

Laboratorios de física introductoria: habilidades científicas, indagación auténtica y sumas vectoriales

Nicolás Esteban Fernández Astudillo *

Resumen

Se presenta una experiencia de aula en el contexto de laboratorio de física, para enseñar suma vectorial en física, abordando su tradicional falta de atractivo. Los estudiantes determinan los lanzamientos más exactos dejando caer una esfera de pool diez veces sobre un plano cartesiano con papel calco. El ganador se identifica calculando la magnitud de la suma vectorial más cercana al origen. La actividad sigue una metodología de indagación auténtica alineada con ISLE. Los estudiantes desarrollan bitácoras evaluadas con una rúbrica validada que mide habilidades científicas. Los resultados muestran una mejora en la comprensión de sumas vectoriales. El mayor desempeño se observó en la habilidad de formular hipótesis y predicciones; el menor, en identificar fuentes de incertidumbre experimental. El experimento demuestra cómo enseñar conceptos abstractos y poco atractivos como suma vectorial de forma lúdica, pero manteniendo la rigurosidad de cómo se genera el conocimiento en física, generando oportunidades de desarrollo de habilidades científicas.

Palabras clave: Laboratorio, suma vectorial, habilidades científicas, indagación auténtica.

Abstract

A classroom experience is presented within the context of a physics laboratory, aimed at teaching vector addition while addressing its traditional lack of appeal. Students determine the most accurate launches by dropping a pool ball ten times onto a Cartesian plane with carbon paper. The winner is identified by calculating the magnitude of the vector sum closest to the origin. The activity follows a methodology of authentic inquiry aligned with ISLE. Students develop logs evaluated with a validated rubric that measures scientific skills. The results show an improvement in the understanding of vector additions. The highest performance was observed in the ability to formulate hypotheses and predictions; the lowest, in identifying sources of experimental uncertainty. The experiment demonstrates how to teach abstract and traditionally unappealing concepts like vector addition in a playful manner while maintaining the rigor of how knowledge is generated in physics, creating opportunities for the development of scientific abilities.

Keywords: Laboratory, vector addition, scientific abilities, authentic inquiry.

1. Introducción

La enseñanza de vectores en cursos introductorios de física es fundamental para la comprensión profunda de la cinemática, siendo la carta de presentación por lo general de los cursos de física introductoria, sin embargo, la enseñanza del tópico resulta poco atractiva para estudiantes y docentes (Amann y Holt, 1989). Durante décadas, los educadores han buscado alternativas a los métodos tradicionales de pizarra y ejercicios abstractos (Wutchana y Emarat, 2011). Se han desarrollado diversas aproximaciones metodológicas, como laboratorios de "búsqueda del tesoro" (Amann y Holt, 1989), experimentos con cuerdas basados en la primera ley de Newton (Bracikowski et al., 1998) y hasta el uso de impresión 3D (Vera et al., 2021) para la enseñanza de vectores con mesas de fuerza, sin embargo, muchas de estas propuestas mezclan el aprendizaje de los vectores con otras áreas del conocimiento en física que ya requieren un par de ideas fundamentales de la física. Todas estas iniciativas reconocen que el dominio vectorial es esencial para comprender conceptos del eje fuerza y movimiento (Wutchana y Emarat, 2011). En este contexto, hemos diseñado una experiencia de laboratorio basada en indagación epistemológicamente auténtica (Etkina, 2019), que aborda la suma vectorial, aislando el concepto, mediante una actividad atractiva que simultáneamente desarrolla habilidades científicas. La propuesta incorpora una guía inspirada en ISLE y una rúbrica validada (CVR y CVI) para evaluar el desarrollo de habilidades científicas.

2. Metodología

La experiencia consiste en que los y las estudiantes deben resolver la siguiente pregunta: ¿Cómo determinar quiénes realizaron los lanzamientos más exactos? en el contexto de la siguiente actividad:

Los y las estudiantes deberán realizar un plano cartesiano en una hoja grande de cuadernillo cuadriculado, con el centro de coordenadas en el centro de la hoja. Luego, cubrirán con papel calco todo el plano cartesiano, de tal manera que quede invisible al ojo. Posteriormente, el estudiante se alejará aproximadamente un metro, permanecerá de pie y estirará su brazo para dejar caer una esfera de pool diez veces sobre el papel calco (Figura 1). Esto provocará que se marquen diez puntos sobre el papel cuadriculado (Figura 2). El desafío es determinar al estudiante ganador, que será aquel cuya suma vectorial de los diez puntos tenga una magnitud lo más cercana al origen de coordenadas (Figura 3). Para guiar el trabajo, a modo de orientación y alineada con los laboratorios tipo ISLE, se incluyen explícitamente como requerimiento de las

Figura 1
Estudiante realizando la experiencia



bitácoras los elementos que debería tener una bitácora de laboratorio tipo ISLE (Etkina, 2019).

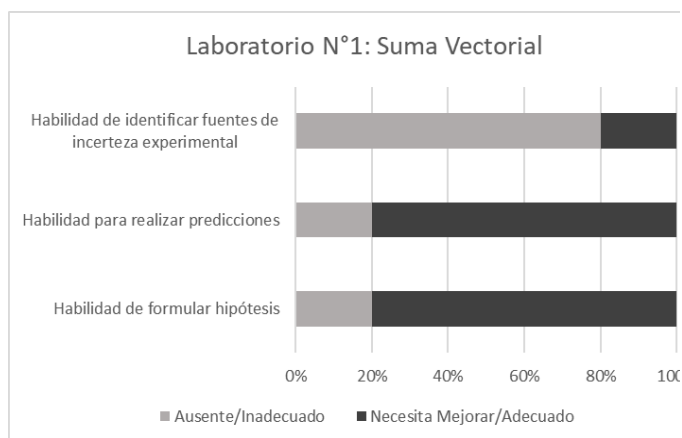
Posteriormente, se procede a analizar las bitácoras de los estudiantes para evaluar el desarrollo de habilidades científicas, creamos y validamos una rúbrica (cálculo de indicador CVR y CVI) para medir estas habilidades. La rúbrica contiene 11 descriptores alineados con las habilidades científicas desarrolladas durante procedimientos acordes a procesos hipotéticos deductivos como ISLE.

3. Resultados

Como resultado del proceso experimental, los estudiantes construyeron sus bitácoras respondiendo las preguntas que guían el proceso hipotético-deductivo y comunicando sus resultados. Se evidencia que la actividad generó una oportunidad para mejorar su comprensión acerca de sumas vectoriales en 2 dimensiones, realizando los procedimientos correspondientes para obtener la respuesta a la problemática. Con respecto a las habilidades científicas, los y las estudiantes generaron evidencias a través de sus bitácoras de su presencia y desarrollo en diferentes niveles. A modo de ejemplo (figura 2) se muestra que el mayor desempeño se encontró en la habilidad de formular hipótesis y la de realizar predicciones científicas. La con menor desempeño fue la habilidad para identificar fuentes de incerteza experimental.

Figura 2

Evaluación de habilidades en bitácoras. Barra oscura: "% de estudiantes con desempeño Adecuado/Necesita mejorar". Barra gris: "% con desempeño Inadecuado/Ausente".



A modo de ejemplificar en este resumen, presentamos ejemplos de hipótesis de trabajo de los y las estudiantes, un comentario y la clasificación en la rúbrica:

Tabla 1

Ejemplos de hipótesis planteadas por los y las estudiantes.

Reporte de laboratorio (Sección Hipótesis)	Comentario	Clasificación en la rúbrica
Estudiante 1: El participante que resulte ganador será aquel que logre que sus lanzamientos cumplan con una distribución eficiente cayendo lo más cerca posible del centro.	Hipótesis: Si bien, sabemos que se refutará, se da como cierta y sienta las bases de la actividad. Se establece relación entre ganador y distribución cerca del centro.	Adecuada
Estudiante 2: El participante que resulte ganador será aquel que logre que sus lanzamientos se dispersan de manera equilibrada en todo el plano cartesiano	Hipótesis: Sabemos que se encontrará evidencia a favor, establece relación entre ganador y dispersión equilibrada por todo el plano. Permite guiar el trabajo.	Adecuada
Estudiante 3: El participante que resulte ganador será aquel que logre los puntos ubicados sobre en el eje x se compensan con los que se encuentran debajo de él.	Hipótesis: Sabemos que se refutará, pero establece relación entre ganador y distribución de puntos sobre y bajo el eje Y.	Adecuada

Estas tres hipótesis generaron procedimientos metodológicos diferentes, pudiendo poner a prueba sus predicciones y obtener evidencia (Figura 3) para aportar a favor o en contra de las hipótesis planteadas, emitiendo un juicio en base a la evidencia recolectada (Figura 4) y permitiendo plantear nuevas hipótesis y subsecuentes procedimientos.

Figura 3

Resultado de los estudiantes al abrir la hoja de calco al terminar la experiencia.

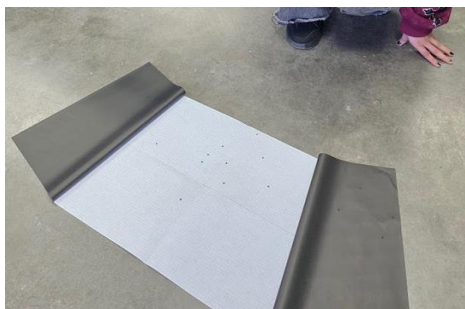
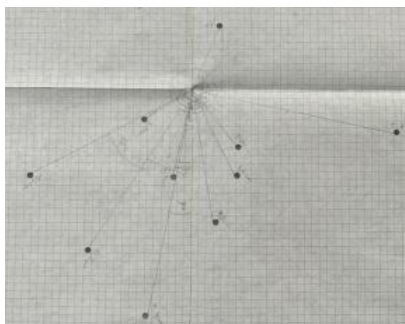


Figura 4

Procedimiento de los estudiantes para determinar la suma vectorial



4. Conclusiones

Una de nuestras metas en la enseñanza de la física es proveer experiencias de laboratorio con equipamiento simple, accesible y económico que comprometa activamente a los estudiantes. Esperamos que mediante estas experiencias los estudiantes no solo aprendan física más y mejor, sino que también desarrollen habilidades científicas y aprendan a enseñarlas a sus futuros estudiantes. La evidencia recogida de las bitácoras demuestra que, con actividades simples bajo metodologías epistemológicamente auténticas, pueden ponerse en práctica ideas fundamentales de física y generar oportunidades para desarrollar habilidades científicas. Este experimento muestra cómo abordar conceptos poco atractivos de forma lúdica pero rigurosa, manteniendo la esencia y el espíritu de cómo se genera y construye conocimiento en física. La actividad puede modificarse para diferentes niveles educativos, por ejemplo, eliminando la trigonometría en el cálculo vectorial y reemplazándola con medición directa mediante reglas y transportadores.

5. Referencias

- Amann, G., & Holt, F. (1989). A vector treasure hunt. *The Physics Teacher*, 27(6), 464–465.
- Bracikowski, C., Garcia, P. J., & Harper, D. J. (1998). Getting the feel for vector addition of forces. *The Physics Teacher*, 36(2), 114.
- Etkina, E., Brookes, D. T., & Planinsic, G. (2019). *Investigative science learning environment: When learning physics mirrors doing physics*. Morgan & Claypool Publishers.
- Vera, F., Ortiz, M., Villanueva, J., & Horta-Rangel, F. A. (2021). 3D-printed labs: A force table and simple pulleys available to purchase. *The Physics Teacher*, 59(7), 586–588.
- Wutchana, U., & Emarat, N. (2011). Students' understanding of graphical vector addition in one and two dimensions. *Eurasian Journal of Physics and Chemistry Education*, 3(2), 102-111.