

FÍSICA EN ACCIÓN: TRANSFORMANDO PERCEPCIONES A TRAVÉS DEL APRENDIZAJE ACTIVO

Macarena Muñoz, Universidad de Chile, mackadelpilar@uchile.cl
Álvaro Lozano, Universidad de Chile, alvaro.lozano.v@ug.uchile.cl
Bianca Zamora, Universidad de Chile, bianca.zamora@ug.uchile.cl

RESUMEN

El presente trabajo se basa en una innovación docente realizada en la asignatura Introducción a la Física Moderna, curso de segundo semestre de la carrera de ingeniería (plan común) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Esta innovación docente surge debido a que existe un prejuicio negativo entre las y los estudiantes que cursan Introducción a la Física Moderna sobre los contenidos que se abordan en el curso. Esto se debe a diversos factores, entre ellos: el impacto inicial a las herramientas matemáticas con las que no están familiarizados en este contexto, además de no vislumbrar la utilidad de los contenidos del curso con su quehacer profesional como futuros ingenieros. Si bien hay algunos tópicos en que las y los estudiantes reconocen ciertas herramientas matemáticas, no las han empleado lo suficiente para desarrollar una intuición de cómo el fenómeno físico se modela matemáticamente; y por lo tanto no existe una valoración de los contenidos del curso en la aplicación de problemas del mundo real.

PALABRAS CLAVES: física, innovación docente, aprendizaje activo.

INTRODUCCIÓN

En el contexto del curso de "Introducción a la Física Moderna," parte fundamental del segundo semestre del ciclo de plan común en la carrera de Ingeniería de la Universidad de Chile, se ha identificado una necesidad crítica de intervención pedagógica. Este curso, que es esencial en la formación inicial de futuros ingenieros, presenta un desafío recurrente: una percepción negativa por parte de los estudiantes hacia los contenidos abordados, especialmente en relación con la aplicación de herramientas matemáticas y su utilidad en el contexto profesional. La percepción negativa hacia las matemáticas en cursos de física es común en muchos contextos educativos, y se ha relacionado con la falta de medios de aprendizaje adecuados que motiven a los estudiantes (Astalini *et al.*, 2021) (Zambrano *et al.*, 2022)

Los estudiantes suelen experimentar dificultades para conectar los conceptos físicos con su representación matemática y, a su vez, con aplicaciones prácticas en el mundo real (Ben-Av and Gurevich, 2018). Este desafío es particularmente problemático considerando la importancia que tiene la modelación matemática y el entendimiento profundo de los fenómenos físicos en el desarrollo de competencias clave para ingenieros. Diversas investigaciones han destacado cómo la integración de tecnologías avanzadas puede ayudar a mitigar estas dificultades al proporcionar una experiencia de aprendizaje más interactiva y contextualizada (Noor *et al.*, 2019). Es en este marco que surge la propuesta de innovación docente que se presenta en este trabajo, cuyo principal objetivo es transformar la percepción negativa del curso, aumentar la relevancia percibida de sus contenidos y fomentar una intuición más clara sobre la modelación matemática y el comportamiento de los fenómenos físicos.

Para abordar estos objetivos, se propone una estrategia educativa innovadora basada en el aprendizaje combinado, que integra cápsulas audiovisuales y actividades colaborativas

presenciales, utilizando tecnologías avanzadas y metodologías activas de aprendizaje (Medina Herrera *et al.*, 2019). A través de estas intervenciones, se espera no solo mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, sino también fortalecer su capacidad para aplicar los conceptos aprendidos en escenarios reales de ingeniería y ciencias (Sulaiman, 2010).

DESARROLLO

Para abordar la problemática anteriormente propuesta, la estrategia de la innovación cuenta principalmente con lo que se conoce como aprendizaje combinado (Castro. R, 2019), que se basará en dos etapas. La primera consta de una actividad asincrónica, en donde se utilizarán herramientas tecnológicas, que se describe a continuación:

Se realizaron cuatro cápsulas audiovisuales usando el proyecto de innovación “Estudio lightboard de un botón” desarrollado por el profesor Benjamín Herrmann del Departamento de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Un lightboard es una pizarra transparente iluminada con luces LED alrededor, cuya grabación se puede coordinar en tiempo real para incorporar elementos digitales como imágenes, notas o programación para apoyar a la exposición. Esto permite al locutor interactuar de manera directa ya que puede estar de frente a la audiencia manteniendo el contacto visual, y a la vez captar la atención de las y los estudiantes mientras se explica algún tema en particular. Los videos son un medio práctico para transmitir información de manera masiva que, junto a la pizarra, permitirá agregar apoyo visual para explicar fenómenos físicos de manera más intuitiva, natural y amigable. Los contenidos de la asignatura serán dosificados y organizados en cada cápsula audiovisual, con la intención de favorecer la comprensión de cada uno, además de permitir al estudiante flexibilidad temporal y espacial para ver los contenidos.

La segunda etapa se realizó de manera sincrónica presencial, durante el horario de clase auxiliar (ayudantía). El objetivo de esta es simular un ambiente de trabajo colaborativo, al que se enfrentarán los alumnos y alumnas una vez estén ejerciendo como ingenieros e ingenieras. Además, se da espacio a la discusión de los resultados, lo que permite a los estudiantes tener un papel activo en su aprendizaje mediante la conversación y reflexión sobre los conceptos aprendidos. Esta experiencia no busca reemplazar los laboratorios, esto debido a que los laboratorios permiten la verificación de la teoría vista en cátedra mediante experimentos. En cambio, las experiencias de la innovación docente buscan simular problemas ingenieriles reales con el fin de mostrar la utilidad e importancia del conocimiento y de los conceptos que se están adquiriendo a lo largo del curso para sus carreras profesionales. A continuación se detalla el trabajo que se realizó en esta etapa:

Las y los estudiantes tuvieron una semana para ver la cápsula audiovisual. Posterior a ello, en clase auxiliar, se trabajó en grupo de tres integrantes y el equipo docente entregó al estudiantado un problema típico de ingeniería y/o ciencias a resolver que tenga relación directa con el video anteriormente visto. Las y los estudiantes tuvieron el apoyo y monitoreo del equipo docente para ir dando *feedback* inmediato durante la realización de la actividad. Las clases auxiliares para la innovación se realizaron en la sala N03 de la Facultad de Física y Matemática de la Universidad de Chile (Laboratorio de Investigación Docente) ya que es un espacio propicio para el desarrollo de metodologías activas de aprendizaje. Al finalizar la actividad, cada grupo realizó una entrega en donde se debía evidenciar claramente los siguientes aspectos: descripción y análisis del problema, posibles alternativas o formas de solución, propuestas de solución y finalmente la solución elegida por el grupo.

Cada cápsula audiovisual se basó sobre las unidades importantes del curso. En la tabla N°1 se muestra el nombre de cada unidad/cápsula junto a la actividad grupal que los estudiantes resolvieron en clase auxiliar.

Tabla N°1. Unidad y actividad a resolver.

Unidad/Video	Actividad grupal
<u>Oscilaciones</u>	<u>Diseño de un amortiguador para un puente colgante.</u>
<u>Ondas</u>	<u>Cancelación de sonido e identificación de los componentes generales de la onda acústica.</u>
<u>Óptica</u>	<u>Diseño de un sistema de comunicación por fibra óptica.</u>
<u>Física Cuántica</u>	<u>Identificación de moléculas mediante microscopía de fluorescencia y el modelo atómico de Bohr.</u>

Es importante mencionar, que los estudiantes tenían a su disposición una rúbrica de evaluación, con la finalidad que supieran de antemano en qué nivel se ubicaba cada aspecto de su trabajo. En la tabla 2 se muestra la rúbrica utilizada.

Tabla N°2. Rúbrica de evaluación de la actividad grupal.

	4 puntos	3 puntos	2 puntos	1 punto
Aspecto/Indicador	Se cumple satisfactoriamente	Casi se cumple satisfactoriamente	Se cumple casi insatisfactoriamente	Se cumple insatisfactoriamente
Formalidad (orden, presentación y coherencia)	El reporte entregado incluye el nombre de los integrantes del equipo, las hojas no tienen flecos y es ordenado (vale decir, tiene letra clara, y un esquema coherente).	El reporte entregado incluye el nombre de los integrantes del equipo, las hojas no tienen flecos, pero no es ordenado (vale decir, no tiene letra clara, o tampoco un esquema coherente).	El reporte entregado no incluye el nombre de los integrantes del equipo, alguna hoja tiene flecos, pero es ordenado (vale decir, tiene letra clara, y un esquema coherente).	El reporte entregado no incluye el nombre de los integrantes del equipo, alguna hoja tiene flecos y no es ordenado (vale decir, no tiene letra clara, o tampoco un esquema coherente).
Contenidos (física y matemática)	Reconocen el modelo físico a utilizar y aplican expresiones matemáticas correctamente.	Reconocen el modelo físico a utilizar pero no aplican expresiones matemáticas de manera correcta.	No reconocen el modelo físico a utilizar, pero aplican expresiones matemáticas de manera coherente.	No reconocen el modelo físico a utilizar ni aplican expresiones matemáticas adecuadamente.
Desarrollo (planteamiento)	Presentan una respuesta clara y concreta a cada una de las 4 preguntas.	Presentan una respuesta concreta solo a 3 preguntas.	Presentan una respuesta concreta solo a 2 preguntas.	Presentan una respuesta concreta solo a 1 pregunta.
Análisis	Se incluye desarrollo matemático de ser necesario, y cálculos que verifiquen que es coherente con lo modelado.	Se incluye desarrollo matemático de ser necesario, pero no cálculos que verifiquen que es coherente con lo modelado.	No incluye desarrollo matemático de ser necesario, pero sí incluye cálculos que verifiquen que es coherente con lo modelado.	No se incluye desarrollo matemático de ser necesario, ni cálculos que verifiquen que es coherente con lo modelado.
Conclusiones.	Presentan una conclusión clara y concreta a lo solicitado según los cálculos y análisis previos.	Presentan una conclusión poco clara a lo solicitado pero si tiene alguna relación con los cálculos y análisis previos.	Presentan una conclusión poco clara a lo solicitado y en su mayoría no tiene relación con los cálculos y análisis previos.	No presentan una conclusión clara, sin sustentación a los cálculos y análisis previos.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron 3 encuestas diferentes, las cuales tenían el objetivo principal de recolectar información sobre la opinión real e impresión de las y los estudiantes en 3 etapas diferentes del curso. La primera encuesta, que se realizó a inicio del semestre de otoño 2024, tenía el objetivo de ser un diagnóstico para conocer el estado en el que se encontraban las y los estudiantes antes de empezar el curso, con esta se busca identificar los prejuicios con los que llegan, y confirmar la necesidad detectada mencionada anteriormente. La segunda encuesta, que se realizó a mitad de la innovación, después de que hayan sido subidas 2 de las 4 cápsulas, se hace con el objetivo de conocer la opinión que se tiene sobre las cápsulas, con el objetivo de su mejora y así generar un mayor impacto, esta permitió el desarrollo de preguntas abiertas a lo largo del video para guiar el estudio de las y los estudiantes, donde permitía que se enfocarán en lo que el equipo docente consideraba más importante. La tercera y última encuesta realizada, sirvió para ver el impacto del proyecto, además de permitir identificar cómo terminaron los diferentes puntos que se querían trabajar, para, en caso de futuras implementaciones, poder considerar los logros y las falencias en esta oportunidad y así poder implementar una metodología más completa y enriquecedora para las y los estudiantes.

RESULTADOS

Esta innovación fue realizada en una sección de aproximadamente 100 estudiantes, los cuales fueron seleccionados de manera aleatoria por un programa de selección de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile o escogieron esta sección de manera personal sin conocimiento previo de la innovación, de los cuales 70 estudiantes respondieron la primera encuesta y 55 respondieron la encuesta final, con esto se logran observar los siguientes resultados tras la implementación de las cápsulas.

En cuanto a aplicaciones en el mundo laboral ingenieril y científico se puede observar los siguientes dos gráficos de la etapa inicial y la final, donde 1 es positivo (totalmente de acuerdo) y 5 es negativo (totalmente en desacuerdo):

Conozco diversas aplicaciones a la vida real de los contenidos que aprenderé en este curso.

70 respuestas

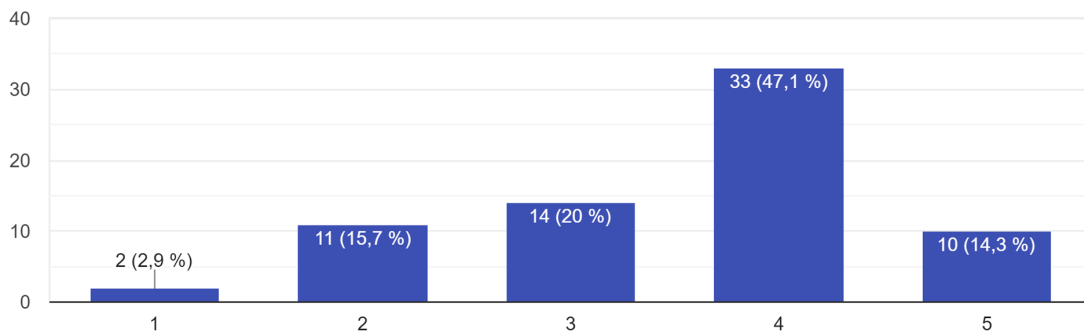


Figura N°1. Encuesta inicial: pregunta sobre aplicaciones de contenido.

¿Sientes que los videos y ejercicios evaluados te ayudaron a conocer las aplicaciones prácticas de los contenidos del curso en el ámbito profesional?

55 respuestas

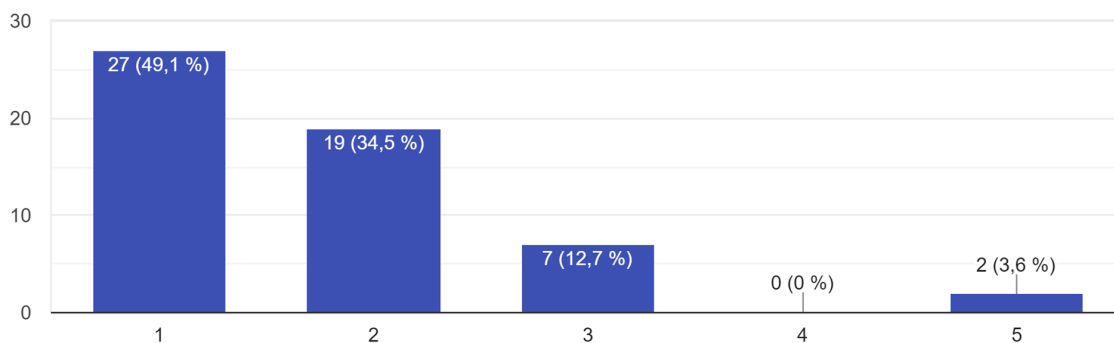


Figura N°2. Encuesta final: pregunta sobre aplicaciones de contenido

De la figura 1 y 2, es posible visualizar que las cápsulas fueron una herramienta útil al momento de mostrar las diferentes aplicaciones profesionales en el mundo de la ingeniería que se tienen

para los contenidos del curso, donde inicialmente un 39% (27 estudiantes) de los encuestados tenía conocimiento de algún tipo o en algún nivel de las diferentes aplicaciones. Una vez terminada la innovación un 96% (53 estudiantes) de los encuestados considera o siente que las cápsulas fueron una ayuda para conocer las aplicaciones, lo que permite notar un cumplimiento del objetivo de las cápsulas, al menos en lo que es las aplicaciones de los contenidos.

Por otro lado tenemos el modelamiento matemático, el cual es el segundo punto que se busca trabajar en esta innovación, en este se obtuvieron los siguientes resultados, donde 1 es positivo (totalmente de acuerdo) y 5 es negativo (totalmente en desacuerdo):

Tengo inseguridad sobre mi manejo con las herramientas matemáticas que se usarán a lo largo del curso (álgebra, cálculo, etc.).

70 respuestas

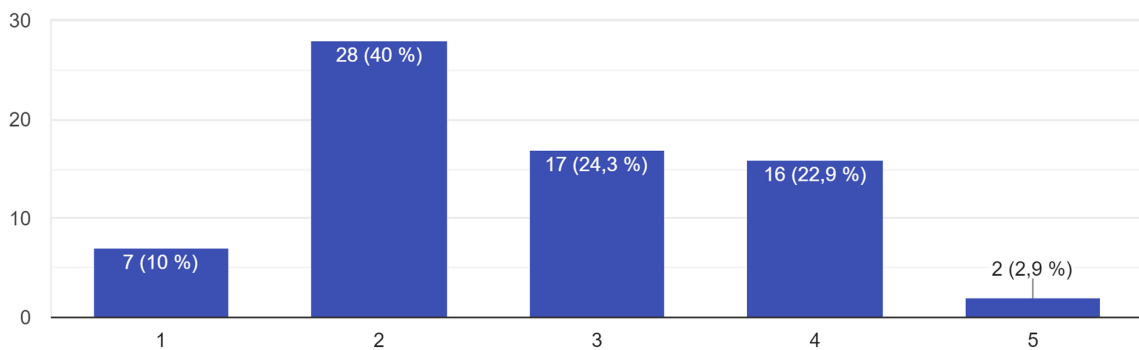


Figura N°3. Encuesta inicial pregunta sobre herramientas matemáticas

¿Cuán capaz te sientes ahora de poder utilizar herramientas matemáticas para describir fenómenos físicos y resolver problemas asociados a ellos?

55 respuestas

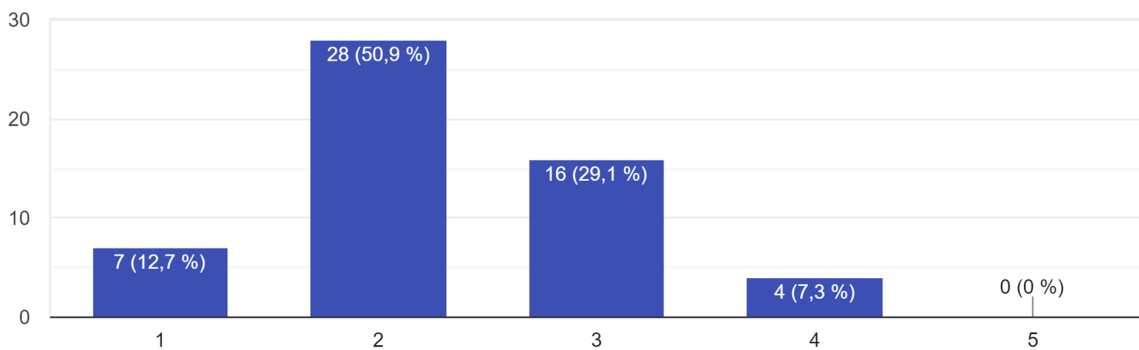


Figura N°4. Encuesta final pregunta sobre herramientas matemáticas

De las figuras 3 y 4, se puede observar que al principio un 50% (35 estudiantes) de los encuestados se sienten identificados con la inseguridad en cuanto al manejo con las

herramientas matemáticas, lo que refuerza la idea de la percepción negativa que se tiene con este curso al momento de empezarlo por parte de las y los estudiantes, tras el final de la innovación vemos que un 93% (51 estudiantes) de los encuestados valoran de indiferente a bien en su manejo de las herramientas, lo cual es una mejora considerando lo visto al inicio de la innovación, pero sigue existiendo cierta incertidumbre sobre estas, lo que nos permite ver que sigue habiendo un espacio de mejora para el ámbito de las herramientas matemáticas y reforzar la seguridad de estas.

Además de lo anterior, cabe destacar que la metodología utilizada, donde se aplican con ejemplos ingenieriles los principios científicos para desarrollar las habilidades matemáticas tuvo un recibimiento mayoritariamente positivo por parte de las y los estudiantes donde un 93% (51 estudiantes) de los encuestados encontró útil esta modalidad, como se puede observar en el siguiente gráfico, donde 1 es positivo (totalmente de acuerdo) y 5 es negativo (totalmente en desacuerdo):

¿Cuán útil consideras que fue el que se te presentaran aplicaciones directas de la física en el mundo profesional para mejorar tus habilidades de modelamiento matemático?

55 respuestas

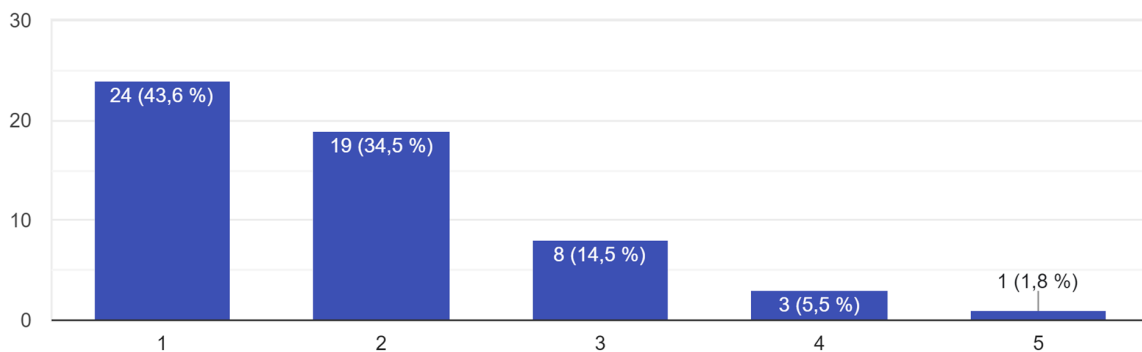


Figura N°5. Encuesta final pregunta aplicaciones contenido y modelamiento matemático

En cuanto a la percepción del curso, se puede observar que se logró mejorar esta ya que inicialmente se tenía que un 46% (32 estudiantes) de los encuestados tenían una percepción positiva del curso, mientras que un 34% (24 estudiantes) de los encuestados indiferente y un 20% (14 estudiantes) de los encuestados una opinión negativa, como se puede observar en el siguiente gráfico, donde 1 es positivo (totalmente de acuerdo) y 5 es negativo (totalmente en desacuerdo):

¿Cuál es tu percepción u opinión sobre el curso "Introducción a la Física Moderna"?

70 respuestas

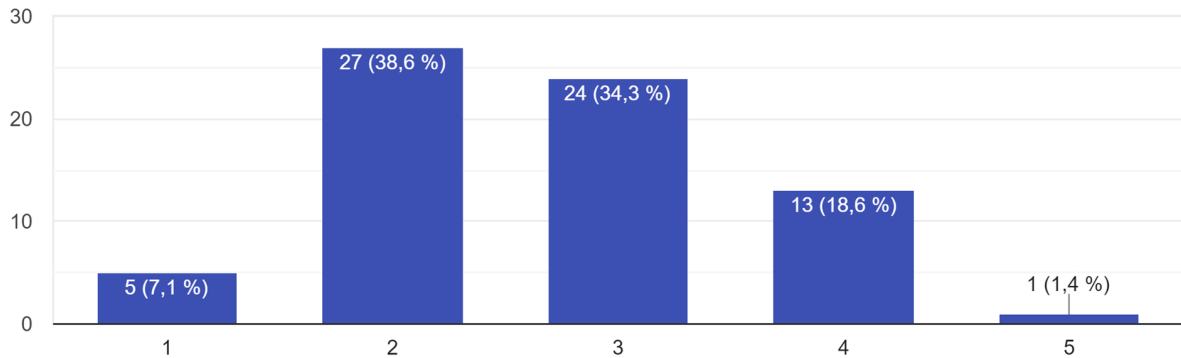


Figura N°6. Encuesta inicial: pregunta sobre percepción del curso.

Mientras que al momento de observar el final de la innovación se observa que un 71% (39 estudiantes) valora positivamente el curso o tienen una percepción positiva, mientras que un 16% (9 estudiantes) de los encuestados es indiferente, y solamente un 13% (7 estudiantes) de los encuestados tiene una valoración negativa, como se observa en el siguiente gráfico, donde 1 es positivo (totalmente de acuerdo) y 5 es negativo (totalmente en desacuerdo):

Considerando tu experiencia en el curso de Introducción a la Física Moderna, ¿Cuál dirías que es tu nivel de percepción o valoración de este?

55 respuestas

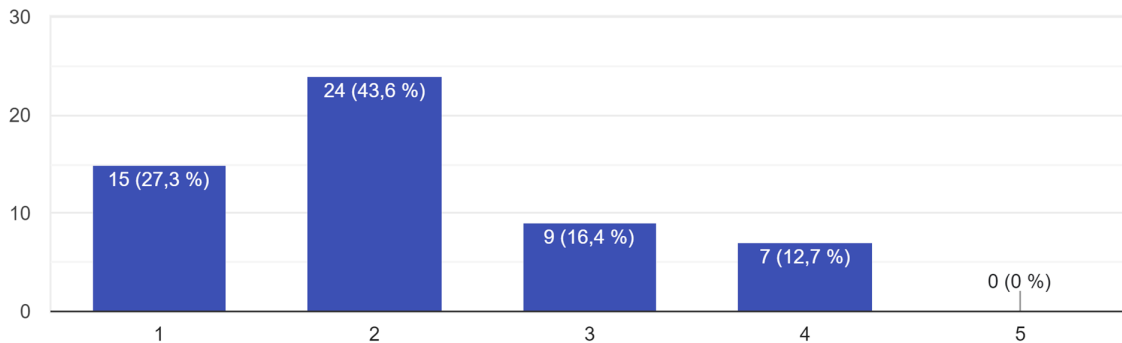


Figura 7. Encuesta final: pregunta sobre percepción del curso.

Tras la segunda encuesta y la implementación de las preguntas abiertas en las cápsulas como guía de estudio, se pudo observar una mejora en el rendimiento al momento de contestar las evaluaciones, donde en los primeros ejercicios se ve un promedio de 4.6 para el primer ejercicio y un promedio de 5.2 para el segundo, mientras que los últimos 2 ejercicios tienen un promedio de 6.6 y 5.8 respectivamente, lo que evidencia un mejor rendimiento en estos tras la modificación hecha.

Esto mencionado previamente no es lo único que se trabajó en esta innovación, ya que también se buscó la mejora en otros aspectos, como lo fue el trabajo en equipo, esta práctica permitió

un mejor recibimiento de la innovación, ya que según las encuestas también fue recibida de manera principalmente positiva, un 95% (52 estudiantes) de los encuestados consideró provechoso el trabajo en equipo y un 78% (43 estudiantes) de los encuestados considera que mejoró sus habilidades de trabajo en equipo.

Cabe mencionar que durante el proyecto la universidad experimentó una paralización estudiantil, la cual tuvo efectos en cómo las y los estudiantes recibieron los contenidos, lo cual no se tiene contabilizado en los resultados, por lo que se desconoce sus efectos sobre los resultados del rendimiento de la innovación.

CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto de innovación docente en el curso de "Introducción a la Física Moderna" ha demostrado ser una intervención significativa y efectiva para mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes de ingeniería en la Universidad de Chile. A través de la implementación de cápsulas audiovisuales interactivas y actividades prácticas presenciales, se logró abordar las dificultades iniciales relacionadas con la percepción negativa del curso y la falta de conexión entre los conceptos físicos y sus aplicaciones matemáticas y prácticas.

Los resultados del proyecto indican una mejora en la comprensión de los conceptos fundamentales de la física por parte de los estudiantes, así como un incremento en su capacidad para aplicar herramientas matemáticas en la resolución de problemas reales, esto se cuantificó haciendo la comparación de las notas obtenidas en cada una de las actividades, como también haciendo una separación entre la primera y segunda mitad tras implementar algunas modificaciones para mejorar el desempeño de las y los estudiantes. Además, el uso de tecnología y metodologías activas de aprendizaje fomentó una mayor participación y motivación entre los estudiantes, lo que se reflejó en un ambiente de aprendizaje más dinámico y colaborativo.

Específicamente, la combinación de aprendizaje asincrónico mediante cápsulas audiovisuales y actividades colaborativas sincrónicas permitió a los estudiantes reforzar su comprensión a través de la práctica y la discusión. El apoyo del equipo docente y las herramientas tecnológicas proporcionadas jugaron un papel crucial en el éxito del proyecto, facilitando un aprendizaje más intuitivo y accesible.

En conclusión, este proyecto ha logrado mejorar la percepción del curso por parte de los estudiantes, también ha sentado las bases para futuras innovaciones en la enseñanza de la física y otras disciplinas en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. La integración de recursos audiovisuales y metodologías pedagógicas activas ha demostrado ser una estrategia poderosa para enfrentar los desafíos educativos contemporáneos, asegurando que los estudiantes no solo aprendan los conceptos, sino que también sean capaces de aplicarlos de manera efectiva en su futuro profesional.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de innovación docente no habría sido posible sin el apoyo y la colaboración de varias personas a quienes nos gustaría expresar nuestro agradecimiento. En primer lugar, agradecemos al Área para el Aprendizaje de Ingeniería y Ciencias (A2IC) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, por su continuo respaldo y por proporcionar los recursos necesarios para llevar a cabo esta iniciativa. Su compromiso con la excelencia educativa ha sido fundamental para el desarrollo de este proyecto. Deseamos extender nuestro agradecimiento al Centro de Producción Audiovisual (CPA) por su valiosa contribución en la creación de las cápsulas audiovisuales. Asimismo, queremos expresar nuestro profundo reconocimiento al Profesor Benjamin Herrmann del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIMEC), Universidad de Chile, por facilitarnos la herramienta que hizo posible la creación de los videos (*lightboard*). Finalmente, agradecemos al Profesor Domenico Sapone del Departamento de Física (DFI), Universidad de Chile, por su inestimable apoyo académico en la postulación a este proyecto de innovación docente.

BIBLIOGRAFÍA

1. Astalini, A., Darmaji, D. A., Kurniawan, D., & Chen, D. (2021). Students' Perceptions of Mathematical Physics E-Module on Multiple Integral Material. *Journal of Education Technology*.
2. Ben-Av, M. B., & Gurevich, I. (2018). Students' Perception of the Mathematical Classroom When Integrating Digital Technologies. *EDULEARN18 Proceedings*.
3. Castro, R. Blended learning in higher education: Trends and capabilities. *Educ Inf Technol* **24**, 2523–2546 (2019).
4. Medina Herrera, L., Castro Pérez, J., & Juárez Ordóñez, S. (2019). Developing Spatial Mathematical Skills through 3D Tools: Augmented Reality, Virtual Environments, and 3D Printing. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*.
5. Noor, N. M., Alwadood, Z., Sulaiman, H., & Halim, S. I. A. (2019). The Prospect of Teaching and Learning Engineering Mathematical Courses using Learning Tool. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*.
6. Sulaiman, F. (2010). Students' Perceptions of Implementing Problem-Based Learning in a Physics Course. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*.
7. Zambrano Briones, María Auxiliadora, Hernández Díaz, Adela, Mendoza Bravo, Karina Luzdelia. (2022). El aprendizaje basado en proyectos como estrategia didáctica. *Conrado*, 18(84), 172-182.