

Aprendiendo a aprender en un aula universitaria: implementando un diseño instruccional en una clase de Física

Learning to Learn in a University Classroom: The Implementation of an Instructional Design in a Physics Course

Germán Vidaurre Fallas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
german.vidaurre@ucr.ac.cr
ORCID: 0000-0002-6937-5308

Recibido: 19-03-2024

Aprobado: 20-11-2024

Adrián Gamboa Gamboa
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica
adrian.gamboagamboa@ucr.ac.cr
ORCID: 0000-0001-6631-4094



Resumen

Se presentan detalles y resultados de la implementación de un diseño instruccional, acompañado de un aula invertida, en una clase de Física General I, asignatura de servicio para las carreras de Ingeniería y algunas Ciencias de la Universidad de Costa Rica, que se nutre de teorías del aprendizaje como el conectivismo y teoría de la actividad. La mediación realizada tuvo por objetivo el desarrollar en el estudiantado la capacidad de integrar la construcción de conceptos disciplinares con el desarrollo de competencias transversales. Se hibridó el desarrollo de la asignatura con actividades mediadas a través de un entorno virtual de aprendizaje y actividades presenciales que promovieron un aprendizaje auténtico y colaborativo. Se identificaron ventajas respecto al aula invertida y a la implementación de un diseño instruccional como enfoque pedagógico para el aprendizaje de la ciencia, la construcción de conceptos disciplinares, el desarrollo de hábitos de estudio y de competencias transversales.

Palabras clave: aprendizaje activo; enseñanza de la física; física.

Abstract

Details and results of the implementation of an instructional design, accompanied by a flipped classroom, into a General Physics class, program for Engineering and some Sciences majors of the *Universidad de Costa Rica*, which is fed by learning theories such as connectivism and activity theory. The mediation conducted was aimed at developing in students the ability to integrate the construction of disciplinary concepts with the development of transversal competencies. The development of the contents and thematic units was hybridized with activities mediated through a virtual learning environment and face-to-face activities that promoted authentic and collaborative learning. Advantages were identified regarding the flipped classroom and the implementation of an instructional design as a pedagogical approach to learning science, the construction of disciplinary concepts, the development of study habits and transversal competences.

Keywords: active learning; physics education; physics.

Introducción

La educación contemporánea busca fomentar el aprendizaje activo y autónomo, desafiando los modelos tradicionales centrados en la figura docente como única fuente de conocimiento. En este contexto, el aula invertida emerge como una estrategia pedagógica innovadora que revierte el enfoque tradicional, lo que permite a los estudiantes acceder previamente a los contenidos y dedicando el tiempo en clase a actividades colaborativas y de resolución de problemas. Sin embargo, si estas actividades colaborativas y de resolución de problemas no son diseñadas adecuadamente, no impactarán ni en los procesos de aprendizaje ni en los de enseñanza; y con ello, el aula invertida será ineficaz.

El presente estudio se centra en evaluar la efectividad de los diseños instruccionales implementados en una asignatura de Física General I bajo la modalidad de aula invertida, entendido como un proceso sistemático y estratégico que busca crear experiencias de aprendizaje significativas y efectivas. En ese sentido, el diseño instruccional se puede asemejar a la construcción de un mapa detallado para llegar a un destino educativo específico, asegurando que el viaje sea lo más enriquecedor y personalizado posible para el estudiante. A través de un análisis cuantitativo de los datos obtenidos de 238 estudiantes de la Universidad de Costa Rica, se busca determinar cómo estos diseños impactan en el rendimiento académico, la adquisición de conocimientos conceptuales y el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico.

La investigación se enmarca en el campo del diseño instruccional, el cual se fundamenta en teorías cognitivas y constructivistas que enfatizan la importancia de la participación, activa y consciente, del estudiante en su propio aprendizaje. Al adoptar la metodología del aula invertida, se busca promover un aprendizaje más profundo y significativo, al tiempo que se alinea con las tendencias actuales de la educación superior que promueven el uso de tecnologías digitales y el desarrollo de competencias del siglo XXI.

Los resultados de este estudio contribuirán a validar la importancia y eficacia de los diseños instruccionales como estrategia didáctica efectiva y a proporcionar evidencia empírica para la mejora continua de los procesos de enseñanza en diversas disciplinas.

Antecedentes prácticos

Primeramente, cabe señalar que no se posee conocimiento de estudios referentes a la didáctica específica de la física que involucren diseños instruccionales, siendo lo más cercano el desarrollado por Hernández & Tecpan (2017), donde se consideran aulas invertidas en el proceso de formación de docentes de física.

Física General I, parte de un ciclo introductorio, es una asignatura que ofrece la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica (UCR), en el segundo semestre de primer año, a estudiantes de las diferentes ingenierías y ciencias, y en el primer semestre de segundo año a estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales. La asignatura, de modalidad teórica y con carga académica de 4 créditos, consiste en 2 sesiones semanales de 2 horas cada una; tiene como requisito haber aprobado Cálculo Diferencial e Integral I para las y los estudiantes de ingenierías y ciencias, haber aprobado Ecuaciones Diferenciales para las personas estudiantes de Enseñanza de las Ciencias Naturales. Además, tiene como correquisito un laboratorio de 3 horas semanales.

Comúnmente, la asignatura se ha desarrollado siguiendo un modelo curricular entre tradicional y disciplinar, donde se considera a la educación como un proceso de transmisión de la herencia cultural mediante el discurso y la narración y con la evaluación como la herramienta que permite vigilar y clasificar a las personas estudiantes. Siguiendo este enfoque tradicional, el objeto de estudio consta de cuerpos de información y habilidades que se han resuelto en el pasado, por lo que la principal tarea del cuerpo docente es transmitirlos a la nueva generación (Dewey, 1938). Desde un enfoque disciplinar, la asignatura sirve a dos propósitos: 1) enseñar los conceptos físicos fundamentales y 2) enseñar a las y los estudiantes cómo derivar el resto de los conocimientos físicos (Posner, 1998). Bajo este enfoque, frecuentemente se ve al estudiantado memorizando contenido, sin aprender cómo utilizarlo en nuevos escenarios ni en la derivación de nuevo conocimiento.

Desde un planeamiento del programa intencionado y eficaz, el currículo de la asignatura debería establecer cómo enfocar el proyecto educativo, considerando la formulación del problema al que responde, las características del estudiantado, recursos tecnológicos disponibles y la pertinencia social y cultural. Sin embargo, la clase de física propia de la

cátedra de Física General I suele desarrollarse tradicionalmente con un o una docente que asume los contenidos del curso como el contenido curricular de la asignatura. Usualmente, el o la docente cuenta a su haber con el libro de texto, un proyector y al menos 2 pizarras acrílicas y se enfoca en repetir la información contenida en el libro de texto y en resolver uno o varios ejercicios de los que están al final del capítulo o de la sección. La lección tiene a la o al docente como centro; se caracteriza por ser un proceso de enseñanza-transmisión y por carecer de espacios de evaluación y de autoevaluación oportunos, que les permitan a ambos actores valorar los logros del proceso.

Durante las clases de física en la UCR es común ver estudiantes atentos y tomando notas en las primeras filas. Sin embargo, a medida que los estudiantes se alejan de la pizarra, les resulta difícil escuchar al docente y leer lo que está escrito. Es habitual que algunas personas estudiantes presten más atención a sus teléfonos celulares que a la lección.

Debido a prácticas de estudio ineficientes, implementación de un currículo no pertinente, sistemas de aprendizaje memorísticos y repetitivos, resolución de tareas en forma individual y evaluaciones sumativas, el curso de Física General I tiene una alta tasa de repitencia y está identificado como uno de los cursos responsables de gran parte de la repitencia a nivel institucional. A partir de apreciaciones estudiantiles y docentes, se infiere que el estudiantado, al no saber cómo desempeñarse adecuadamente en el aula, adopta actitudes poco responsables y desinteresadas, lo que lleva a la frustración y sobrecarga académica. Por un lado, en lugar de ver las tareas y prácticas como herramientas de aprendizaje, las ven como instrumentos de evaluación y las dejan para el último momento, entregándolas a menudo sin preocuparse si están resueltas correctamente. Además, no aprovechan las horas de consulta y no gestionan eficientemente su tiempo. Durante las discusiones sobre las tareas, la participación estudiantil es escasa, lo que impide aprovechar el tiempo y los esfuerzos tanto del estudiantado como de docentes. A medida que se avanza en el ciclo lectivo, las clases se vuelven magistrales y generan un comportamiento pasivo en los estudiantes, dejando de ser dinámicas, interesantes y participativas. Como resultado, disminuye la asistencia a las clases y se tiende a estudiar la materia en casa, unos pocos días antes de las evaluaciones, sacrificando la realimentación y la discusión con sus pares y docentes, y con un único objetivo: aprobar el examen. Estas condiciones suelen promover aprendizajes superficiales o

nulos. Por otro lado, hay estudiantes que asisten a más de una clase y esperan recibir todo el conocimiento por parte del profesorado, sacrificando el tiempo que podrían utilizar para practicar de manera individual o en grupo.

La tasa de promoción en Física General I es $32\% \pm 10\%$, según registros que abarcan de 2010 a 2015. Aunque esta tasa es considerada alarmantemente baja en varios ámbitos educativos, su persistencia sugiere que este patrón es consistente e independiente de las características del profesorado o estudiantado. Gran parte del estudiantado repite el curso, y en muchos casos, más de una vez. Según el tabla 1, en 2014, aproximadamente 400 estudiantes activos estaban en condición de rezago debido a la asignatura Física I.

Tabla 1. Distribución de la población activa que se encuentra en rezago en el curso de Física General I (FS-0210) a 2014, según área de procedencia.

Área	Personas estudiantes activas
Ingeniería	295
Ciencias Básicas	43
Agroalimentaria	17
Ciencias Sociales	32
Salud	2
Artes	8
Total	397

Fuente: elaborado a partir de Sistema de Aplicaciones Estudiantiles, Universidad de Costa Rica.

De acuerdo con la tabla 2, una gran cantidad de estudiantes activos en situación de rezago ingresaron a la Universidad antes de 2009, lo que significa que llevaban cinco o más años sin poder avanzar en sus programas académicos. En 2017, 234 estudiantes informaron tener calificaciones entre 6 y 6.5 durante los tres años anteriores, de los cuales 94 decidieron volver a inscribirse en la asignatura en el segundo ciclo lectivo de 2017. Además, junto con ellos,

532 estudiantes se matricularon en la asignatura por primera vez y obtuvieron una calificación inferior a 6.0, lo que implica su reprobación.

Tabla 2. Distribución de la población activa a 2014, que se encuentra en rezago debido al curso Física General I (FS-0210), según año de ingreso a la Universidad.

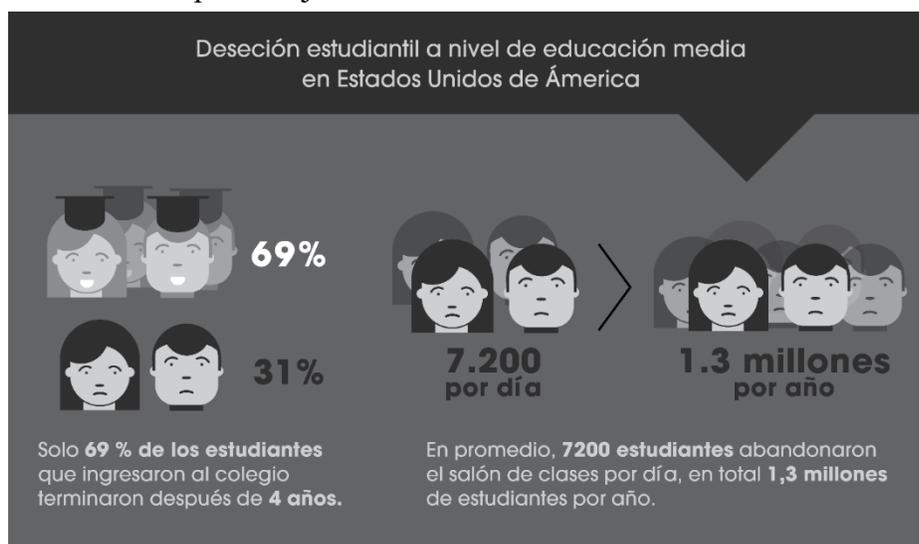
Carné	92	98	97	A3	A4	A6	A7	A8	A9	B0	B1	B2	B3	B4
Número de estudiantes (total 397)	2	2	1	1	1	5	9	17	23	76	102	89	65	4

Fuente: elaborado a partir del Sistema de Aplicaciones Estudiantiles, Universidad de Costa Rica.

Marco teórico

En el aula tradicional, la persona docente instruye y el estudiantado aprende durante la clase. Después de la clase el o la estudiante busca la asimilación de conceptos a través de las tareas. En este modelo tradicional de educación de una sola talla para todos, a menudo resulta en una limitada asimilación del concepto y con consecuencias severas. Según National Center for Education Statistics (2022) en Estados Unidos de América, para 2012 sólo 69% de las y los estudiantes que ingresaron al colegio terminaron 4 años después; con una deserción de 7200 estudiantes por día (Figura 1). Para 2022, la tasa de abandono escolar de jóvenes de 16 a 24 años que no están matriculados en la escuela y no han obtenido una credencial de escuela secundaria (ya sea un diploma o una credencial equivalente, como un certificado GED) fue de 5.3%.

En Costa Rica, y también para 2022, según el Programa Estado de la Nación (2022), 71% de las personas entre 18 y 24 años completaron sus estudios de secundaria. De cada 100 de estas personas, solo 39 acceden a la educación superior. Esta proporción ha venido ascendiendo lentamente desde 2010.

Figura 1. Resultados de aprendizaje de educación media de Estados Unidos de América

Fuente: adaptación de la información extraída de National Center for Education Statistics.

El concepto de *Flipped Classroom* o aula invertida fue acuñado por Jonathan Bergmann y Aaron Sams, profesores de química en Woodland Park High School, en Woodland Park, Colorado. La idea surgió como una solución para evitar que los estudiantes se perdieran las clases. Para lograrlo, estos profesores grababan los contenidos que iban a enseñar y los compartían con sus alumnos, quienes los veían en casa antes de asistir a la clase.

En el abordaje de aula invertida, contrario al modelo tradicional, las personas estudiantes adquieren conocimientos antes de la clase, y durante la clase comparten información, consolidan su aprendizaje y construyen nuevo conocimiento a través de actividades mediadas por el docente. Bergmann y Sams observaron que, con esta nueva metodología, las calificaciones de los alumnos mejoraban de manera significativa. Al invertir las clases, la tasa de reprobación en cursos de Inglés disminuyó del 50% al 19%, y en cursos de matemáticas, del 44% al 13%. Además, los casos de disciplina reportados durante el semestre se redujeron de 736 a 249 (National Center for Education Statistics, 2022).

El aula invertida, basado en la idea de que los estudiantes pueden obtener información en un momento y lugar que no requiere la presencia física del docente, ofrece un enfoque integral para aumentar el compromiso y la participación del estudiantado en el proceso de aprendizaje y posibilita un tratamiento individualizado y oportuno.

El diseño instruccional, apoyado en el aula invertida, abarca todas las fases del ciclo de aprendizaje en la dimensión cognitiva de la taxonomía de Bloom (1956):

- Conocimiento: ser capaz de recordar información previamente aprendida
- Comprensión: “hacer mío” aquello que he aprendido y ser capaz de presentar la información de otra manera
- Aplicación: aplicar las destrezas adquiridas a nuevas situaciones que se me presenten
- Análisis: descomponer el todo en sus partes y poder solucionar problemas a partir del conocimiento adquirido
- Síntesis: ser capaz de crear, integrar, combinar ideas, planear y proponer nuevas maneras de hacer
- Evaluación: emitir juicios respecto al valor de un producto según opiniones a partir de unos objetivos dados

Entre las ventajas de este enfoque pedagógico destacan:

- Le permite a la o el docente realizar durante la clase otro tipo de actividades más individualizadas
- Permite una distribución no lineal de las mesas en el aula, lo cual potencia el ambiente de colaboración.
- Fomenta la colaboración del estudiantado y por tanto refuerza su motivación e involucramiento
- Los contenidos son accesibles al estudiantado en cualquier momento
- Involucra a las familias y allegados en el aprendizaje.

Procedimientos metodológicos

Durante el proceso de matrícula, se ofreció al estudiantado la opción de inscribirse en un grupo adicional con la etiqueta “aula invertida”. De los estudiantes matriculados en los grupos de prueba, algunos estudiantes estaban informados sobre lo que implicaba esta

metodología, otros simplemente esperaban una forma diferente de enseñanza en comparación con el enfoque tradicional, y el resto no tenía conocimiento previo sobre la etiqueta.

Con el objetivo de aprovechar de manera eficiente el espacio y el tiempo, y considerando que el aprendizaje ocurre tanto en el aula como fuera de ella, se adaptó el modelo de Hernández & Tecpan (2017) para implementar una combinación de aula invertida con el uso de un entorno virtual de aprendizaje (EVA). Se llevó a cabo una planificación estratégica del uso de diversos recursos tecnológicos y aplicaciones de la Web 2.0 con el propósito de fomentar el desarrollo de competencias tecnológicas en el estudiantado, en paralelo con la construcción de conceptos disciplinarios y el fomento del pensamiento de orden superior en los dominios cognitivos (como el análisis, la creación y la evaluación).

Las unidades y temas de estudio se abordaron mediante una serie de actividades de aprendizaje que se ejecutaron de previo a la clase, durante y después de la clase, en espacios presenciales o virtuales. Asimismo, estas actividades fueron en algunos casos de naturaleza individual y en otros de naturaleza grupal. En todos los casos, la evaluación y autoevaluación fue casi inmediata, formativa y continua, a través de rúbricas, discusiones entre pares, actividades en línea y otros instrumentos. Vidaurre (2017) desarrolla a profundidad estas actividades y los métodos de evaluación, enfocándose en su impacto cualitativo.

El enfoque de trabajo se formuló a partir de grupos especializados de aprendizaje, con el objetivo promover el desarrollo de competencias transversales y aprovechar las fortalezas individuales de cada miembro, generando sinergia y fomentando un hábito de cooperación.

En este sentido, Michaelsen, Bauman y Dee (2002) han empleado una variedad de términos para describir la práctica de organizar a los estudiantes en grupos reducidos, tales como: grupos de aprendizaje, aprendizaje colaborativo, aprendizaje cooperativo y aprendizaje basado en equipos. A pesar de estas diferencias terminológicas, todos estos enfoques comparten un objetivo común: fomentar un aprendizaje más activo y profundo a través de la interacción entre pares.

El concepto de aprendizaje en grupos pequeños engloba una amplia gama de prácticas pedagógicas que se pueden clasificar en tres niveles de complejidad creciente:

- 1. Uso casual de grupos:** este nivel se caracteriza por una organización espontánea y poco estructurada de los grupos. Tal es el caso de parejas de estudiantes o pequeños grupos que discuten brevemente una idea o resuelven un problema planteado por el docente. Si bien esta práctica puede dinamizar las clases y fomentar la participación, su impacto en el aprendizaje profundo es limitado.
- 2. Aprendizaje colaborativo y cooperativo:** estos enfoques representan un paso adelante en la complejidad, ya que implican una planificación más detallada de las actividades grupales. Se establecen objetivos claros, se asignan roles a cada estudiante y se promueve la interdependencia positiva entre los miembros del grupo. No obstante, el curso en general mantiene su estructura tradicional, y las actividades grupales se integran como componentes adicionales.
- 3. Aprendizaje basado en equipos:** este enfoque supone una transformación más radical de la práctica docente, ya que los equipos de estudiantes se convierten en la unidad central de aprendizaje. Los equipos se forman de manera estratégica y se les asignan tareas complejas que requieren la colaboración de todos sus miembros. El aprendizaje basado en equipos se caracteriza por un alto nivel de estructuración y por la integración de actividades individuales y grupales.

El aprendizaje basado en equipos constituye un enfoque transformador que ofrece varias ventajas significativas:

- **Mayor compromiso:** los estudiantes se involucran de manera más profunda en el aprendizaje cuando trabajan en equipo.
- **Desarrollo de habilidades:** fomenta el desarrollo de habilidades sociales, como la comunicación, la resolución de conflictos y el trabajo en equipo.
- **Aprendizaje significativo:** permite a los estudiantes construir conocimientos más sólidos y duraderos a través de la interacción con sus pares.
- **Preparación para el mundo real:** simula las dinámicas de trabajo colaborativo presentes en muchos entornos profesionales.

Para implementar con éxito el aprendizaje basado en equipos, es necesario que el curso cumpla con dos condiciones fundamentales:

- **Contenido significativo:** el curso debe abordar temas relevantes y complejos que requieran un análisis.
- **Énfasis en la aplicación:** el objetivo principal debe ser que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos para resolver problemas o tomar decisiones.

De esta forma, la implementación del diseño instruccional en grupos especializados de aprendizaje favorece el desarrollo de las siguientes competencias transversales:

- Demuestra capacidad de análisis y síntesis, pensando en forma creativa y analítica, produciendo programas y productos eficientes, planteando y sustentando argumentos, evaluando alternativas y desarrollando conclusiones significativas.
- Integra los conocimientos adquiridos y los aplica a la resolución de problemas reales, reconociendo y analizando nuevos problemas y planeando estrategias para solucionarlos, adaptándose a nuevas situaciones y empleando el razonamiento y el análisis crítico en la síntesis de la información,
- Integra la lógica matemática y la producción verbal, planteando, utilizando e interpretando modelos matemáticos en el análisis del fenómeno físico, utilizando correctamente la calculadora científica, programas de cómputo y TIC en las actividades anteriores y expresándose efectivamente en forma verbal (lectura y escritura) y oral utilizando el léxico propio de la disciplina,
- Trabaja en equipo, comunicándose de forma oral, escrita y no-verbal con sus compañeros, docente y público general, en una variedad de contextos, colaborando e interactuando en el desarrollo de programas y productos y conectando los conceptos, modelos, teorías y principios fundamentales de la disciplina con aspectos específicos de su futura práctica profesional,
- Aprende en forma autónoma, utilizando las TIC para investigar, organizar, evaluar y comunicar información, utilizando conceptos de materias básicas y tecnológicas que le capacite para el aprendizaje autónomo de nuevos métodos y teorías y para abordar nuevas

situaciones, reconociendo la importancia de la física en diversos contextos y su relación con otras disciplinas.

Análisis y discusión de resultados

La evaluación de la asignatura utilizada por la cátedra, de carácter sumativo, consistió en cuatro exámenes parciales y tareas en línea, una por cada capítulo del libro de texto estudiado (13 capítulos). El grupo piloto, además de los elementos de evaluación ya indicados, realizó una serie de actividades en clase, de naturaleza colaborativa y siguiendo una evaluación formativa. La asignatura, tanto para la cátedra como para los grupos piloto, se aprobó con una nota igual o superior a 7.0. Los estudiantes con nota inferior a 6.0 reprobaron y los estudiantes con nota igual o superior a 6.0, pero menor que 7.0 quedaron en una condición tal que pueden hacer un último examen denominado de ampliación, el cual abarca la totalidad de los contenidos del curso. Aquellos estudiantes que aprobaron el examen de ampliación automáticamente aprobaron la asignatura con la nota final de 7.0.

Con el objetivo de lograr un uso eficiente del espacio y del tiempo y aceptando que el aprendizaje es ubicuo, dándose tanto en el salón de clase como fuera de él, se implementó una combinación de aula invertida con el uso de un entorno virtual de aprendizaje (EVA) en varios de los grupos, adaptando el modelo de Hernández & Tecpan (2017), especialmente diseñado para este proyecto (ver figura 2).

Figura 2. Modelo del aula invertida aplicado con el grupo piloto de Física General I.

Fuente: elaboración propia.

Las unidades y temas fueron abordados por medio de una serie actividades de aprendizaje, descrita a continuación:

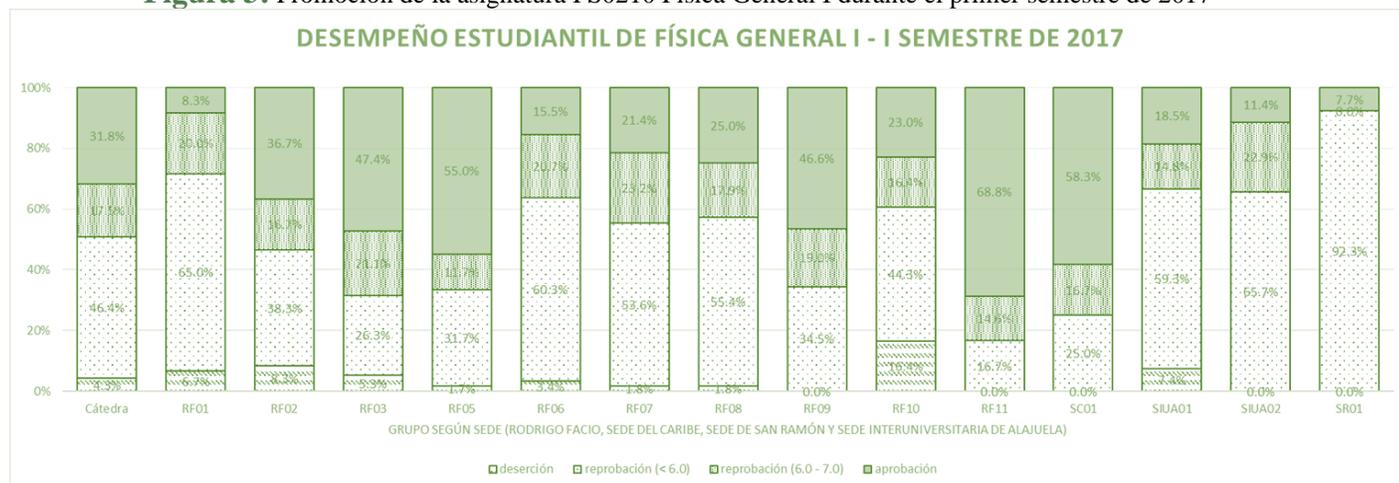
1. Preparación en forma previa a la clase, mediante los recursos y actividades disponibles en formato .pdf, vídeos y otros recursos digitales, tales como *eXeLearning*, *Articulate*, *Storytelling*. Esta preparación previa se demostró a través de mapas conceptuales, fichas de doble entrada y foros de debate.
2. En forma presencial
 - a. Se rescataron los conceptos principales del tema, se identificaron erróneas construcciones conceptuales y se aclararon dudas puntuales.
 - b. Se realizaron las actividades de aprendizaje para la construcción de los conceptos, el aprendizaje significativo y el desarrollo de las competencias transversales. Estas actividades involucraron el estudio de casos, la resolución de ejercicios y preguntas objetivas. El desarrollo de estas se caracterizó por la confrontación con lo que el estudiantado sabía o creía saber, por la discusión entre pares y por la construcción de

conceptos físicos. Se caracterizaron por ser retadoras, atractivas, no muy difíciles al punto de causar frustración, pero tampoco triviales. Asimismo, estuvieron apoyadas con el uso de tecnologías de la información y de la comunicación, por ejemplo, *Plickers* y actividades lúdicas en el entorno virtual y en el salón de clase.

3. A lo largo de 1 o 2 semanas y en forma paralela con las otras actividades, cada persona estudiante realizó una tarea que le permitió consolidar su aprendizaje. Aunque la entrega fue individual y los ejercicios diferentes para cada una, se instó a que trabajaran en forma colaborativa, creando y produciendo a partir de lo aprendido.
4. Resolución de un problema o caso de estudio en forma grupal,
5. Evaluación y autoevaluación pertinente y continua a través de rúbricas, discusión entre pares, actividades en línea y otros instrumentos.

El uso de los diferentes recursos tecnológicos y aplicaciones de la Web 2.0 se planeó estratégicamente para que el o la estudiante desarrolle competencias tecnológicas junto con la construcción de los conceptos disciplinares y el desarrollo de pensamiento de orden superior en los dominios cognitivos (analiza, crea y evalúa). El trabajo colaborativo buscó el desarrollo de competencias transversales y la potenciación de las fortalezas individuales de los miembros, creando sinergia y un hábito de cooperación creativa.

Con respecto al impacto de la implementación de estrategias didácticas en la promoción del estudiantado, la figura 3 muestra un resumen de las estadísticas de promoción de la asignatura. Los resultados se presentan para la cátedra en general (valores medios) y por grupo, siendo el grupo piloto identificado con la etiqueta RF11.

Figura 3: Promoción de la asignatura FS0210 Física General I durante el primer semestre de 2017

Fuente: elaboración propia

Cada columna en la figura indica, de abajo hacia arriba, los porcentajes de deserción, reprobación, reprobación con opción a la prueba de ampliación y aprobación. Por ejemplo, el grupo piloto RF11 registró una deserción del 0%, lo que significa que ningún estudiante abandonó el curso antes de su finalización. En cuanto a la reprobación, se obtuvo un porcentaje del 16,7%, mientras que la ampliación fue del 14,6%, y la aprobación fue del 68,8%. Es importante destacar que este porcentaje de aprobación en el grupo piloto es más del doble del porcentaje reportado por la cátedra de Física I en general, que fue del 33,0%. La deserción se da cuando la persona estudiante no realiza todas las evaluaciones y a partir de ello reprueba el curso, siendo que la asistencia a los cursos de Física General I no es obligatoria.

En comparación con la cátedra, el grupo piloto RF11 obtuvo resultados significativamente mejores en términos de deserción y aprobación. Mientras que en el grupo piloto no se presentaron casos de deserción, un 20,0% del estudiantado de la cátedra abandonó el programa antes de su finalización. Por lo tanto, el enfoque de aula invertida implementado en el grupo piloto parece haber contribuido a reducir la deserción y mejorar los índices de aprobación en comparación con el enfoque tradicional aplicado en la cátedra de Física I.

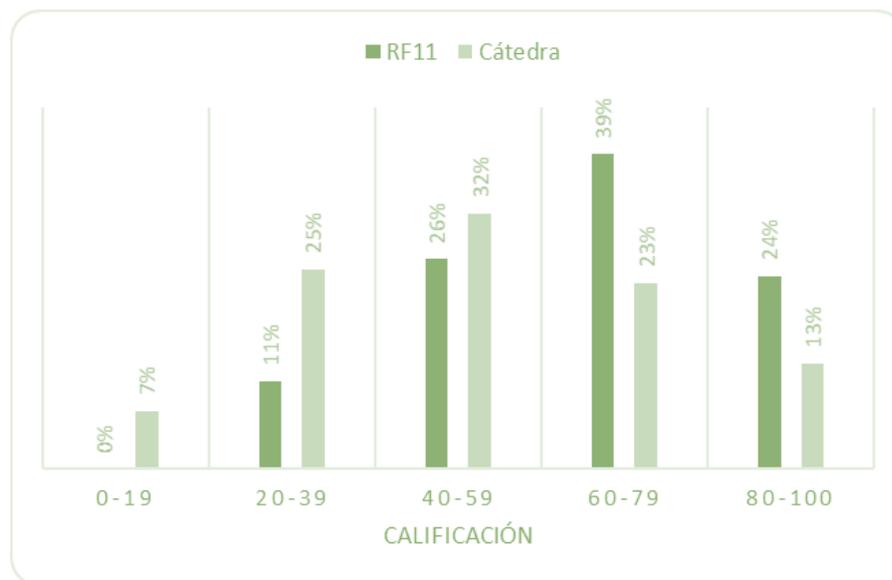
La nota promedio del grupo piloto fue de 6,77, considerando tanto aquellos que reprobaron como los que aprobaron; mientras que la nota promedio de la cátedra fue de 4,81. Una prueba t de doble cola, con una significancia de 0,05, indica que estas notas promedio son diferentes. Asimismo, la nota promedio de los 33 estudiantes del grupo piloto que aprobaron la

asignatura es 7,55, mientras que la nota promedio de los 146 estudiantes de la cátedra que aprobaron la asignatura es 7,48. Aunque estas notas promedio son similares, el seguimiento posterior de los 33 estudiantes del grupo piloto que aprobaron la asignatura reveló que todos ellos, excepto uno, aprobaron la asignatura siguiente con muy buena nota, independientemente del enfoque didáctico utilizado en esta segunda asignatura; mientras que la cátedra de Física General II presentó una tasa de reprobación cercana al 55%.

Los resultados sugieren que el diseño instruccional aplicado y el uso de aulas invertidas tienen un impacto positivo en el desempeño estudiantil y favorece el desarrollo de las competencias necesarias para un mejor rendimiento académico. Además, este enfoque fomenta la habilidad de aprender a aprender, lo que significa que la persona estudiante adquiere destrezas y técnicas para aprender de manera efectiva y autónoma.

Al aplicar el diseño instruccional, en conjunto con la implementación del aula invertida, se ha observado que los estudiantes obtienen mejores resultados en términos de aprobación y reducción de la deserción en comparación con el enfoque tradicional. Esto sugiere que al permitir que los estudiantes adquieran conocimientos previos antes de la clase y luego dedicar el tiempo en el aula para actividades prácticas y colaborativas, se optimiza el uso de recursos y se mejora el proceso de aprendizaje. Además, al desarrollar competencias transversales y habilidades tecnológicas mediante el uso de recursos tecnológicos y aplicaciones de la Web 2.0, la persona estudiante se prepara mejor para enfrentar asignaturas posteriores y para enfrentar desafíos futuros en su formación académica y profesional.

El grupo piloto, además de los cuatro exámenes y de las tareas en línea, realizó actividades de naturaleza colaborativa y un proyecto de investigación o de aplicación de lo aprendido. Si bien esto disminuyó el peso de los exámenes, no fue la razón de la diferencia en las tasas de promoción. La figura 4 muestra los histogramas de las calificaciones del primer examen parcial. El grupo piloto presenta una curva desplazada hacia las calificaciones altas (derecha), con una mayor frecuencia de las calificaciones en el intervalo 60 – 79; mientras que la cátedra presenta un perfil centrado en el intervalo 40 – 59. Este hecho sugiere que la inversión de aula y la aplicación de las estrategias de naturaleza colaborativa le permitió al estudiantado desempeñarse mejor en el examen parcial, en comparación con aquellos en un modelo tradicional.

Figura 4. Perfil de calificaciones del primer examen parcial de Física General I

Fuente: elaboración propia.

Por tanto, se concluye que, independientemente de la aplicación de diferentes formas de evaluación, el grupo piloto igual resultaría con un mayor porcentaje de aprobación en pruebas evaluativas de naturaleza sumativa. La implementación de diversas actividades de aprendizaje y la consolidación de equipos de aprendizaje de alto rendimiento le permite a la persona estudiante dirigir su esfuerzo hacia un aprendizaje profundo, más que solo a la aprobación del examen. Esto propicia tanto un entorno de menor tensión y frustración, como una mejor actitud hacia la asignatura.

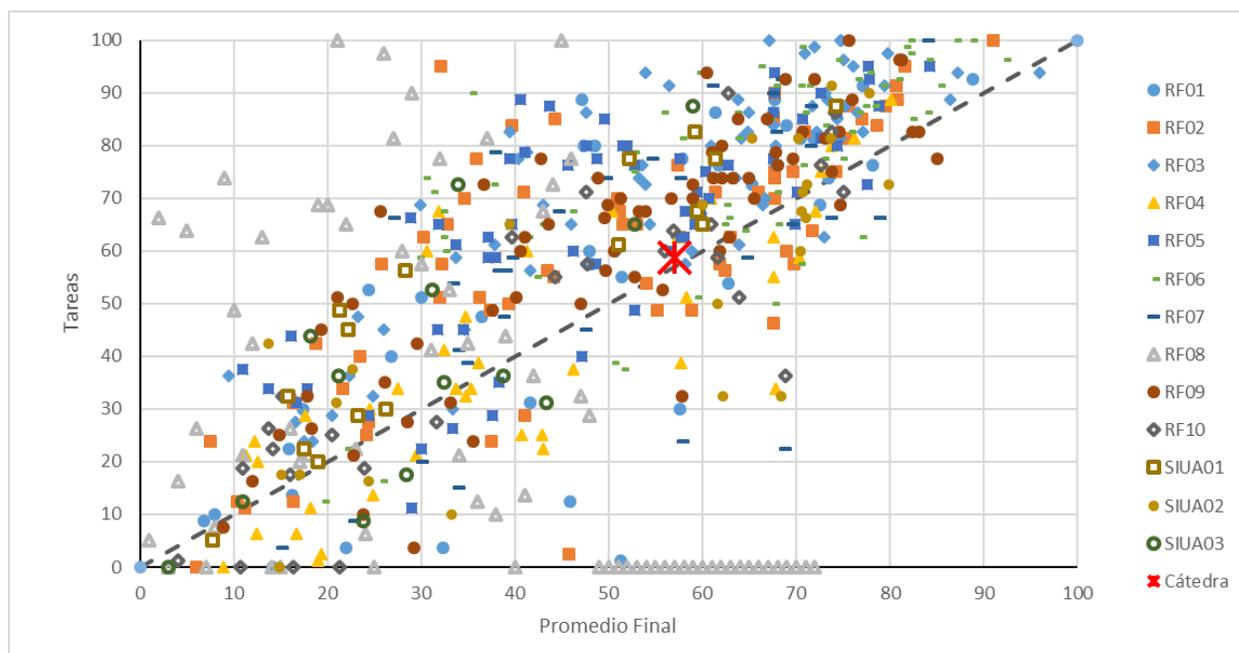
Uno de los mitos alrededor de la educación en entornos virtuales de aprendizaje sugiere que, sin la supervisión en el momento de hacer la prueba, la persona estudiante tiende a adoptar conductas reprochables y hasta sancionables. Cuando ella se enfrenta a un examen y si su único objetivo es aprobarlo, buscará los medios y herramientas que le garanticen lograr este objetivo. Aunado a esto, la ansiedad y el nerviosismo asociados a las pruebas tienden a crear conductas que en muchos casos son reprochables, tales como la copia, el uso de notas no permitidas y la discusión con pares cuando estas no son permitidas.

Cuando las actividades didácticas que se desarrollan en los entornos virtuales de aprendizaje tienden a replicar la clase presencial, y con ella el uso de exámenes como instrumentos de evaluación, es muy probable observar conductas fraudulentas. Por el contrario, si las

actividades didácticas se apoyan en los múltiples recursos que el entorno virtual de aprendizaje ofrece y buscan la construcción de conocimiento, el estudiantado se involucrará en el proceso de aprendizaje y se evitará conductas fraudulentas. Es importante observar que este comportamiento está fuertemente ligado a la efectividad de las actividades didácticas propuestas.

Dentro de las actividades de aprendizaje que integraron el diseño instruccional de la asignatura destaca la tarea a realizar en forma colaborativa y a través del EVA. Por unidad, cada estudiante debía resolver tres o cuatro ejercicios, seleccionados aleatoriamente, para lo que disponía de 10 días, de la discusión con su equipo de aprendizaje y de la asistencia de su docente. La figura 5 muestra la correlación ($r = 0,88$) entre las notas obtenidas en tareas (eje vertical) y la nota final obtenida en la asignatura (eje horizontal).

Figura 5. Correlación entre tareas periódicas (eje vertical) con la nota global de la asignatura (eje horizontal).



Fuente: elaboración propia.

Idealmente una persona estudiante que no comete fraude debería reportar notas similares tanto en las tareas como en el promedio final. Así, la nota promedio de la cátedra (punto rojo) se encuentra muy cerca de la función identidad.

En el gráfico, los puntos por encima de la función identidad sugieren un mejor desempeño en las tareas virtuales que en los exámenes. Esto es esperable gracias a la ausencia del estrés y nerviosismo asociados a los últimos. Es importante recordar que el estudiantado es más susceptible a la ansiedad asociada al examen que a la tarea, por lo que los exámenes pueden representar un reto amenazador, hecho que se traduce en un desempeño ligeramente menor que el mostrado en las tareas. La implementación de las tareas le permitió a la persona estudiante entrenarse para el examen, aprender de sus equivocaciones y aprender a manejar la frustración asociada a una prueba, en muchos casos con la ayuda de su equipo de aprendizaje. Aquellos puntos que se alejen considerablemente de la función identidad, un alto promedio en las tareas y un bajo rendimiento en exámenes, evidencian un posible fraude. En el gráfico son muy pocos estudiantes, menos del 5%, que muestran esta condición. Si bien la tasa de fraude en exámenes presenciales es difícil de estimar, ya que hay muchas formas diferentes de cometer fraude y no hay una forma única de detectarlo, algunos estudios han estimado que la tasa de fraude en exámenes presenciales puede alcanzar el 20%, tal como lo indica Montoneri (2020).

Conclusiones y reflexiones

El enfoque pedagógico implementado demostró ser significativamente efectivo, ya que el estudiantado logró adquirir conocimientos de física necesarios para las siguientes asignaturas en su plan de estudio. En comparación con la metodología tradicional, que se enfoca principalmente en recordar y comprender la información, el enfoque pedagógico utilizado permitió a estudiantes ir más allá del simple recuerdo y comprensión de conceptos. Se observó el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y analítico, lo que les permitió analizar y evaluar la información de manera más profunda y reflexiva. Además, este enfoque fomentó la creatividad y la capacidad de la persona estudiante para aplicar sus conocimientos en nuevos contextos y situaciones.

Con la implementación del diseño instruccional en la asignatura Física General I, se ha reformulado el proceso de aprendizaje como una tarea compleja que busca la integridad humana en la persona estudiante, mediante prácticas formativas que, desde la interdisciplinariedad, promueven un reconocimiento creativo de los contextos cultural y

social, así como la relación de todos los saberes posibles para la solución de problemas fundamentales y complejos.

La evaluación del enfoque pedagógico por parte del estudiantado revela que, a pesar de ser demandante, les proporcionó una experiencia de construcción de conocimiento y apropiación de conceptos disciplinarios, así como el desarrollo de competencias que consideran valiosas o útiles.

El diseño instruccional abordó el problema de accesibilidad al docente, al eliminar la instrucción directa durante las clases y sustituirla por el trabajo autónomo previo a las clases. Con ello, se liberó tiempo en el aula para realizar actividades de aprendizaje efectivas y fomentar interacciones horizontales entre estudiantes y verticales entre estudiantes y docentes.

El estudiantado percibió las actividades grupales como enriquecedoras y constructivas. El hecho de trabajar con pares les permitió valorar el error como una oportunidad de aprendizaje. Estas experiencias refuerzan el valor del enfoque pedagógico centrado en el aprendizaje activo y colaborativo. Los equipos de aprendizaje conformados por 5 a 8 miembros demostraron ser más eficientes y productivos en comparación con grupos más grandes o pequeños. La dinámica de discusión entre pares resultó cómoda y fluida en estos equipos, lo que facilitó un mayor intercambio de opiniones y un enriquecedor flujo de ideas. Además, el trabajo en equipo estrechó la colaboración entre estudiantes, quienes potenciaron sus fortalezas individuales y respetaron las diferencias que enriquecían tanto al grupo como a cada individuo.

Asimismo, las actividades individuales, como la elaboración de mapas conceptuales, brindaron a los estudiantes una oportunidad para profundizar su comprensión y reflexionar sobre los conceptos disciplinarios. Estas actividades contribuyeron al proceso de construcción del conocimiento y fomentaron la reflexión y el análisis crítico, lo que resultó en un aprendizaje sólido y duradero.

Es frecuente confundir el concepto de aula invertida con diversas prácticas de enseñanza. Sin embargo, citando a Brian Bennett, el aula invertida no se trata de una metodología en sí misma, sino más bien de una ideología educativa (citado en Spencer, 2018). Esto significa

que no existe un único método que se ajuste perfectamente a todas las situaciones o un conjunto completo de pautas que defina todo lo necesario para su implementación. Por ello, la implementación de un diseño instruccional del aula invertida debe ser flexible y adaptable, de manera tal que pueda tener un impacto positivo en el aprendizaje, independientemente del tema o el contexto del aula.

La efectividad de los diseños instruccionales y aulas invertidas depende en gran medida de la mediación docente, calidad y diseño de los recursos y materiales de aprendizaje, así como de la creatividad y habilidad para diseñar las actividades de aprendizaje tanto para el entorno virtual como para el aula física. La incorporación de espacios virtuales brinda la oportunidad de llevar a cabo, además de las mismas actividades que se realizan en el ambiente presencial, una amplia gama de actividades y recursos que pueden propiciar un aprendizaje auténtico y relevante y promueve la flexibilidad y resiliencia en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Referencias

- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals* [Taxonomía de los objetivos educativos: clasificación de los objetivos educativos]. David McKay Company.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education* [Experiencia y educación]. Macmillan.
- Hernández, C. & Tecpan, S. (2017). Aula invertida mediada por el uso de plataformas virtuales: un estudio de caso en la formación de profesores de física. *Estudios Pedagógicos* 43(3), 193 - 204. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052017000300011>
- Michaelsen, L., Bauman, A. & Dee, L. (Eds.). (2002). *Team-Based Learning: A Transformative Use of Small Groups in College Teaching*. Praeger.
- Montoneri, B. (Ed.). (2020). *Academic Misconduct and Plagiarism*. Lexington Books.
- National Center for Education Statistics. (17 de diciembre de 2024). IPEDS Survey Components [Sistema Integrado de Datos de Educación Postsecundaria]. National Center for Education Statistics. <https://nces.ed.gov/ipeds/survey-components>
- Posner, G. (1998). *Análisis de Currículo*. Colombia: McGraw-Hill / Interamericana de Colombia.
- Programa Estado de la Nación. (2023). *Estado de la Educación: Noveno Estado de la Educación 2023*. www.estadonacion.or.cr
- Spencer, D. (2018). *Flipped Classroom Described - An Ideology, Not a Methodology* [Descripción del Aula Invertida – una ideología, no una metodología]. Recuperado de Flipped Learning Resources: https://docs.google.com/document/d/1HOI5-tXZvOEVCFhoN5hlscnRa-8_77nx3GDdB6C-tE/edit
- Vidaurre, G. (2017). La Clase Invertida – Experiencias en Física General I. En J. Trejos (Ed.), *Hacia la Mejora Educativa: Estrategias Disruptivas en el Aula Universitaria* (1º ed., pp. 157 – 166). Sistema Editorial y de Difusión de la Investigación de la Universidad de Costa Rica. <https://ciencias.ucr.ac.cr/documentos/RedIC/Libro-Proyecto%20RedIC3.pdf>