

DOI: <https://doi.org/10.70208/3007.8245.v6.n3.569>

## *Jugar para dominar el álgebra vectorial. Una propuesta didáctica*

**Silvia Maffey García**[smaffey@ipn.mx](mailto:smaffey@ipn.mx)<https://orcid.org/0000-0002-8770-6596>Instituto Politécnico Nacional  
México**Jessica Giselle Domínguez Muñoz**[jgdominguezm@ipn.mx](mailto:jgdominguezm@ipn.mx)<https://orcid.org/0009-0009-8455-1099>Instituto Politécnico Nacional  
México**Karla Joanna Soto Hernández**[sotohkarla@gmail.com](mailto:sotohkarla@gmail.com)<https://orcid.org/0009-0003-9513-3999>Instituto Politécnico Nacional  
México**Alejandro Sebastián Rodríguez Montalvo**[alejosebasro@gmail.com](mailto:alejosebasro@gmail.com)<https://orcid.org/0009-0007-8226-522X>Instituto Politécnico Nacional  
México

### RESUMEN

El aprendizaje del álgebra vectorial constituye una dificultad persistente para numerosos estudiantes de Física, situación que limita la comprensión de conceptos fundamentales de la disciplina. El objetivo de este trabajo fue explorar dicha problemática en estudiantes de nivel medio superior y diseñar una propuesta didáctica basada en el uso de un juego de mesa para favorecer el desarrollo de habilidades relacionadas con el manejo de vectores. Metodológicamente, se realizó una encuesta en línea a estudiantes del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 2 del Instituto Politécnico Nacional para identificar percepciones sobre el aprendizaje de la Física, las dificultades asociadas a los vectores y la aceptación de los juegos didácticos como recurso educativo. Asimismo, se aplicó el Test of Understanding of Vectors (TUV) a una muestra de 24 estudiantes con el fin de explorar su comprensión conceptual. Los resultados evidenciaron dificultades significativas en el aprendizaje y permanencia de conceptos vectoriales, así como una disposición favorable hacia el uso de estrategias lúdicas. Con base en ello se diseñó el juego de mesa FisJuegos, que integra problemas de álgebra vectorial, retos y recursos de realidad aumentada. Su aplicación preliminar con siete estudiantes mostró una participación activa, aprendizaje progresivo durante las sesiones y un porcentaje de aprobación del 71 % en el proceso de regularización académica, resultados que sugieren el potencial del juego didáctico como apoyo para la enseñanza y el aprendizaje de vectores.

**Palabras clave:** juego didáctico, álgebra vectorial, aprendizaje de la Física, gamificación, educación media superior

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

El editor y los revisores declararon no tener conflicto de intereses.

Licencia:



## *Play to master vector algebra. A teaching proposal*

### ABSTRACT

The learning of vector algebra represents a persistent challenge for many physics students, limiting the understanding of fundamental concepts within the discipline. The aim of this study was to explore this problem among upper-secondary students and to design a didactic proposal based on a board game intended to foster skills related to vector operations. The methodology included an online survey administered to students from the Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 2 of the Instituto Politécnico Nacional to identify their perceptions of Physics learning, the difficulties associated with vectors, and their acceptance of educational games as learning tools. In addition, the Test of Understanding of Vectors (TUV) was applied to a sample of 24 students to assess their conceptual understanding. The results revealed significant difficulties in the learning and retention of vector concepts, together with a favorable attitude toward game-based learning strategies. Based on these findings, the board game FisJuegos was designed, incorporating vector algebra problems, challenges, and augmented reality resources. A preliminary implementation involving seven students showed active participation, progressive learning throughout the sessions, and a 71% pass rate in the academic recovery process. These findings suggest that didactic games can be a valuable resource for supporting the teaching and learning of vectors.

**Keywords:** Didactic game, vector algebra, Physics learning, gamification, upper-secondary education

The authors declare no conflict of interest.

The Editor and the Reviewers declared no conflict of interest.

License: 



## INTRODUCCIÓN

La Física, definida como la ciencia que estudia a la materia y la energía sustenta su cuerpo de conocimientos en una serie de conceptos básicos, entre ellos: fuerza, campo, velocidad, desplazamiento, aceleración; todos estos tienen magnitud, dirección y sentido, es decir, son cantidades vectoriales.

Esto implica que, su comprensión y apropiación, requiere de conocimiento y habilidad en el manejo de tales cantidades vectoriales y las operaciones entre ellos.

Esta situación remite al ámbito educativo. En México se estudia física tanto en el nivel de secundaria como en el medio superior o bachillerato, por consecuencia, es necesario que los estudiantes de estos niveles, más aún los del segundo caso, manejen eficientemente las cantidades vectoriales, solo que, por alguna razón que debe ser investigada, los estudiantes tienen dificultades para lograrlo.

La didáctica tradicional, muy posiblemente recurriría a encomendar a los estudiantes la resolución de largas listas de ejercicios, solo que cuando un profesor atiende a 5 grupos de alrededor de 40 alumnos, resulta prácticamente imposible la revisión y corrección de las soluciones dadas y sin ello, el trabajo realizado, lejos de formar habilidades en los educandos podría llevarlos a reforzar errores conceptuales y/o procedimentales. Este hecho es el que motiva el presente trabajo.

El concepto de vector es fundamental para el aprendizaje de diversos temas de la Física, ya que permite comprender y representar adecuadamente magnitudes como la fuerza, la velocidad, la aceleración, el campo eléctrico y el campo magnético, entre otros. Sin embargo, al iniciar estudios de nivel superior en áreas donde la Física tiene un papel esencial, una proporción importante de estudiantes presenta dificultades para operar con vectores, lo que limita la comprensión de conceptos básicos de la física clásica y con ello, dificulta la construcción de aprendizajes significativos sobre la naturaleza vectorial de diversas magnitudes físicas (Costa y Di Domenicantonio, 2006, citado por Gutiérrez y Martín, 2015). Existen investigaciones que han señalado que muchos estudiantes de Física presentan problemas para lograr una comprensión conceptual de las operaciones vectoriales (Flores, 2006, citado por Flores-García et al., 2017) lo que repercute directamente en la comprensión de conceptos esenciales de la disciplina, como la esencial segunda ley de Newton, cuya formulación matemática es, formalmente,



una relación vectorial (Flores, Kanim y Kautz, 2004, citados por Flores-García et al., 2017). Por consiguiente, los estudiantes suelen percibir las cantidades vectoriales no como un sistema coherente de conocimientos sustentado en principios fundamentales, sino como un conjunto de ecuaciones dependientes de contextos específicos que deben memorizarse (Redish, 1998, citado por Gutiérrez y Martín, 2015).

Esta situación se agrava por el hecho de que muchos alumnos conciben la Física como una sucesión de fórmulas y procedimientos aislados, sin reconocer las relaciones conceptuales existentes entre los fenómenos físicos y por ello, algunos estudiantes ingresan a los cursos con deficiencias en habilidades cognitivas básicas, que resultan indispensables para el manejo adecuado de variables físicas de naturaleza vectorial (Flores-García et al., 2017).

Por otra parte, en numerosos sistemas educativos, particularmente en los niveles medio superior y superior, la Física y la Geometría suelen enseñarse de manera independiente. Esta separación dificulta la aplicación de construcciones geométricas en la resolución de problemas de Física e Ingeniería, tales como el método del paralelogramo o el polígono funicular, los cuales frecuentemente son sustituidos por procedimientos analíticos basados en ecuaciones algebraicas y sistemas de ecuaciones (Gutiérrez y Martín, 2015). Los métodos gráficos favorecen la reconstrucción y visualización de los fenómenos físicos, promoviendo una comprensión más profunda de los problemas y constituyéndose en una valiosa herramienta dentro de los procesos tanto de enseñanza y como de aprendizaje de la ciencia en general y de la Física en particular (Gutiérrez y Martín, 2015).

De acuerdo con González (2013, citado por Flores-García et al., 2017), una de las causas de esta problemática puede encontrarse en la persistencia de modelos tradicionales de enseñanza caracterizados por un enfoque centrado en el docente, una comunicación predominantemente unidireccional, la escasa contextualización de los problemas y el uso de ejercicios desarticulados de la realidad de los estudiantes. En este contexto, resulta indispensable promover estrategias didácticas que favorezcan una comprensión amplia de las propiedades fundamentales de los vectores y de los mecanismos involucrados en las operaciones vectoriales, ya que estas constituyen la base para el aprendizaje significativo de numerosos conceptos físicos (Gutiérrez y Martín, 2015).



A partir de todo esto, y de la amplia gama de opciones didácticas, se opta por explorar al juego didáctico como una posibilidad didáctica para favorecer el aprendizaje de vectores.

De tal forma que el objetivo del presente trabajo es explorar el uso de un juego de mesa didáctico como elemento coadyuvante en el aprendizaje del álgebra vectorial y en el fortalecimiento de las habilidades necesarias para ello.

Por tanto, el sustento se presenta en el siguiente marco teórico.

El juego ha estado tradicionalmente asociado con la diversión, la recreación y el entretenimiento (Gallardo y Gallardo, 2018, citados por Chonillo-Sisler, 2025), pero su relevancia radica en que puede trascender al ámbito lúdico puesto que, como una actividad inherente al desarrollo humano, resulta en un medio eficaz para la adquisición de conocimientos y habilidades. De hecho, el juego forma parte de los procesos de aprendizaje no solo en los seres humanos, sino también en otros mamíferos, cuyos individuos jóvenes desarrollan capacidades esenciales mediante actividades lúdicas (Corbacho-Cuello, Esteban-Gallego, Marcos-Merino y Hernández del Barco, 2023).

Existen diversas definiciones de juego. Kapp (2012, citado por Cornella, Estebanell y Brusi, 2020) lo describe como un sistema en el que los participantes enfrentan un reto, que puede ser concreto o abstracto, regido por normas, interacción y retroalimentación que provoca respuestas emocionales. De manera similar, Kirikkaya et al. (2010, citados por Corbacho-Cuello et al., 2023) lo consideran una actividad placentera que se desarrolla en un espacio y tiempo determinados, bajo reglas previamente establecidas, en la que los participantes ponen en práctica habilidades mentales y/o físicas. Asimismo, Legerén y Rada (2014, citados por Corbacho-Cuello et al., 2023) destacan que se trata de una actividad libre, pero regulada por normas aceptadas voluntariamente por quienes participan.

Más allá de su carácter recreativo, el juego constituye una actividad compleja que involucra múltiples dimensiones del desarrollo humano. Marín, López-Pérez y Barea (2015, citados por Cornella, Estebanell y Brusi, 2020) señalan que jugar favorece la concentración y estimula la curiosidad, elemento fundamental para el aprendizaje a la vez que integra aspectos físicos, cognitivos, afectivos y sociales, ya que promueve el pensamiento, genera emociones y facilita la interacción entre las personas.



Las potencialidades educativas del juego han sido reconocidas desde importantes corrientes teóricas del aprendizaje. Así, Piaget (1978) consideró el juego como un elemento fundamental para el desarrollo intelectual y emocional, debido a que permite al individuo asimilar y experimentar nuevas situaciones, mientras, por su parte, Vygotsky (1978) destacó que el juego favorece la interacción social y la construcción de conocimientos dentro de la denominada zona de desarrollo próximo, donde el aprendizaje ocurre mediante la colaboración y la mediación social. Posteriormente, Zabalza (2000, citado por Toribio, 2025) señaló que la incorporación del juego en contextos educativos bien estructurados favorece el aprendizaje significativo de manera motivadora y efectiva.

Estas aportaciones han contribuido a la consolidación del concepto de juego didáctico o juego formativo, que Sandí Bazán (2020, citado por Chonillo-Sislema, 2025) define como un recurso que transforma una actividad educativa en una experiencia lúdica con una finalidad pedagógica específica, orientada a facilitar aprendizajes, apoyar procesos de enseñanza, promover cambios actitudinales y desarrollar habilidades. En el mismo sentido, Toribio (2025) lo concibe como una estrategia pedagógica que utiliza el juego como herramienta para enseñar o reforzar contenidos educativos.

## **METODOLOGÍA**

La investigación que aquí se reporta es de carácter exploratorio y su diseño se describe a continuación.

La situación descrita en la introducción muestra que hay un problema de la Física Educativa, cuyo abordaje requiere, en principio, de al menos dos acciones, a saber:

- a) Explorar un poco más la problemática para clarificarla, y
- b) Elaborar una propuesta didáctica que favorezca la apropiación de conocimientos y habilidades, acordes a la juventud actual, basada en el marco teórico presentado.

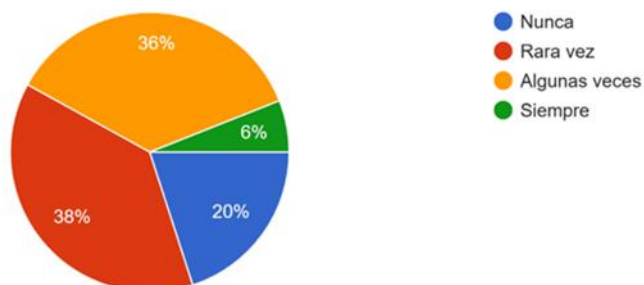
En atención al punto “a”, se realizó una breve encuesta en línea, con estudiantes de nivel medio superior del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 2 (CECyT 2), del Instituto Politécnico Nacional, considerando como alternativa didáctica el juego educativo. Las preguntas fueron formuladas por un equipo de 5 estudiantes que colaboró en este trabajo, con la intención de que el planteamiento fuera cercano a la idiosincrasia de quienes serían en cierta forma sujetos de estudio.

Los resultados de la encuesta se presentan a continuación.



**Figura 1.** Frecuencia de uso espontáneo de materiales didácticos

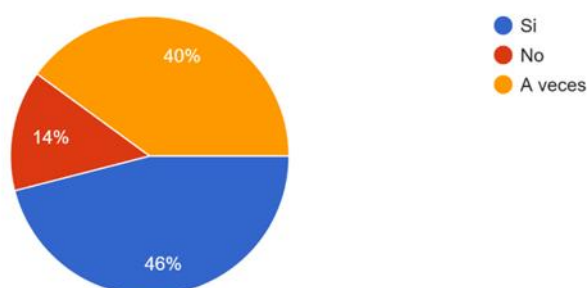
¿Con qué frecuencia utilizas materiales didácticos o interactivos para aprender?  
50 respuestas



La figura 1, muestra que es escasa la proactividad de los estudiantes para buscar materiales didácticos que apoyan su aprendizaje.

**Figura 2.** Percepción sobre la dificultad para aprender Física

¿Consideras que la materia de Física es difícil de comprender?  
50 respuestas



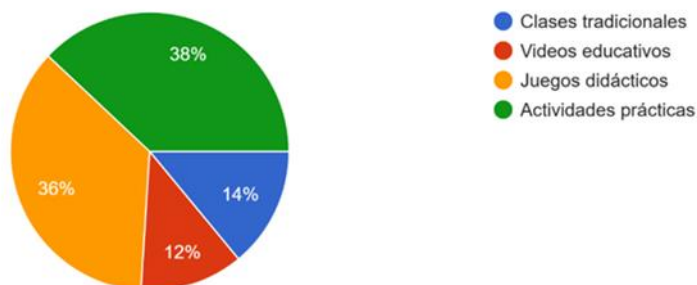
La cuestión planteada en segundo lugar aborda la dificultad percibida para la comprensión de la Física. En la figura 2, se aprecia que un importante sector de la muestra considera a la física como algo difícil de comprender, pues solo el 14% de los encuestados afirman que no lo es.



**Figura 3.** Opinión de estudiantes sobre cómo es más efectiva la comprensión

¿Qué método de aprendizaje consideras más efectivo para comprender temas de Física?

50 respuestas

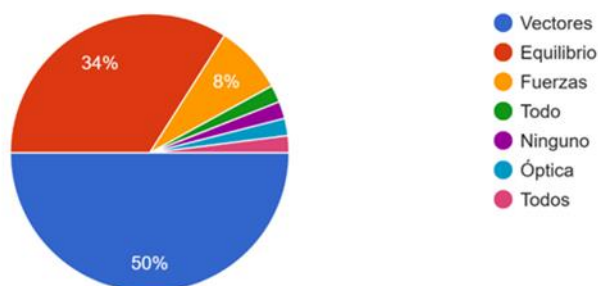


Respecto al cómo deberían ser las clases de Física, desde la perspectiva de los estudiantes, la figura 3 muestra, que los métodos tradicionales, con el profesor como expositor del conocimiento y el alumno como aprendiz pasivo, aún tiene adeptos, pero lo relevante es que un 38% piensa que sería más efectivo el aprendizaje con actividades prácticas y un 36% con juegos didácticos.

**Figura 4.** Percepción de los estudiantes sobre temas más difíciles

¿Qué temas de Física se te dificultan más?

50 respuestas



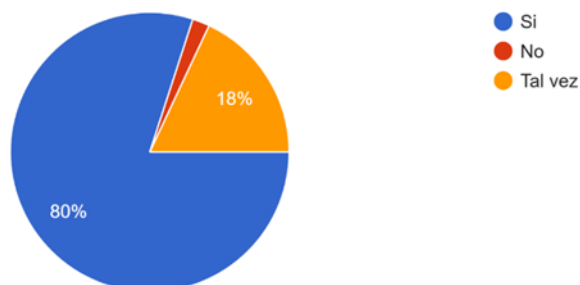
Los colaboradores que apoyaron en la formulación del cuestionario consideraron apropiado no centrarse en las cantidades vectoriales, de interés en este trabajo, sino presentar un abanico de temas de Física para que los encuestados eligieran los que les resultaban de mayor dificultad de aprendizaje. El gráfico de la figura 4 muestra claramente que la mitad de los estudiantes que respondieron menciona “vectores” como el tema de física de mayor dificultad, lo que confirma que es relevante el estudio y propuesta que se realizan aquí.



**Figura 5.** Percepción de los estudiantes sobre uso de juegos para el aprendizaje

¿Crees que aprender mediante juegos puede facilitar el aprendizaje?

50 respuestas



La quinta y última pregunta, cuyo gráfico se presenta en la figura 5, es clave para considerar la opción de la inserción de juegos didácticos y los resultados mostrados en el gráfico son favorables a ello, el 80% dijo sí, a lo que puede sumarse el 18 % que optó por un “tal vez”.

Esta encuesta permite tener un panorama de la opinión y visión de los propios estudiantes sobre el aprendizaje de vectores en la clase de física, pero ¿qué hay de su aprendizaje?

Para responder a ésta, se aplicó a una pequeña muestra, el Test of Understanding of Vectors (TUV), publicado en Barniol y Zavala (2014), que consta de 20 preguntas con 5 opciones de respuesta, diseñadas para explorar la comprensión de 10 conceptos, a saber: dirección, magnitud, componentes, vectores unitarios, representación vectorial, suma, resta, producto por un escalar, producto punto y producto cruz.

La muestra estuvo conformada por 24 estudiantes que cursaban las asignaturas Física II o Física IV, por lo que en todos los casos ya habían aprobado, al menos un semestre atrás Física I que es donde se estudian a los vectores, pero dada la temática de las asignaturas subsecuentes a ésta, no había dejado de usarlos.

No hubo un método de elección de la muestra, se aplicó el test a los alumnos que por una u otra razón llegaban a la oficina de la coordinación de física, durante cuatro días. Los resultados fueron poco alentadores.



El número más alto de aciertos fue de 6, obtenido por el 30% de las personas, habiendo un caso de 0 aciertos.

Respecto a las preguntas, en las que acertaron más fueron: 4, 7, 10 y 16, mientras que las numeradas como 2, 11, 13 y 15 no fueron respondidas correctamente por nadie.

Los conceptos involucrados en cada una de éstas se presentan en la tabla 1.

**Tabla 1.** Resultados de exploración preliminar, usando el test.

|                    | Pregunta | Concepto                   |
|--------------------|----------|----------------------------|
| Con más aciertos   | 4        | Componentes                |
|                    | 7        | Suma                       |
|                    | 10       | Representación gráfica     |
|                    | 16       | Suma                       |
| Con ningún acierto | 2        | Vector unitario            |
|                    | 11       | Multiplicación por escalar |
|                    | 12       | Producto cruz              |
|                    | 13       | Resta                      |
|                    | 15       | Producto cruz              |

Estos resultados, como ya se dijo, son poco alentadores respecto a la firmeza del aprendizaje que se logra en el momento que se trabaja el tema, pues es claro que su permanencia en la mente de los estudiantes es escasa, por lo que es evidente la necesidad de buscar formas mas eficientes de lograr los aprendizajes necesarios.



A partir de los resultados de la encuesta realizada, se opta por considerar la incorporación de un juego de mesa al trabajo del aula en torno al manejo de vectores, para el desarrollo de habilidades en su manejo.

### El juego

La propuesta, objeto de este artículo consiste en el diseño y realización de un juego de mesa, denominado FisJuegos.

**Figura 6.** Tablero de juego



Consta de un tablero que a la vez es la caja del juego que se abre como si fueran puertas. La figura 6, presenta la caja abierta donde se aprecia claramente el tablero en el centro y a sus lados cajas que deben contener cartas de problemas, cartas de retos y comodines, así como un diagrama de los temas que aborda el juego: vectores y equilibrio como una aplicación del uso de los vectores, así como las piezas para armarlo, un dado, una tarjeta de respuestas y fichas para cada jugador; cabe aclarar que los jugadores son equipos de personas, de tal forma que el número real de participantes puede ser de hasta 8 personas, pues se consideran equipos de entre 2 y 4 participantes. También se incluye el manual de juego.

**Figura 7.** Reverso de las cartas de juego



En la figura 7 se muestran las cartas y los personajes creados para representar el tipo de contenido de cada una. Los colores de las cartas corresponden a los de las casillas en el tablero.

Las piezas mencionadas previamente, son flechas de papel plastificadas, los vectores, con las que deberán armar la solución a un problema que se presentará.

Las cartas color fucsia contienen problemas, estas son la base del juego, siendo así las que fomentan el aprendizaje y el trabajo en equipo. Los problemas están numerados, para poder revisar las respuestas que se den con las que se tienen preparadas en la tarjeta de soluciones.

Las cartas amarillas de retos, que se incluyen porque aportan dinamismo y diversión al juego; contienen retos inofensivos pero divertidos.

El tercer tipo de carta, de color morado son los comodines, que serán útiles a la hora de jugar porque permiten recuperar ventaja dentro de la dinámica del juego.

Como puede apreciarse en la figura 7, los tipos de cartas no solo se identifican por color, sino que también tienen un personaje. El que corresponde a problemas es una flama, haciendo alusión a “peligro”, pero con una carita que no es de miedo, ni de maldad.

El personaje de las cartas de comodín tiene inspiración en las auroras boreales y se diseñó con la intención de darle un aspecto relajado, tranquilo y amigable. Finalmente, para el personaje para la carta de retos se escogió un diseño gracioso, con un aspecto de payaso, pero agradable ya que los retos son graciosos divertidos y entretenidos.



Como un elemento enriquecedor a lo ya descrito, 10 cartas tienen, además de la pregunta correspondiente un código QR, para acceder, mediante una muy popular aplicación de videos, a una representación en realidad aumentada de la situación en que se basa la cuestión, lo que permite la visualización en 3D de la situación problémica a resolver.

### **La dinámica del juego**

Se forman dos equipos de entre 2 y 4 participantes cada uno y debe haber una persona más que tendrá la función de coordinar el juego. Cada equipo recibe una ficha que debe colocar sobre el tablero en la casilla amarilla marcada como de inicio.

Un representante de cada equipo lanza un dado, para determinar quien inicia que será el equipo cuyo dado haya caído mostrando el puntaje más alto.

El juego inicia con el primer jugador lanzando el dado y moviendo su ficha tantas casillas como puntos marque el dado. Dependiendo del color de casilla al que haya llegado es el tipo de carta que le corresponde, el coordinador la leerá. Si se trata de un reto o una pregunta, se tienen 2 minutos para realizarlo o resolver, solo que el otro participante, no será un observador pasivo, puesto que si a quien le corresponde no logra realizar el reto o dar la respuesta correcta, entonces esto pasa al otro. La idea es que como ya se dijo, los participantes son equipos, quienes deben trabajar colaborativamente para dar la respuesta correcta en caso de tratarse de una pregunta, o bien, decidir qué hacer con el comodín, en caso de recibir alguno.

Quien da la respuesta correcta recibirá una de las piezas para armar el diagrama cuya tarjeta también recibió al inicio.

Los turnos se van alternando y el juego termina de una de dos formas: quien completa primero su diagrama o quien lo haya avanzado más al concluir un lapso de 20 minutos.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos en una primera aplicación del juego elaborado se detallan a continuación.

La aplicación del juego se realizó empleándolo como una herramienta de aprendizaje en el mes de junio de 2026 con un pequeño grupo de estudiantes que no habían aprobado Física I un año atrás y tenían una oportunidad de acreditar la asignatura mediante un examen y con ello, regularizar su



situación académica, por lo que solicitaron apoyo académico para su preparación. El número de participantes fue de 7 personas con lo que se establecieron 2 jugadores-equipos, de 3 integrantes cada uno y un coordinador de juego.

Por la naturaleza del trabajo a realizar, no habría un efecto directo en calificación alguna, se acordó que el equipo perdedor invitaría un refresco al ganador y al coordinador, poniendo en esto, el ingrediente motivante al juego mismo, además del aprendizaje esperado.

Una vez definidos los turnos, se dio inicio al juego y al presentarse las primeras preguntas en ambos equipos hubo dificultad para dar las respuestas correctas, por lo que la docente a cargo dio la explicación pertinente al caso. El fenómeno se repitió en varias ocasiones, pero cada vez fue menos necesaria la explicación, pues aplicaban el aprendizaje de las rondas previas.

Cuando la dinámica del juego daba paso a tarjetas de retos hubo diversión y risas entre los jóvenes y cuando aparecían cartas comodín el equipo correspondiente acordaba la conveniencia de cuando usarlo. Este recurso fue usado en 2 sesiones de trabajo de 5 que constituyeron la preparación que los jóvenes habían solicitado para regularizarse académicamente.

En términos generales, la respuesta fue amena y positiva, los aprendizajes se fueron apreciando y si bien no se realizó una evaluación específica de los contenidos abordados en el juego, los resultados del examen que debían presentar fueron aprobatorios para 5 de los 7 participantes, lo que constituye un 71%. Es importante hacer notar que el examen presentado tuvo cuestiones teóricas de las ramas de la física, así como la clasificación de ésta dentro de las ciencias, unidades de medición, álgebra de vectores, estática y cinemática; todos ellos fueron tratados en la semana de preparación, pero solo la parte referente a vectores y estática formaron parte del juego, por lo que este porcentaje no es necesariamente un parámetro de la eficiencia obtenida a través del juego.

## CONCLUSIONES

La experiencia, aunque pequeña en cuanto a número de participantes dio resultados alentadores, por lo que un siguiente paso es repetirla con un grupo escolar completo en un curso regular, para lo que obviamente será necesario contar con al menos 5 tableros de juego.



Para esa situación, también será necesario una metodología de evaluación de pre-test y post-test para medir de forma cuantitativa el efecto de usar un juego didáctico, específicamente, el aquí presentado. Sin embargo, el trabajo ya realizado, es un preámbulo alentador que abona a la necesidad de considerar el juego didáctico como una opción válida a emplear con jóvenes estudiantes de Física.

### **Agradecimiento**

Se agradece al Instituto Politécnico Nacional, su apoyo para la investigación registrada con la clave IND-2026-0342, de donde se deriva el presente trabajo.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Barniol, P. y Zavala, G. (2014). Test of understanding of vectors: A reliable multiple-choice vector concept test. *Physical review special topics - Physics education research* 10, 010121. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.010121>
- Chonillo-Sislema, L. (2025). Jugar para aprender: estrategias y recursos didácticos utilizados en las clases de química. *CHAKIÑAN. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*. No. 26. pp. 273-296. DOI: <https://doi.org/10.37135/chk.002.26.13>
- Cornella, P., Estebanell, M. y Brusi, D. (2020). Gamificación y aprendizaje basado en juegos. Consideraciones generales y algunos ejemplos para la Enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, Vol. 28, Nº. 1, pp. 5-19. <https://raco.cat/index.php/ECT/article/view/372920>
- Corbacho-Cuello, I., Esteban-Gallego, R., Marcos-Merino, J.M. y Hernández del Barco, M. (2023). Los microbios, ¿buenos o malos?: el juego de mesa “Los microorganismos en nuestra vida”. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 20, núm. 3. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2023.v20.i3.3202](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3202)
- Flores-García, S., Cuellar, C., González-Quezada, M.D., Ramírez-Sandoval, O., Cruz-Quiñones, M.A. y Aguirre, V. (2017). Problemas de entendimiento conceptual con las operaciones entre vectores *Latin American Journal of Physics Education*. Vol. 11, No. 4. [http://www.lajpe.org/dec17/07\\_Flores\\_4307.pdf](http://www.lajpe.org/dec17/07_Flores_4307.pdf)



- Gutiérrez, E. y Martín, J. (2015). Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la F.C.E.F. y N. de la U.N.C. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 27, No. Extra, pp., 89-96.  
<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/12590/12867>
- Herrera-López, C., y Álvarez Herrera, L. V. (2025). Implementación de juegos de mesa como refuerzo de habilidades cognitivas en la química. Actas Iberoamericanas En Ciencias Sociales, 3(1), 98-109. <https://doi.org/10.69821/AICIS.v3i1.85>
- Piaget, J. (1978). Le jeu en la formation du symbole chez l'enfant, imitation jeu et rêve, image et représentation. París, Delachaux et Niestlé.  
<https://excerpts.numilog.com/books/9791036909528.pdf>
- Toribio, R. (2025). Adaptación de juegos de mesa para el aprendizaje de la Física y la Química en 4º de ESO. Trabajo de fin de master. Universidad de Valladolid.  
<https://uvadoc.uva.es/handle/10324/78891>
- Vygotsky, L.S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Cambridge, MA: Harvard University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctvjf9vz4>

