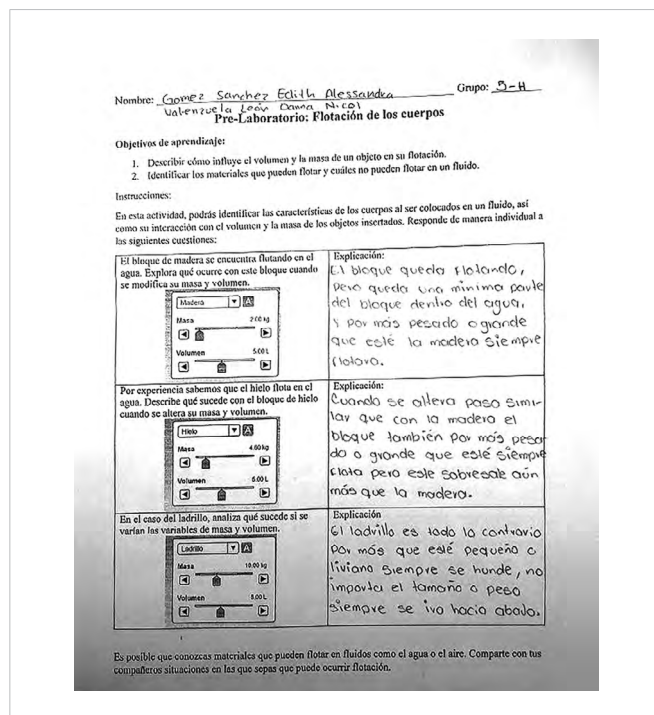


Figura 3. Ejemplo de respuesta de los estudiantes a la Hoja de Trabajo Pre-Laboratorio.

La IG ha fomentado el aprendizaje activo y participativo, incrementando el interés y motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje de la asignatura de física a través de la experimentación.

En la entrevista semiestructurada se encontró patrones y segmentos de párrafo que validan la comprensión del

concepto de flotación. El estudio se realizó mediante la frecuencia de palabras (FP) y con el estudio de los segmentos que se asocian a la categoría a analizar. Los términos *masa* (FP = 22), *volumen* (FP = 20), *densidad* (FP = 18) y *aprendimos* (FP = 17) brindan certeza de que el estudiante se apropia del lenguaje que se utiliza en la clase mediante IG. Además, esto valida que da la adquisición del conocimiento sobre flotación al familiarizarse con las variables que generan el fenómeno.

También presentan frecuencia elevada los términos *interesante* (FP = 15) y *buena* (FP = 13), lo cual revela que los estudiantes encuentran adecuado la implementación de las simulaciones PhET para las clases. Además, despierta el interés por indagar en las diferentes configuraciones que propone el simulador. En la **Figura 4** se muestra la nube de frecuencia de términos generada a partir las respuestas de los estudiantes mediante Voyant Tools.



Figura 4. Nube de frecuencia de términos de la categoría: Comprensión del concepto físico.

Los estudiantes reportaron experiencias positivas y entretenidas al utilizar las simulaciones PhET para aprender el concepto de flotación. Algunas respuestas de los participantes destacan la naturaleza intuitiva de los simuladores y cómo vinculan su conocimiento teórico sobre flotación con las variables que propone la simulación Densidad. El participante A01P01 mencionó: “Fue una experiencia interesante y divertida ya que el simulador mostraba con exactitud los movimientos de cada bloque y el incremento del agua con respecto a su volumen y masa”. Además, A49P03 argumentó que “entendí que mientras más peso tenga el objeto, este puede llegar a hundirse y entre menos peso pues más flota. Un objeto que queda inerte es aquel que queda hundido, pero que no se hunde ... su densidad es igual a su peso y eso hace que quede así”. Estas respuestas de los estudiantes

reflejan una alta comprensión del concepto de flotación a través de IG mediada por las simulaciones PhET. Lo anterior va en la misma línea con lo propuesto en [15], donde se expone que los simuladores de PhET permiten a los estudiantes interactuar con variables en tiempo real y fomenta una comprensión más profunda de los fenómenos físicos mediante un entorno de aprendizaje visual e intuitivo.

CATEGORÍA COLABORACIÓN Y TRABAJO EN EQUIPO

Fue visible el trabajo en equipo y la colaboración a lo largo de la actividad, puesto que IG promueve el trabajo en grupos pequeños y las Hojas de Trabajo, junto con las simulaciones PhET, promueven el aprendizaje activo. Las interacciones facilitaron la comprensión del concepto de flotación mediante el intercambio de ideas y la resolución conjunta de las situaciones propuestas. En la **Figura 5** se muestran a estudiantes trabajando de manera colaborativa en la actividad sobre flotación de los cuerpos.



Figura 5. Trabajo colaborativo de los estudiantes en la resolución de hojas de trabajo de la flotación de los cuerpos.

Los términos que predominaron en esta categoría son *simulador* (FP = 25), *todos* (FP = 19) y *equipo* (FP = 16). Estos están relacionados con el trabajo en equipo a través de la utilización de las simulaciones PhET. Además, demuestran que el aprendizaje colaborativo se encuentra presente en la implementación de IG.

Los términos *otros* (FP = 13), *materiales* (FP = 9) y *compañeros* (FP = 9), mismos que se muestran en la **Figura 6**,

denotan que los estudiantes se desarrollaron en un ambiente de aprendizaje cooperativo, en el cual interactuaron con sus compañeros de otros equipos, compartieron materiales y se apoyaron para relacionar los conceptos de flotación con la simulación.

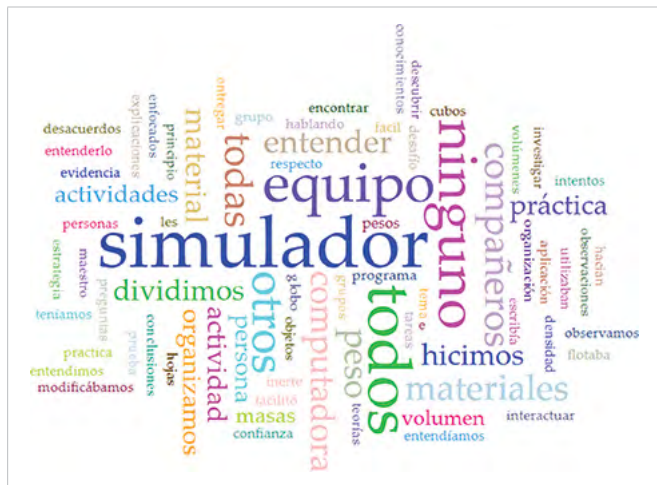


Figura 6. Nube de frecuencia de términos de la categoría *colaboración y trabajo en equipo*.

Los estudiantes presentaron respuestas positivas sobre trabajar en equipo mediante IG con simulaciones PhET. Sobre este tema, A18P02 comentó que “no comprendíamos totalmente bien, pero después de varios intentos con el equipo, lo entendimos con facilidad y fue de bastante ayuda”. También, A16P04 argumentó que “cada persona tuvo su rol asignado en cada actividad para poder trabajar sin problemas”. El participante A12P05 sostuvo que “... seguimos las instrucciones y fue la manera más fácil de llegar al resultado de lo que se nos pedía”. Las respuestas evidencian la colaboración y trabajo en equipo a través del esfuerzo conjunto y la interacción entre compañeros para facilitar la comprensión del concepto de flotación, también se refuerza la influencia que tienen las Hojas de Trabajo en la actividad, ya que estas guían al estudiante para que indague en la adquisición de conocimientos de flotación. Las simulaciones interactivas refuerzan la comprensión conceptual, también crean oportunidades para que los estudiantes colaboren para resolver problemas a través de actividades basadas en indagación [20].

CATEGORÍA APLICACIÓN DE CONCEPTOS EN LA VIDA COTIDIANA

En la observación participante surgieron dificultades para vincular las simulaciones PhET con situaciones

de la vida real donde se aplique el concepto de flotación. Aunque algunos estudiantes lograron relacionar intuitivamente los principios físicos con situaciones cotidianas, como la flotabilidad de un balón en una alberca, otros tuvieron dificultades para establecer estas conexiones de manera independiente. En la Figura 7 se muestra la etapa de las Hojas de Trabajo donde se vincula el conocimiento de flotación con situaciones con materiales de la vida cotidiana.

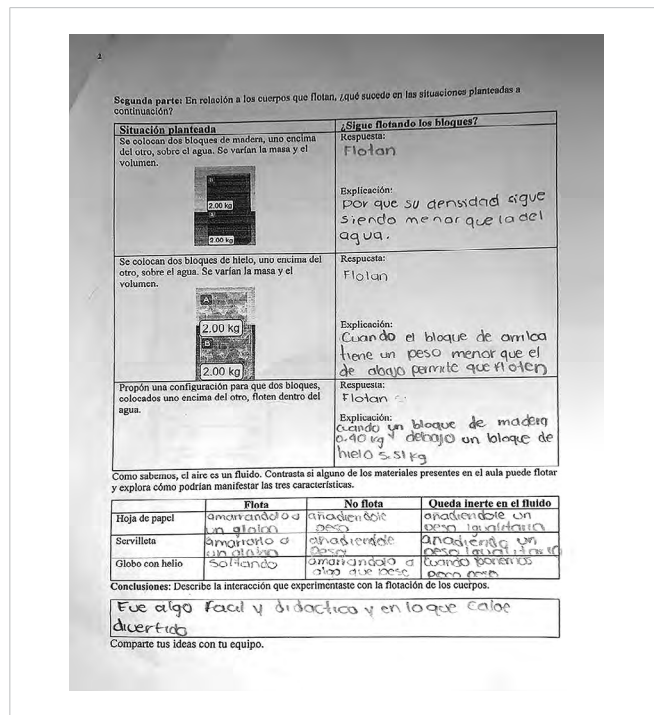


Figura 7. Actividad de las hojas de trabajo de flotación de los cuerpos donde se vincula el aprendizaje con materiales de la vida cotidiana.

Los términos predominantes en esta categoría son *objetos* (FP = 22), *ver* (FP = 13) y *simulador* (FP = 12), lo cual destaca que los estudiantes encuentran relaciones para vincular la simulación de PhET con aplicaciones de la vida real sobre el concepto de flotación. También brinda una referencia para que el concepto de flotación pueda ser de mayor visibilidad en el entorno en el que interactúa el estudiante.

También se encontraron los términos de *ejemplos* (FP = 10), *materiales* (FP = 9) y *globo* (FP = 9) (Figura 8). Estos muestran que los estudiantes intentan establecer conexiones directas entre los conceptos aprendidos y aplicaciones de la vida real. Destaca que aparece el término *globo*, puesto que es un material que se requiere para la propuesta de las Hojas de Trabajo de la IG.

de los conceptos relacionados con la flotación. Algunos experimentaron dificultades en los conceptos teóricos y en otros casos había ideas erróneas sobre cómo deben de reaccionar los materiales del simulador con las configuraciones propuestas en las Hojas de Trabajo. La utilización de las simulaciones PhET pueden presentar tanto beneficios como desafíos en la comprensión de conceptos teóricos de física. Aunque las simulaciones PhET facilitan el aprendizaje interactivo, es relevante contar con la orientación del docente para que los estudiantes puedan superar los obstáculos en la interpretación de los fenómenos estudiados [15], [16].

IV. CONCLUSIONES

Este estudio detalla la implementación de la IG utilizando simulaciones PhET para el tema de flotación en el nivel medio superior. Los resultados mostraron beneficios considerables al integrar las simulaciones PhET dentro del enfoque de IG, contribuyendo de manera significativa al proceso de aprendizaje de los estudiantes.

Basado en los resultados obtenidos de la entrevista semiestructurada y los registros de observación del docente, se identificó que la mayoría de los estudiantes lograron una comprensión significativa y profunda de los conceptos relacionados con la flotación. Los estudiantes pudieron visualizar y manipular variables clave como la masa y el volumen, permitiendo una experimentación directa en un entorno seguro y controlado. El avance conceptual es manifestado en las respuestas de los estudiantes, los cuales argumentan que el uso de los simuladores PhET facilitó la comprensión de cómo el volumen y la densidad afectan la flotación de un cuerpo (A18P03 y A08P03).

La motivación y el interés de los estudiantes por las simulaciones PhET se incrementaron notablemente, esto principalmente por la naturaleza interactiva y visual que proponen los simuladores virtuales. Las simulaciones virtuales de PhET permite a los estudiantes observar los efectos de la flotación al modificar ciertas variables. Esta característica captó la atención de los estudiantes e incentivó un mayor compromiso en las actividades planteadas en las Hojas de Trabajo.

La IG promueve la colaboración y el aprendizaje en grupo de manera efectiva. Las actividades basadas en simulaciones PhET estimularon la lluvia de ideas y el diálogo entre los estudiantes, permitiéndoles resolver

colectivamente las actividades planteadas y fortalecer habilidades de trabajo en equipo y comunicación entre ellos. La interactividad que propone PhET combinada con IG resultó en una mayor participación de los estudiantes, mejorando el rendimiento y la comprensión de los conceptos de flotación.

No obstante, la implementación de las simulaciones PhET también presentó algunos desafíos, principalmente en la familiarización con estas herramientas ya que algunos no experimentaron inconvenientes, mientras que otros necesitaron tiempo para asimilar su funcionamiento y características, pues era una herramienta completamente nueva. Además, algunos estudiantes enfrentaron dificultades conceptuales, esto, adicionado con la dificultad de utilizar la simulación, causaron que se desfasaran en el ritmo de trabajo respecto a sus compañeros.

A pesar de estos desafíos, los beneficios de la IG con simulaciones PhET son evidentes. La capacidad de proporcionar una experiencia activa, interactiva y visualmente atractiva supera significativamente a los métodos tradicionales de enseñanza. Las simulaciones PhET permiten al estudiante indagar, experimenta y explorar de manera segura, lo que facilita la comprensión más profunda y duradera de los conceptos, permitiéndoles aplicarlos en situaciones de la vida real.

Los hallazgos indican que la IG con el uso de simulaciones PhET constituyen un complemento significativo en la adquisición de conocimiento sobre flotación. Esta propuesta educativa ofrece a los estudiantes una experiencia de aprendizaje activa, interactiva y centrada en el estudiante, que facilita la comprensión de conceptos, promueve la formación integral a través del desarrollo de habilidades que permiten al estudiante aplicar el conocimiento adquirido en contextos variados y en su vida diaria.

REFERENCIAS

- [1] N. D. Finkelstein *et al.*, “When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment”, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, vol. 1, n.º 1, art. 010103, oct. 2005, doi: [10.1103/PhysRevSTPER.1.010103](https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103).
- [2] H. Putranta, H. Kuswanto, M. Hajaroh, S. I. Astuti y Rukiyati, “Strategies of Physics Learning Based on Traditional Games in Senior High Schools during the

- Covid-19 Pandemic”, *Rev. Mex. Fis. E*, vol. 19, n.º 1 en.-jun., nov. 2021, doi: [10.31349/RevMexFisE.19.010207](https://doi.org/10.31349/RevMexFisE.19.010207).
- [3] R. L. Mazzola, P. Gondoni, M. Bozzi, J. E. Raffaghelli y M. Zani, “Exploring Effective Physics Teaching Strategies in High Schools during the COVID-19 Pandemic”, *Educ. Sci.*, vol. 13, n.º 8, art. 799, ag. 2023, doi: [10.3390/educsci13080799](https://doi.org/10.3390/educsci13080799).
- [4] K. Khan, M. I. Majoka, K. Khurshid y M. H. Shah, “Impact of Active Learning Method on Students Academic Achievement in Physics at Secondary School Level in Pakistan”, *Journal of Education & Social Sciences*, vol. 5, n.º 2, pp. 127-144, oct. 2017, doi: [10.20547/jess0521705204](https://doi.org/10.20547/jess0521705204).
- [5] C. E. Mora Ley, R. Sánchez Sánchez y I. B. Culaba, *Aprendizaje activo de la física. Clases demostrativas interactivas*. Ediciones Comunicación Científica, 2021, doi: [10.52501/cc.007](https://doi.org/10.52501/cc.007).
- [6] N. Ullah y A. S. Almani, “Factors Affecting Students’ Academic Performance: A Case Study Of Secondary Schools Of Makran Division Balochistan, Pakistan”, *Webology*, vol. 19, n.º 2, pp. 2749-2764, 2022.
- [7] H. D. Assem, L. Nartey, E. Appiah y J. K. Aidoo, “A Review of Students’ Academic Performance in Physics: Attitude, Instructional Methods, Misconceptions and Teachers Qualification”, *EJEDU*, vol. 4, n.º 1, pp. 84-92, en. 2023, doi: [10.24018/ejedu.2023.4.1.551](https://doi.org/10.24018/ejedu.2023.4.1.551).
- [8] M. Ramírez, G. Ávila y F. Escobar, “Discussion forum for the learning of Modern Physics in high school Mexico”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2490, n.º 1, art. 012005, abr. 2023, doi: [10.1088/1742-6596/2490/1/012005](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2490/1/012005).
- [9] D. Halliday, R. Resnick y J. Walker, *Principles of Physics*, 10.ª ed. John Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd., 2014.
- [10] U. Dorji, “Misconception on floating and sinking”, *IJELS*, vol. 6, n.º 5, pp. 243-249, 2021, doi: [10.22161/ijels.65.37](https://doi.org/10.22161/ijels.65.37).
- [11] C. Hattan y P. A. Alexander, “The effects of knowledge activation training on rural middle-school students’ expository text comprehension: A mixed-methods study”, *J Educ Psychol*, vol. 113, n.º 5, pp. 879-897, jul. 2021, doi: [10.1037/edu0000623](https://doi.org/10.1037/edu0000623).
- [12] S. Ünal, “Changing Students’ Misconceptions of Floating and Sinking Using Hands-On Activities”, *J. Balt. Sci. Educ.*, vol. 7, n.º 3, pp. 134-146, 2008.
- [13] R. Marshall, “Capsizing icebergs: an exercise in the application of the principle of the conservation of energy with a very surprising result”, *Phys. Educ.*, vol. 50, n.º 3, pp. 299-304, may. 2015, doi: [10.1088/0031-9120/50/3/299](https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/3/299).
- [14] A. M. Roberts, “Dynamics of free-floating gas-filled rubber balloons”, *Phys. Educ.*, vol. 30, n.º 2, pp. 109-113, Mar. 1995, doi: [10.1088/0031-9120/30/2/011](https://doi.org/10.1088/0031-9120/30/2/011).
- [15] C. E. Wieman, W. K. Adams y K. K. Perkins, “PhET: Simulations That Enhance Learning”, *Science*, vol. 322, n.º 5902, pp. 682-683, oct. 2008, doi: [10.1126/science.1161948](https://doi.org/10.1126/science.1161948).
- [16] K. Perkins *et al.*, “PhET: Interactive Simulations for Teaching and Learning Physics”, *Phys. Teach.*, vol. 44, n.º 1, pp. 18-23, en. 2006, doi: [10.1119/1.2150754](https://doi.org/10.1119/1.2150754).
- [17] K. Y. Castrejón Parga, J. M. Sáenz Villela, E. S. Lara Pérez y D. B. López Tavares, “Implementación de Hojas de Actividades y Clases Interactivas Demostrativas con Simulaciones PhET en Física Conceptual”, *Cult. Científ. y Tecnol.*, vol. 20, n.º 3, 2023, doi: [10.20983/culcyt.2023.3.2e.3](https://doi.org/10.20983/culcyt.2023.3.2e.3).
- [18] D. B. López y J. Orozco, “Clases Interactivas Demostrativas con el uso de simulaciones PhET para Mecánica en Preparatoria”, *LAJPE*, vol. 11, n.º 2, 2017.
- [19] C. Mora, M. Moreira y J. Meneses-Villagrà, “Aprendizaje Activo de la Física y análisis de Rasch para circuitos eléctricos mediante physlets”, *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 33, n.º 2, pp. 365-378, 2021, doi: [10.55767/2451.6007.v33.n2.35284](https://doi.org/10.55767/2451.6007.v33.n2.35284).
- [20] H. J. Banda y J. Nzabahimana, “The Impact of Physics Education Technology (PhET) Interactive Simulation-Based Learning on Motivation and Academic Achievement Among Malawian Physics Students”, *J Sci Educ Technol*, vol. 32, pp. 127-141, feb. 2023, doi: [10.1007/s10956-022-10010-3](https://doi.org/10.1007/s10956-022-10010-3).
- [21] B. Rayan, W. Daher, H. Diab y N. Issa, “Integrating PhET Simulations into Elementary Science Education: A Qualitative Analysis”, *Educ. Sci.*, vol. 13, n.º 9, art. 884, ag. 2023, doi: [10.3390/educsci13090884](https://doi.org/10.3390/educsci13090884).

- [22] J. R. Mera-Menéndez y W. O. López-González, “Simuladores PHET: una herramienta didáctica para el mejoramiento del rendimiento académico de estudiantes en Energía Mecánica”, *MQRInvestigar*, vol. 7, n.º 4, pp. 112-130, sept. 2023, doi: [10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130](https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.112-130).
- [23] S. Uwambajimana, E. Minani, A. D. Mollel y P. Nyirahabimana, “The impact of using PhET simulation on conceptual understanding of electrostatics within selected secondary schools of Muhanga District, Rwanda”, *Journal of Mathematics and Science Teacher*, vol. 3, n.º 2, art. em045, ag. 2023, doi: [10.29333/mathsciteacher/13595](https://doi.org/10.29333/mathsciteacher/13595).
- [24] M. R. Otero y M. F. Arlego, “Teaching and Learning Optics in High School: From Fermat to Feynman”, *Educ. Sci.*, vol. 13, n.º 5, art. 503, may. 2023, doi: [10.3390/educsci13050503](https://doi.org/10.3390/educsci13050503).
- [25] P. O. Cabanillas-García, J. A. Alvarado-Lemus, L. N. Inzunza-Camacho, J. M. Mendoza-Román y J. A. Félix-Madrugal, “El uso de simuladores virtuales para las prácticas de laboratorio de física en tiempo de Covid-19”, *Lat. Americ. J. of Develop.*, vol. 4, n.º 4, pp. 1359-1369, 2022, doi: [10.46814/lajdv4n4-002](https://doi.org/10.46814/lajdv4n4-002).
- [26] F. T. Ayasrah, K. Alarabi, M. k. Al mansouri, H. A. Abdel y K. Al-Said, “Enhancing secondary school students’ attitudes toward physics by using computer simulations”, *Int. J. Data Netw. Sci.*, vol. 8, n.º 1, pp. 369-380, 2024, doi: [10.5267/j.ijdns.2023.9.017](https://doi.org/10.5267/j.ijdns.2023.9.017).
- [27] C. Chotimah y Festiyed, “A meta-analysis of the effects of using PhET interactive simulations on student’s worksheets toward senior high school students learning result of physics”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1481, n.º 1, art. 012093, mar. 2020, doi: [10.1088/1742-6596/1481/1/012093](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1481/1/012093).
- [28] C. E. Wieman, W. K. Adams, P. Loeblein y K. K. Perkins, “Teaching Physics Using PhET Simulations”, *Phys. Teach.*, vol. 48, n.º 4, pp. 225-227, abr. 2010, doi: [10.1119/1.3361987](https://doi.org/10.1119/1.3361987).
- [29] L. Kaldaras *et al.*, “Employing technology-enhanced feedback and scaffolding to support the development of deep science understanding using computer simulations”, *Int J STEM Educ*, vol. 11, n.º 30, jul. 2024, doi: [10.1186/s40594-024-00490-7](https://doi.org/10.1186/s40594-024-00490-7).
- [30] D. B. López, “Estrategias didácticas para el uso eficaz de simulaciones interactivas en el aula”, *Lat. Am. J. Sci. Educ.*, vol. 7, art. 12019, 2020.
- [31] C. I. Palma. “Indagación con la clase entera: Ley de Beer & Lambert”. PhET Interactive Simulations. Accedido: jul. 20, 2024. [En línea]. Disponible en: <https://phet.colorado.edu/vi/activities/6890>
- [32] E. Yulianti, N. N. Zhafirah y N. Hidayat, “Exploring Guided Inquiry Learning with PhET Simulation to Train Junior High School Students Think Critically”, *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, vol. 9, n.º 1, mar. 2021, doi: [10.20527/bipf.v9i1.9617](https://doi.org/10.20527/bipf.v9i1.9617).
- [33] A. S. Budi *et al.*, “PhET-assisted electronic student worksheets of physics (eSwOp) on heat for inquiry learning during covid”, *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 2104, n.º 1, art. 012030, nov. 2021, doi: [10.1088/1742-6596/2104/1/012030](https://doi.org/10.1088/1742-6596/2104/1/012030).
- [34] N. Rutten, J. T. van der Veen y W. R. van Joolingen, “Inquiry-Based Whole-Class Teaching with Computer Simulations in Physics”, *Int. J. Sci. Educ.*, vol. 37, n.º 8, pp. 1225-1245, may. 2015, doi: [10.1080/09500693.2015.1029033](https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1029033).
- [35] I. Ardisa, N. N. S. P. Verawati, G. Gunawan y S. Ayub, “Effect of PhET Simulation-Assisted Guided Inquiry Learning Model on Students’ Critical Thinking Ability in Elasticity Material”, *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, vol. 8, n.º 2, pp. 262-269, dic. 2022, doi: [10.29303/jpft.v8i2.4391](https://doi.org/10.29303/jpft.v8i2.4391).
- [36] O. D. Pranata, “Enhancing Conceptual Understanding and Concept Acquisition of Gravitational Force through Guided Inquiry Utilizing PhET Simulation”, *Sainstek : Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 15, n.º 1, jun. 2023, doi: [10.31958/js.v15i1.9191](https://doi.org/10.31958/js.v15i1.9191).
- [37] N. K. Denzin *et al.*, *The SAGE Handbook of Qualitative Research*, 6.ª ed. SAGE Publications, 2023.
- [38] J. P. Goetz y M. D. LeCompte, *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Ediciones Morata, S. A, 1988.
- [39] M. Q. Patton, *Qualitative Research & Evaluation Methods: Integrating Theory and Practice*, 4.ª ed. SAGE Publications, 2015.

- [40] K. Gregory, L. Geiger y P. Salisbury, “Voyant Tools and Descriptive Metadata: A Case Study in How Automation Can Compliment Expertise Knowledge”, *J Libr Metadata*, vol. 22, n.º 1-2, pp. 1-16, abr. 2022, doi: [10.1080/19386389.2022.2030635](https://doi.org/10.1080/19386389.2022.2030635).
- [41] M. Dabrowska, “Análisis semántico y cuantitativo de *La casa de Bernarda Alba* en el aula con Voyant Tools. Una aproximación didáctica al análisis literario”, *RIPIE*, vol. 2, n.º 2, dic. 2022.
- [42] G. Hetenyi, A. Lengyel y M. Szilasi, “Quantitative analysis of qualitative data: Using Voyant Tools to investigate the sales-marketing interface”, *J. Indust. Engin. Manag.*, vol. 12, n.º 3, nov. 2019, doi: [10.3926/jiem.2929](https://doi.org/10.3926/jiem.2929).
- [43] A. Miller, “Text Mining Digital Humanities Projects: Assessing Content Analysis Capabilities of Voyant Tools”, *J. Web Librariansh.*, vol. 12, n.º 3, pp. 169-197, jul. 2018, doi: [10.1080/19322909.2018.1479673](https://doi.org/10.1080/19322909.2018.1479673).
- [44] H. Hendrigan, “Mixing digital humanities and applied science librarianship: Using Voyant Tools to reveal word patterns in faculty research”, *ISTL*, n.º 91, jun. 2019.
- [45] N. Rutten, W. R. van Joolingen y J. T. van der Veen, “The learning effects of computer simulations in science education”, *Comput Educ.*, vol. 58, n.º 1, pp. 136-153, en. 2012, doi: [10.1016/j.compedu.2011.07.017](https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017).
- [46] D. J. Nicol y D. Macfarlane-Dick, “Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice”, *Stud. High. Educ.*, vol. 31, n.º 2, pp. 199-218, abr. 2006, doi: [10.1080/03075070600572090](https://doi.org/10.1080/03075070600572090).