

Aula invertida en mecánica clásica: optimizando recursos de la virtualidad

Flipped classroom in classical mechanics: optimizing
virtual resources

Cecilia Fernández Gauna^{1*}, Belén Planes^{1,2}, María Clara Zonana¹ y Marcela Calderón¹

¹ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Cuyo, Padre Contreras 1300, CP 5000, Mendoza, Argentina.

² CONICET

*E-mail: cfgauna@gmail.com

Recibido el 30 de septiembre de 2022 | Aceptado el 24 de octubre de 2022

Resumen

La pandemia forzó al sistema educativo a una transición abrupta a la modalidad virtual y los docentes nos adaptamos reinventando nuestras prácticas. Nuestro objetivo es capitalizar lo aprendido y producido, proponiendo estrategias de enseñanza superadoras. Se presenta la metodología de enseñanza virtual planteada en Física General I durante la pandemia y los resultados obtenidos en el rendimiento y la permanencia de los estudiantes. Además se muestra una propuesta de metodología de enseñanza híbrida que se está implementando actualmente, donde a través del aula invertida se utiliza el material producido para la educación en pandemia complementándolo con actividades de aprendizaje activo en las clases presenciales y un sistema de evaluación formativa continua. Los resultados preliminares indican buen rendimiento y permanencia en la primera fase de implementación.

Palabras clave: Enseñanza de la física; Educación virtual; Aula invertida; Mecánica Newtoniana.

Abstract

The pandemic forced the education system to make an abrupt transition to the virtual modality and we teachers adapted quickly by reinventing our practices. Our goal is capitalize on what has been learned and produced, proposing superior teaching strategies. The virtual teaching methodology proposed in General Physics I during the pandemic and the results obtained in the performance and permanence of the students are presented. In addition, a proposal for a hybrid teaching methodology that is currently being implemented is shown, where the material produced for pandemic education is used through the flipped classroom, complementing it with active learning activities in face-to-face classes and a system of continuous formative evaluation. Preliminary results indicate good performance and permanence in the first phase of implementation.

Keywords: Physics teaching; Virtual education; Flipped classroom; Newtonian Mechanics.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema educativo sufrió una transición abrupta hacia la modalidad virtual a raíz de la pandemia por covid-19, donde los docentes tratamos de adaptarnos reinventando nuestras prácticas. Esta transición implicó un desafío profundo que se vio agravado en aquellas materias que por su naturaleza tienen mayor proporción de actividades prácticas, como la resolución de problemas y la realización de experiencias de laboratorio. Tal fue el caso de Física General I, una asignatura de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo). Este espacio curricular corresponde al segundo semestre del primer año y se dictó históricamente en modalidad presencial pero durante los ciclos 2020 y 2021 se tuvo que implementar una modalidad virtual por las disposiciones sanitarias.

La materia tiene cada año alrededor de 120 estudiantes y cuenta con un equipo de docentes (profesores, auxiliares y tutores) distribuidos en 5 extensiones áulicas de la FCEN.

Física General I es una asignatura estructurada en diez unidades temáticas, que aborda los conceptos de la Mecánica Newtoniana, incluyendo cinemática, leyes de Newton para el movimiento traslacional, rotacional y combinado, energía mecánica, gravitación, movimiento armónico simple y fluidos. Para adaptarse a la enseñanza virtual durante la pandemia se optó por la plataforma *Moodle* y se elaboró una gran cantidad de material como: apuntes producidos por el plantel docente, presentaciones en diapositivas con los temas de cada unidad, guías de trabajos prácticos para la resolución de problemas en orden de complejidad creciente, guías de trabajos de laboratorios caseros y remotos, y principalmente el recurso más novedoso producido en la pandemia fue una serie de videos de clases tanto de contenidos teóricos como de resolución de problemas y de prácticas de laboratorio que se brindaban semanalmente a los estudiantes en la plataforma *Moodle* en formato de clases asincrónicas que ellos podían ver en los momentos en los que cada situación particular se los permitiera. Esto se hizo teniendo en cuenta la falta de dispositivos individuales en las familias, las fallas de conectividad en horas pico, las obligaciones laborales de los estudiantes, entre otros inconvenientes que se observaron en la pandemia.

Para acompañar el proceso de aprendizaje de los estudiantes se diseñaron dos estrategias, por un lado un sistema de 4 horarios semanales de consultas sincrónicas distribuidas en distintos días y franjas horarias para que pudieran acceder todos los alumnos, y por otro lado un sistema de evaluación continua en el que semanalmente los estudiantes debían responder cuestionarios de contenidos teóricos, entregar videos de producción personal mostrando la resolución de algunos problemas seleccionados por los docentes y entregar informes de las prácticas de laboratorio tanto caseras (experimentos sencillos que se podían hacer con elementos e instrumentos que habitualmente se encuentran en los hogares) como remotas (experimentos hechos y filmados por los docentes en los laboratorios de la FCEN, de los cuales los estudiantes tenían que hacer el análisis de datos, elaboración y comunicación de resultados). Para la corrección de prácticas se dividió al total del alumnado en comisiones, cada una de las cuales estaba a cargo de un docente y para garantizar criterios de evaluación uniformes se elaboraron rúbricas de corrección en la plataforma *Moodle*, producto de reuniones de equipo donde se acordaban las categorías, niveles y criterios de corrección.

Se percibió que bajo la modalidad virtual el rendimiento de los estudiantes fue levemente superior y la deserción levemente inferior. Eso nos llevó a pensar que la utilización de recursos generados durante la virtualidad podría potenciar la eficacia de las clases presenciales y lograr mejores aprendizajes para mayor número de estudiantes, teniendo presente lo que sostiene C. B. Anriquez:

Los docentes universitarios tenemos una responsabilidad ética y moral para transmitir una buena enseñanza, una enseñanza flexible, oportuna, reflexiva, acorde a los tiempos que se viven, a los contextos inmediatos, a la sociedad determinada, transmitir un currículo moral y de esperanza, sobre todo (...) una educación que transforme a la sociedad. (Anriquez, 2021, p. 26)

Los objetivos de este trabajo son:

- Describir y presentar la metodología de enseñanza virtual implementada durante la pandemia en una materia que exige un buen desarrollo del aprendizaje conceptual al mismo tiempo que tiene un alto contenido de actividades prácticas, tanto de resolución de problemas como experimentales.

- Mostrar una propuesta de metodología de enseñanza híbrida que combina la educación virtual y presencial, que se considera que puede ser superadora en cuanto a los resultados de aprendizaje logrados por los estudiantes.

La propuesta mencionada está siendo llevada a cabo por primera vez en este semestre y se explica en detalle en la sección de Metodología. En la sección de Resultados se esbozarán los análisis preliminares que se han obtenido hasta la fecha y en la última sección se debatirán las conclusiones actuales de la implementación.

II. METODOLOGÍA

En el presente ciclo lectivo se ha propuesto implementar la metodología de aula invertida en el dictado de Física I, entendiendo esta como la metodología en donde “*el estudiante tiene el primer contacto con el contenido que irá a aprender a través de actividades extras, previas a la sala de clase, en donde cuentan con la ayuda del profesor para realizar tareas asociadas a la resolución de problemas*” (Bergmann y Sams, 2012)-

Siguiendo lo sugerido por Espinosa T. *et al.* (2018), los docentes de la cátedra han asumido la responsabilidad de seleccionar y organizar el material de estudio producido durante los ciclos 2020 y 2021, para auxiliar a los estudiantes. De esta manera, se brindan las clases grabadas para ser observadas por el alumnado una semana antes de su tratamiento en clase, en donde se prioriza la resolución de sus dudas respecto a lo estudiado, y el desarrollo de cuestiones específicas no tratadas en el material previo.

El proceso de enseñanza está articulado sobre tres ejes interconectados, como se muestra en la figura 1, desde los cuales se accede al conocimiento de la física:

- Aspectos teóricos,
- Aspectos de la resolución de problemas y
- Aspectos experimentales.

Se proponen distintos tipos de actividades, para promover el aprendizaje focalizado en cada uno de estos ejes y también se plantean otras actividades a las que llamamos “puentes” porque tienden a ayudar a los estudiantes a conectar los aprendizajes de un aspecto con los otros dos, reforzando así permanentemente los tres y construyendo el conocimiento integral de la física.

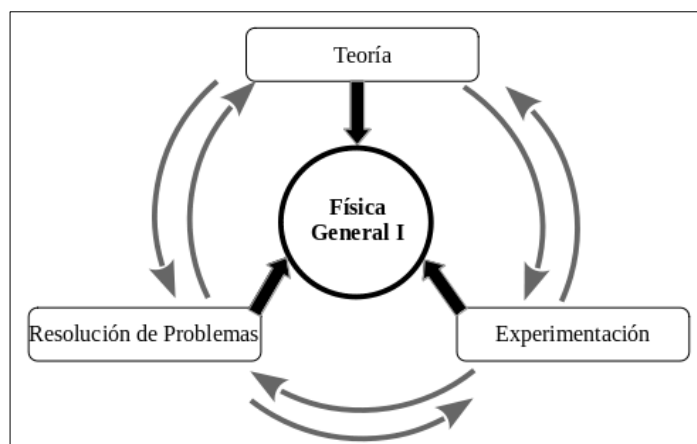


FIGURA 1. Esquema de tres ejes interconectados para el aprendizaje de la física: las flechas gruesas representan las actividades vinculadas al desarrollo de los aspectos teóricos, la resolución de problemas y la experimentación. Las flechas grises representan las actividades puente que favorecen la conexión entre los aprendizajes adquiridos en uno de los aspectos con los otros dos. Se construye así el conocimiento integral.

Dice Melina Furman (2021),

...las investigaciones muestran (...) que las pedagogías más espontaneístas (...) no funcionan para la gran mayoría de los estudiantes, que necesitan de un docente intencional que organice, desafíe, modelice, repregunte y ayude a organizar las ideas. (p. 116)

(...) la inclusión de TIC no garantiza la buena enseñanza, a menos que esté al servicio de un propósito pedagógico claro. Pero puede ser una herramienta para potenciar. Mencionamos ya el enfoque de aula invertida como modo de aprovechar mejor el tiempo cara a cara con el docente y ofrecer a los alumnos la posibilidad de ver la exposición de contenidos a su ritmo y más de una vez. (Furman, 2021, p. 129)

La cátedra coincide totalmente con esas aseveraciones, por lo que se propone la implementación de la metodología de aula invertida también haciendo uso de la plataforma *Moodle*. La plataforma está organizada para entregar semanalmente material de estudio a los estudiantes, el cual está articulado según los ejes de la figura 1. Cada semana se aborda una unidad temática nueva y se pone a disposición una serie de materiales que se detallan a continuación.

A. Aspectos teóricos

Se ponen a disposición videos con clases abordando contenidos teóricos, en las que un docente explica los tópicos fundamentales de la unidad. Para acompañar al estudiante en la autoevaluación de su comprensión se han diseñado cuestionarios sobre los aspectos teóricos abordados en los videos (pretest teórico) que le permiten saber qué conceptos ha comprendido y cuáles debe reforzar. Además se les facilita la bibliografía en formato pdf y se les indican los capítulos del libro que corresponden a cada unidad. Esta estrategia tiene un doble beneficio, por una parte los docentes llegan a la clase sabiendo qué temas les han costado más comprender a los estudiantes y pueden diseñar su clase enfatizando sobre estos aspectos; por otra parte, los alumnos llegan a la clase presencial conociendo parcialmente el tema, lo que permite optimizar el encuentro presencial y generar debates en los que se fomenta el desarrollo de habilidades como la argumentación. Al finalizar la clase se les toma un nuevo test (postest teórico) en el que se evalúa

la comprensión de los mismos tópicos que en el cuestionario mencionado, esto sirve para evaluar la eficacia de la clase presencial y conocer los aspectos que es necesario continuar reforzando porque aún no se han comprendido.

Tanto el pretest como el postest tienen como objetivo realizar una evaluación continua, en la cual el alumno solo puede obtener beneficios si contesta en forma adecuada pero no es penado en el caso de no hacerlo, de manera que se genere como dice Furman:

Se trata de construir un entorno de confianza en el que puedan explorar e intentar diversas maneras de hacer las cosas sin temor a equivocarse, en el que el error no sea penalizado sino utilizado como punto de partida para seguir pensando y mejorando; de generar en el aula un ambiente de bajo riesgo, en el que aprender sea una aventura compartida. (Furman, 2021, p. 103)

B. Aspectos de la resolución de problemas

Se ponen a disposición guías de resolución de problemas diseñadas en orden creciente de complejidad tanto en lo que respecta a la comprensión de las leyes o principios físicos que se deben aplicar para resolver los problemas, como en lo que respecta a la complejidad de los procesos matemáticos. Además se entregan videos en los que un docente de la materia resuelve detalladamente algunos de los problemas propuestos en la guía, a este recurso también se le suma la entrega de una presentación en diapositivas con todos los pasos (y la justificación correspondiente) necesarios para resolver cada problema. Esta estrategia les permite a los estudiantes ir avanzando en el desarrollo de las habilidades de resolución de problemas antes de tener la clase presencial, permitiendo durante la misma abordar las dudas concretas. Al finalizar la clase de resolución de problemas los estudiantes que así lo desean resuelven de manera individual un problema integrador no incluido en la guía (postest de Resolución de Problemas), que los docentes elaboran especialmente cada semana para que los alumnos puedan autoevaluar su comprensión de forma continua.

C. Aspectos experimentales

Se proponen siete prácticas de laboratorio con frecuencia quincenal. Una semana antes de hacer cada práctica a los estudiantes se les entrega material de lectura elaborado por los docentes de la materia sobre distintos aspectos experimentales: tratamiento de errores en mediciones directas e indirectas, características de los instrumentos de medición y uso de los mismos, estrategias para la redacción de informes, entre otros.

Una competencia muy importante en la formación científica es la habilidad para comunicar resultados a través de la redacción de informes. El ámbito de los aspectos experimentales es el más apropiado para desarrollar esta competencia, por lo que en todos los casos se les pide la elaboración individual de un informe de laboratorio. El sistema de evaluación consiste en la aplicación de una rúbrica en la que se han construido distintas categorías para analizar el nivel de desarrollo de capacidades como redacción de objetivos, presentación de resultados en forma de tablas o gráficos, análisis y reporte de resultados y elaboración de conclusiones.

D. Actividades puente

Dentro de cada uno de estos aspectos también se proponen lo que llamamos “actividades puente” tendientes a facilitar la conexión que los estudiantes deben hacer con los otros dos aspectos, esto se ilustra en la figura 2 en la que se esquematiza lo siguiente:

(a) Dentro de las actividades destinadas principalmente al desarrollo de contenidos teóricos:

(I) Se practica la resolución de problemas resolviendo ejemplos a modo de aplicación de los conceptos que se van desarrollando.

(II) Se usan simulaciones de sistemas experimentales y videos de experimentos reales para mostrar la validez de los principios y leyes.

(b) Dentro de las actividades destinadas principalmente a la resolución de problemas:

(I) Se les enseña a los estudiantes a fundamentar conceptualmente las ecuaciones matemáticas que se plantean para resolver un problema. Este paso de fundamentación se les exige en todas las instancias de evaluación de los aspectos de la práctica.

(II) Se incluyen dentro de las guías de trabajos prácticos problemas similares a los sistemas de la práctica de laboratorio. La práctica de problemas siempre es anterior a la práctica de laboratorio, por lo tanto cuando el estudiante llega a la experimentación y debe modelar el sistema, le resulta más fácil porque ese mismo sistema ya lo ha planteado en la resolución de problemas y le ha dado la fundamentación conceptual correspondiente.

(c) Dentro de las actividades destinadas principalmente a la experimentación:

(I) A modo demostrativo, se comienza mostrándoles el sistema y el experimento que luego deberán hacer. Después de la etapa de “observación del experimento” se les pide que lo modelen, esto significa que lo primero que los estudiantes deben hacer es plantear las leyes o principios físicos que gobiernan el experimento. Además en el informe de laboratorio deben incluir un apartado en el que dan el marco teórico de cada experiencia.

(II) Como se dijo anteriormente, los sistemas experimentales que se abordan en el laboratorio han sido incluidos en formato de problemas en las guías correspondientes, por lo tanto cuando el alumno hace el modelado del fenómeno debe volver a resolver un problema similar al de la práctica, pero esta vez con el objetivo de obtener expresiones de las variables a medir.

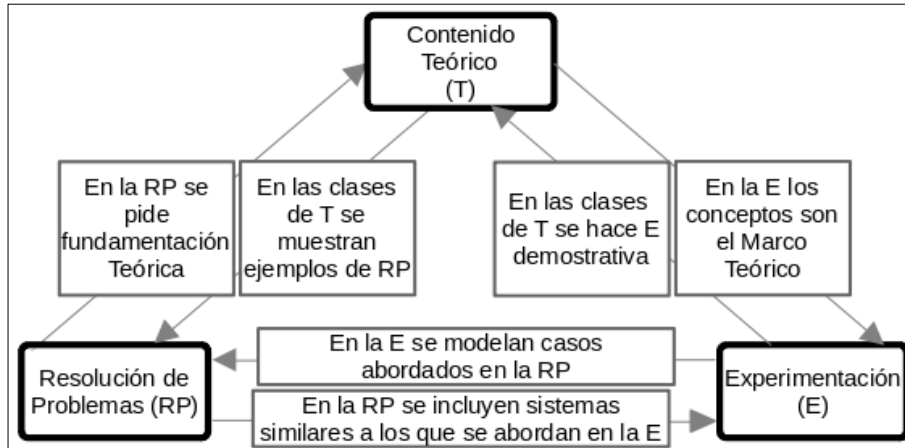


FIGURA 2. Esquema que describe cómo desde cada espacio de la materia se plantean actividades de articulación e integración con los otros dos espacios.

III. RESULTADOS

En esta sección se abordarán resultados preliminares de la puesta en práctica de la metodología de aula invertida, detallada en la sección anterior. Si bien aún nos queda un camino por recorrer creemos que es valioso en toda etapa del proceso educativo autoevaluarnos de manera continua para poder alentar en el equipo docente las prácticas que muestren un resultado positivo y adecuar a tiempo las que sean necesarias a fin de generar en los estudiantes el alcance de los objetivos propuestos.

En primer lugar, se muestra en la figura 3 el porcentaje de estudiantes que aprobaron y de estudiantes que abandonaron el curso de Física General I durante los ciclos lectivos 2018-2019 (dos años con modalidad presencial) y los ciclos lectivos 2020-2021 (dos años con modalidad virtual). Durante la educación virtual el rendimiento de los estudiantes subió un 9 % mientras que el abandono bajó levemente, un 2 %. Estos resultados, sumados a la valoración que hicieron los estudiantes sobre la disponibilidad de clases que ellos podían ver de forma asincrónica, son los que nos permitieron pensar que estos materiales podían reutilizarse en la modalidad presencial aplicándolos al diseño de un aula invertida.

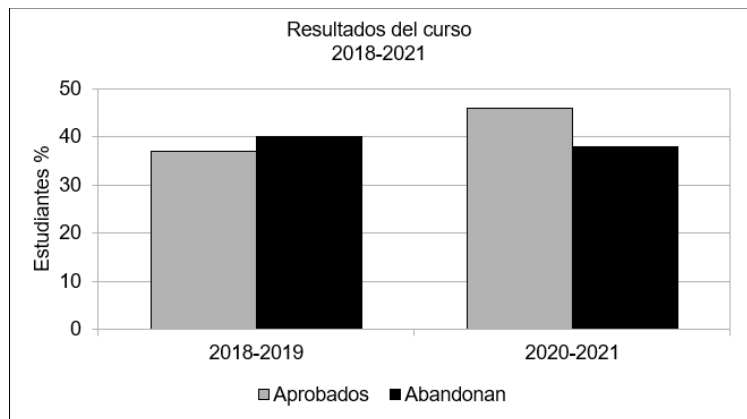


FIGURA 3. Porcentaje de estudiantes que aprobaron (en color gris) y que abandonaron (en color negro) el curso de Física General I, durante dos años de educación con modalidad presencial y dos años con modalidad virtual.

Durante el primer mes de clase transitado, hemos realizado un análisis preliminar de la estrategia implementada: la figura 4 muestra resultados obtenidos con la modalidad de aula invertida durante este periodo, donde se abarcaron conocimientos sobre cinemática y dinámica. Se reportan los resultados obtenidos por los estudiantes en las evaluaciones de posttest teórico y posttest de resolución de problemas. Cabe mencionar que estas evaluaciones son voluntarias y los estudiantes las rinden semanalmente, el gráfico muestra el promedio obtenido por los estudiantes en las primeras 4 semanas de clases. Se puede observar que el rendimiento es bueno ya que en ambos casos es superior al 50 %.

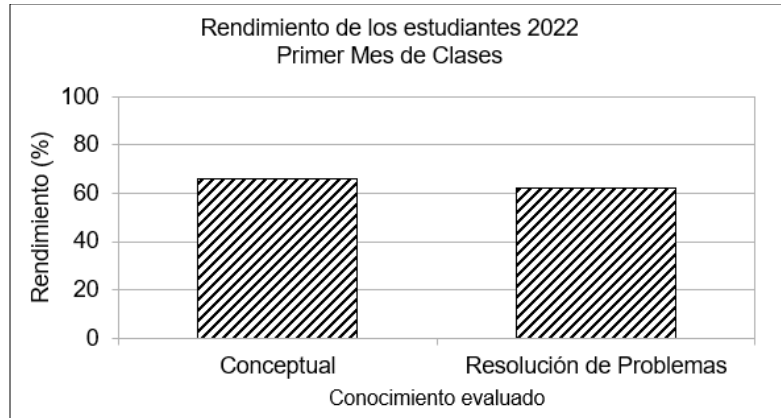


FIGURA 4. Rendimiento (expresado en porcentaje) de los resultados de los posttest teóricos y de resolución de problemas desarrollados durante el primer mes de implementación de aula invertida.

Finalmente se analiza la tasa de asistencia a clases presenciales de los estudiantes durante el primer mes del cuatrimestre, tomando como valor de referencia el total de alumnos inscriptos para la cursada, que coincide con el número de estudiantes que asistió la primera semana. Los datos se muestran en la figura 5, donde se puede observar que la tasa de asistencia se ha mantenido elevada en un valor cercano al 80 % y se mantiene semana a semana. Es importante mencionar que los estudiantes se muestran motivados por estar teniendo clases presenciales por primera vez después de dos años y han manifestado que tanto las clases grabadas en formato de videos como el sistema de evaluación continua les ha ayudado a seguir la materia activamente.

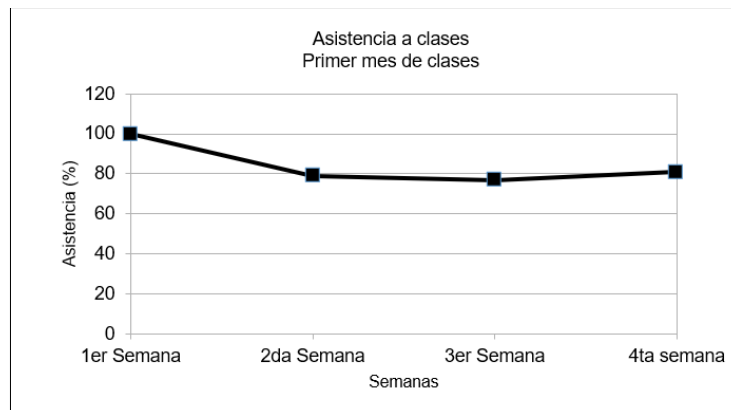


FIGURA 5. Tasa de asistencia a clases presenciales de los estudiantes tomando como referencia el total de alumnos inscriptos.

IV. CONCLUSIONES

En el presente artículo se detalló la metodología implementada durante la virtualidad repentina introducida por la pandemia covid-19 durante los ciclos 2020 y 2021 en el dictado del espacio curricular semestral Física 1, correspondiente al primer año de todas las carreras de la FCEN, UNCuyo. Se puede resaltar que:

- Se elaboró gran cantidad de material tanto en formato audiovisual como en formato de guías de lectura, de resolución de problemas y de aspectos experimentales.

- El material elaborado y el diseño de un sistema de evaluación continua tuvieron un impacto positivo sobre el rendimiento de los estudiantes, ya que los resultados obtenidos durante los dos años de pandemia fueron mejores tanto en rendimiento como en disminución de la tasa de abandono de la materia.

También se describió la metodología de aula invertida diseñada para implementar durante el segundo semestre del ciclo lectivo 2022. En dicho diseño se han capitalizado todos los recursos didácticos que se generaron durante la pandemia y se hizo un análisis preliminar de los resultados obtenidos hasta ahora. En este sentido se puede destacar que:

- La propuesta es atractiva para los estudiantes, ya que no se observa crecimiento en la tasa de abandono de la materia durante el primer mes de clases.

- La propuesta es eficiente porque los estudiantes obtienen buenos resultados en los exámenes semanales tanto teóricos como de resolución de problemas.

Por lo expresado anteriormente se puede afirmar que los resultados preliminares muestran que la modalidad de aula invertida y el sistema de evaluación continua diseñados para este curso son apropiados y propician el aprendizaje de los distintos aspectos de la física.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen las enriquecedoras discusiones sobre la implementación de la metodología propuesta con el Dr. Armando Guillermet. Esta investigación se enmarca dentro del Proyecto de Innovación y Transferencia en Prácticas Educativas, en el marco de TRACES 2021-2022 de la FCEN (Resolución EXP_E-CUY 35955/2021). Se agradece a la Secretaría de Investigación, Internacionales y Posgrado de la UNCuyo por el apoyo otorgado mediante el proyecto 06/M016-T1 (Resolución RE 2118/2022).

REFERENCIAS

Anriquez, C. B. (2021). El desafío de enseñar en aulas sin paredes. La certeza de la incertidumbre. *Revista de la Enseñanza de la Física*, 33, 23-27.

Bergmann, J. y Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Washington: International Society for Technology in Education.

Espinosa T., Solano Araujo I., Veit, E. A. (2018). Aula invertida (flipped classroom): innovando las clases de física. *Revista de Enseñanza de la Física* 30, 59- 73.

Furman, M. (2021). *Enseñar distinto: guía para innovar sin perderse en el camino*. Buenos Aires: Siglo XXI Editores Argentina. (Educación que Aprende).