

Desarrollo de habilidades de resolución de problemas en un proyecto STEM sobre educación vial

Ana Paula Lucero^{*1}, Myriam Villegas¹, Carla Hernández²

Resumen

Este trabajo se enmarca en un proyecto interdisciplinario de educación vial con enfoque STEM, implementado en una escuela secundaria de San Luis, Argentina. El objetivo es analizar las habilidades de resolución de problemas evidenciadas por los estudiantes en dos actividades sobre movimiento y seguridad vial. La investigación forma parte de un proceso más amplio de Investigación Basada en Diseño (IBD), que busca mejorar iterativamente una secuencia de enseñanza a partir del análisis retrospectivo de sus implementaciones. Se empleó una metodología cuantitativa con base en la rúbrica de Docktor y Heller (2009). Los resultados muestran un desempeño intermedio, con fortalezas en los procedimientos matemáticos y dificultades en la construcción de modelos físicos.

Palabras clave: Educación STEM, investigación basada en diseño, resolución de problemas.

*1*Universidad Nacional de San Luis

*2*Universidad de Santiago de Chile

anapaulalucero.1201@gmail.com, myriamvilleg@gmail.com, carla.hernandez.s@usach.cl

Abstract

This study is framed within an interdisciplinary STEM-oriented road safety education project implemented in a secondary school in San Luis, Argentina. Its objective is to analyze the problem-solving skills demonstrated by students in two activities addressing motion and road safety. The research is part of a broader Design-Based Research (DBR) process aimed at iteratively improving a teaching sequence through the retrospective analysis of its implementations. A quantitative methodology was applied, based on the rubric proposed by Docktor and Heller (2009). The results indicate an intermediate level of performance, with strengths in mathematical procedures and difficulties in the construction of physical models

Keywords: STEM education, design-based research, problem solving.

*1*Universidad Nacional de San Luis

*2*Universidad de Santiago de Chile

anapaulalucero.1201@gmail.com, myriamvilleg@gmail.com, carla.hernandez.s@usach.cl

1. Introducción

En la enseñanza de la Física, promover aprendizajes significativos continúa siendo un desafío persistente. Las estrategias tradicionales de transmisión de contenidos suelen limitar el desarrollo de habilidades científicas, tales como el razonamiento o la resolución de problemas. Frente a este panorama, resulta necesario diseñar propuestas didácticas innovadoras que integren la comprensión conceptual con la aplicación de los saberes en contextos auténticos y socialmente relevantes y, al mismo, tiempo promuevan el desarrollo de habilidades.

El enfoque STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática) surge como una respuesta pedagógica que articula los contenidos disciplinares con el desarrollo de habilidades del siglo XXI, entre ellas la colaboración, la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas complejos (Botero Espinosa, 2018). En particular, la enseñanza de la Física desde un enfoque STEM permite superar la fragmentación curricular y conectar los conceptos con problemáticas reales de la vida cotidiana, generando aprendizajes más duraderos y transferibles.

Dentro de este marco, la resolución de problemas constituye una habilidad central tanto en la educación científica como en la formación ciudadana. Diversos autores coinciden en que resolver un problema implica un proceso cognitivo complejo que abarca la comprensión de la situación, la planificación de estrategias, la aplicación de principios teóricos y la evaluación de los resultados (Maloney, 2011). Desde esta perspectiva, la enseñanza de la Física no debería limitarse a la aplicación algorítmica de fórmulas, sino propiciar instancias donde los estudiantes elaboren representaciones, justifiquen decisiones y reflexionen sobre sus procedimientos.

Las investigaciones recientes sobre esta temática muestran que los estudiantes de nivel medio presentan dificultades para estructurar de manera sistemática su razonamiento al abordar situaciones problemáticas, tendiendo a centrarse en los cálculos sin establecer vínculos conceptuales profundos (Musengimana et al., 2025). En respuesta a ello, se han desarrollado instrumentos específicos para evaluar los procesos de resolución de problemas, como la rúbrica de Doktor y Heller (2009), que permite valorar la calidad de las descripciones, el enfoque físico, la aplicación de principios, los procedimientos matemáticos y la progresión lógica del razonamiento.

En este contexto, el presente trabajo se enmarca en el proyecto interdisciplinario “La movilidad del futuro”, una propuesta de educación vial con enfoque STEM implementada en una escuela secundaria de la ciudad de San Luis, Argentina. El proyecto integra Física y Estadística para abordar problemas reales de seguridad vial a partir del estudio del movimiento y el análisis de datos. La secuencia se organiza en cinco tramos, cada uno con actividades y subproductos que contribuyen al desafío final de diseñar un “auto del futuro” seguro y eficiente. En particular, este estudio analiza la habilidad de resolución de problemas, puesta de manifiesto por los estudiantes en dos de las actividades de la secuencia, mediante la rúbrica de Docktor y Heller (2009). De este modo, se busca aportar evidencias

sobre el desarrollo de esta habilidad científica a nivel escolar, en un entorno didáctico auténtico y contextualizado.

2. Metodología

2.1. Investigación basada en el diseño como enfoque metodológico

La Investigación Basada en el Diseño (*Design-Based Research*, DBR) constituye una metodología emergente en el campo de la investigación educativa, orientada al desarrollo y mejora de intervenciones didácticas en contextos reales. Permite combinar la producción de conocimiento con la innovación pedagógica a través de ciclos iterativos de diseño, implementación, análisis y rediseño (Rinaudo y Donolo, 2010). En este trabajo, la DBR permitió implementar y ajustar una propuesta interdisciplinaria de educación vial con enfoque STEM, orientada a la comprensión de fenómenos de la mecánica newtoniana en situaciones de tránsito.

En particular, el estudio reportado en este artículo corresponde a uno de los ciclos de la investigación más amplia y adopta un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo. Se trabajó con un único grupo de quinto año de nivel secundario (once grupos de tres integrantes).

2.2. Instrumento y análisis de datos

El análisis se centró en las producciones escritas de los estudiantes en dos problemas de la secuencia de enseñanza. La resolución de los mismos se realizó de manera grupal y fue evaluada mediante la rúbrica de resolución de problemas de Docktor y Heller (2009), adaptada al contexto del proyecto.

La rúbrica contempla cinco dimensiones del proceso de resolución de problemas: **descripción útil** (grado de comprensión y representación de la situación), **enfoque de Física** (identificación de principios pertinentes), **aplicación específica** (uso correcto de los conceptos en el contexto), **procedimientos matemáticos** (adecuación de cálculos y operaciones) y **progresión lógica** (coherencia del razonamiento). Cada categoría se evalúa en una **escala de cinco niveles (1 a 5)**, donde **1** representa una que no hay descripción o aplicación y es necesaria, y **5** una descripción/aplicación útil, apropiada y completa.

3. Resultados

3.1. Problema 1. Distancia mínima

La primera actividad pedía determinar la distancia mínima de seguridad entre dos vehículos que circulan a la misma velocidad, considerando un posible frenado repentino del automóvil delantero. La consigna exigía integrar información sobre velocidad, aceleración de frenado y tiempo de reacción del conductor para elaborar un modelo físico coherente y justificar la recomendación de una distancia segura.

El análisis de las producciones muestra un desempeño intermedio en la mayoría de las categorías evaluadas (figura 1). Los puntajes más altos se concentraron en enfoque de física, aplicación específica de la física, procedimientos matemáticos y progresión lógica, donde los grupos demostraron conocer las ecuaciones del movimiento uniformemente acelerado y aplicarlas con coherencia interna.

Sin embargo, la categoría descripción útil evidenció los niveles más bajos de desempeño. En este aspecto, la mayoría de los grupos no logró explicitar claramente qué magnitud estaban calculando ni representar el sistema físico de forma completa. La tendencia general consistió en calcular solo la distancia de frenado del vehículo delantero, omitiendo el tiempo de reacción del conductor trasero, lo que derivó en un modelo incompleto. Esto evidencia dominio de las ecuaciones cinemáticas, pero dificultades para integrar todos los factores del fenómeno.

El desempeño obtenido refleja que los estudiantes fueron capaces de utilizar adecuadamente procedimientos matemáticos y de elegir ecuaciones pertinentes, pero tuvieron dificultades para interpretar la situación de manera sistémica y construir un modelo físico adecuado al problema planteado. Este patrón coincide con lo señalado por Musengimana et al. (2025) respecto de la tendencia de los estudiantes a centrarse en los cálculos más que en la comprensión conceptual del fenómeno.

Figura 1

Resultados de la evaluación de las producciones estudiantiles por grupo para el Problema 1 – Distancia mínima.

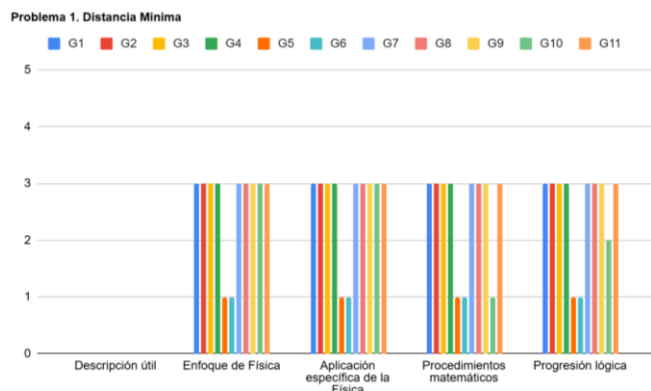
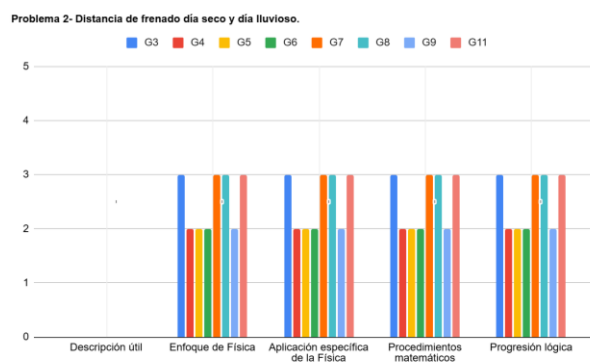


Figura 2

Resultados de la evaluación de las producciones estudiantiles por grupo para el Problema 2 – Distancias de frenado para día seco y día lluvioso.



3.2. Problema 2. Distancia de frenado en día seco y lluvioso

En la segunda actividad, los estudiantes debían analizar cómo varía la distancia de frenado de un vehículo según la velocidad y las condiciones de la calzada (seca o mojada), y luego representar los resultados en un póster informativo destinado a una campaña de educación vial.

El análisis de las producciones de los grupos (figura 2) muestra un desempeño intermedio en la mayoría de las categorías de la rúbrica. Los resultados evidenciaron un razonamiento parcialmente correcto, pero con dificultades conceptuales en la formulación del modelo. Aunque los grupos aplicaron correctamente relaciones cinemáticas, confundieron la velocidad con una fuerza en la segunda ley de Newton, derivando aceleraciones incorrectas. Los cálculos fueron internamente coherentes, pero físicamente inconsistentes, revelando dificultades en la conexión entre el modelo matemático y el fenómeno físico.

La categoría descripción útil volvió a mostrar el desempeño más bajo. Esto indica que, si bien los estudiantes pudieron resolver la situación de forma operativa, persistieron dificultades para vincular los cálculos con una comprensión conceptual del fenómeno y con las condiciones reales que afectan la distancia de detención.

4. Discusión y Conclusiones

En conjunto, los resultados ponen de manifiesto avances en la aplicación de procedimientos matemáticos y en la coherencia interna de las resoluciones, y debilidades en la construcción de modelos físicos y en la interpretación de los resultados en términos contextuales. Estas observaciones coinciden con la tendencia señalada en la literatura (Maloney, 2011; Musengimana et al., 2025), donde los estudiantes suelen centrarse en el cálculo sin un análisis profundo de las relaciones entre las magnitudes físicas involucradas.

Desde la perspectiva de la Investigación Basada en Diseño, estos hallazgos se constituyen en insumos valiosos para la mejora de la propuesta didáctica. A partir del análisis retrospectivo realizado, se decidió modificar la formulación del Problema 1 en la siguiente iteración del proyecto, dado que su nivel de complejidad resultó excesivo para el grupo de estudiantes. En el caso del Problema 2, se optó por simplificar la consigna y agregar explícitamente un cuadro guía para que los estudiantes completaran siguiendo el método IDEA de resolución de problemas (Identificación de datos e incógnitas, Dibujo y/o representación física correspondiente, Ecuaciones, Análisis retrospectivo), de modo que los pasos del proceso queden más visibles y estructurados.

Asimismo, en el último tramo de la secuencia, dedicado al estudio del tiempo de reacción, se decidió retomar el Problema 2, incorporando ahora la distancia recorrida por el vehículo durante el tiempo de reacción del conductor. De esta manera, los estudiantes pudieron integrar esta nueva información al póster informativo (subproducto del segundo tramo de la secuencia) y al informe final sobre el diseño del “auto del futuro”, logrando una articulación más coherente entre los distintos momentos del proyecto y favoreciendo la transferencia de los aprendizajes.

En síntesis, este trabajo permitió caracterizar el nivel de desarrollo de las habilidades de resolución de problemas en los estudiantes y fundamentar decisiones de rediseño que fortalecen el valor formativo de la propuesta. Se concluye que el enfoque STEM, en el marco de una Investigación Basada en Diseño, resulta pertinente para favorecer el desarrollo progresivo de habilidades de resolución de problemas en contextos reales de enseñanza de la Física.

Referencias

- Botero Espinosa, J. (2018). *Educación STEM: Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. STEM Education Colombia.
- Docktor, J., & Heller, K. (2009). Robust assessment instrument for student problem solving. En *Proceedings of the NARST 2009 Annual Meeting*. University of Minnesota.
https://groups.physics.umn.edu/physed/Talks/Docktor_NARST09_paper.pdf
- Maloney, D. (2011). An overview of physics education research on problem solving. En C. Henderson & K. Harper (Eds.), *Getting started in PER* (1-2). College Park, MD: American Association of Physics Teachers.
<https://www.compadre.org/Repository/document/ServeFile.cfm?ID=11457&DocID=2427>
- Musengimana, T., Yadav, L. L., Uwamahoro, J., & Nizeyimana, G. (2025). Assessing physics students' problem-solving skills: a baseline investigation. *Discover Education*, 4, 196.
<https://doi.org/10.1007/s44217-025-00640-1>
- Rinaudo, M. C., & Donolo, D. (2010). Estudios de diseño. Una perspectiva prometedora en la investigación educativa. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, (22).
<https://revistas.um.es/red/article/view/111631>