

AULA INVERTIDA EN CURSO CON METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTO (PBL)

Catalina Cortázar, DILAB Escuela de Ingeniería PUC, ccortazar@ing.puc.cl

Isabel Hilliger, DEI Escuela de Ingeniería PUC, ihillige@ing.puc.cl

Gabriel Astudillo, DEI Escuela de Ingeniería PUC, gastudillo@ing.puc.cl

RESUMEN

Tradicionalmente los cursos fundacionales de Ingeniería se enseñan utilizando metodología de aprendizaje basada en proyecto (PBL). Estos cursos son de primer año y siguen un proceso de diseño donde el estudiantado interactúa con los y las académicas de ingeniería, siendo su primer vínculo con lo que será su profesión. Debido a COVID-19, las instituciones educativas se vieron afectadas teniendo que pasar de clases presenciales a clases remotas. Este artículo describe el proceso de implementación de aula invertida, siguiendo una metodología de aprendizaje basado en proyecto, en un curso fundacional de Ingeniería. El 2022 las instituciones educativas volvieron a impartir clases de manera presencial y este curso no fue la excepción. El equipo docente decidió mantener la metodología de aula invertida con aprendizaje basado en proyecto. Para comprender la percepción del estudiantado en relación a esta metodología se realizó una encuesta a mitad y final de semestre en conjunto con un grupo de discusión. El estudiantado valora las actividades en clases, donde se fomenta la colaboración y el trabajo en equipo, sin embargo perciben una carga adicional al tener que ver videos antes de la clase. Este artículo contribuye al área de Educación en Ingeniería al entregar directrices de implementación de aula invertida en un curso fundacional con aprendizaje basado en proyecto (PBL).

PALABRAS CLAVES: Diseño en Ingeniería, Aprendizaje basado en proyecto (PBL), Curso Fundacional (Cornerstone), Metodologías docentes, Aula Invertida.

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje basado en proyecto (PBL) es una metodología centrada en el estudiantado (Jalinus et al., 2020) la cual promueve el desarrollo de diversas competencias transversales como la comunicación efectiva (Wengrowicz, 2017), la colaboración (McManus & Costello, 2019), el pensamiento crítico (Cortázar et al., 2021), entre otras. En este tipo de cursos el estudiantado trabaja de manera autónoma en equipo (Usher & Barak, 2018) resolviendo problemas reales (Dilekli, 2020). El aprendizaje basado en proyecto es de las metodologías más utilizadas en los cursos fundacionales de Ingeniería (Wengrowicz, 2017), ya que sirven para introducir a los estudiantes a su vida como ingenieros (Lantada et al., 2013).

Debido a COVID-19 las instituciones de educación abruptamente tuvieron que cambiar su estrategia de aprendizaje de presencial a remota (Dhawan, 2020). En este curso se decidió implementar una metodología de aula invertida en conjunto con aprendizaje basado en proyecto.

La Academia de Aprendizaje Activo Arte y Ciencias (2018) definió la metodología de aula invertida como un método de enseñanza en el cual el estudiantado debe aprender los conceptos antes de llegar al aula, y en el aula se aplican los conceptos aprendidos, invirtiendo así la clase tradicional. Una motivación de los docentes para implementar el aula invertida en sus cursos es tener un tiempo más productivo con el estudiantado (Strelan et al., 2020). El aula invertida le

entrega al estudiantado la responsabilidad de su aprendizaje, al tener que ver de manera asincrónica el material preparado, permitiéndoles interactuar en el aula presencialmente con sus pares (O'Flaherty & Phillips, 2015).

El primer semestre del 2022 las instituciones educativas volvieron a versión presencial y este curso no fue la excepción. El equipo docente decidió mantener la metodología de aula invertida con aprendizaje basado en proyecto. Este artículo presenta la implementación del aula invertida en un curso de metodología de aprendizaje basado en proyecto y la percepción del estudiantado en relación al uso de esta metodología. El objetivo es aportar al área de Educación en Ingeniería entregando directrices de implementación de aula invertida en un curso fundacional con aprendizaje basado en proyecto (PBL).

CONTEXTO

El curso fundacional Desafíos de la Ingeniería, recibió el primer semestre del 2022 a 838 estudiantes. El estudiantado trabajó en diez secciones de alrededor de 83 estudiantes cada una. Cada equipo constaba de seis o siete integrantes con el objetivo de tener 12 equipos por sección. Esto se debe principalmente a limitaciones prácticas, como el tiempo necesario para que los equipos presenten sus avances, limitaciones de recursos, y cantidad de ayudantes disponibles (cinco por sección) (Cortázar et al., 2021). La Tabla N°1. a continuación presenta un resumen del curso para el 2022.

Tabla N°1. Resumen Curso Desafíos de la Ingeniería 2022 (basada en Cortázar et al., 2021)

Métodos de enseñanza	Aprendizaje basado en proyectos Aula invertida Actividades de trabajo en clases, actividades de retroalimentación cruzada y talleres de trabajo en equipo en clases
Contenido del curso	Proceso de diseño centrado en el usuario (basado en el Design Thinking), análisis de datos (cualitativos y cuantitativos), estimación, comunicación efectiva, diseño gráfico de lámina y presentaciones.
Resultados de aprendizaje	1. Resolver un problema real aplicando de manera creativa e innovadora la metodología de diseño en ingeniería. 2. Diseñar un dispositivo que sea pertinente al usuario estudiado considerando sus características sociales, económicas y al medio ambiente. 3. Articular aportes individuales en el trabajo en equipo para el desarrollo de un proyecto común.
Métodos de evaluación	1. Evaluación individual: Tareas. 2. Evaluación en equipo: presentaciones orales sobre el proceso de diseño (avances en investigación y prototipo). 3. Evaluación de pares después de cada entrega de equipo.

Criterios de Evaluación	<ol style="list-style-type: none"> 1. Durante el semestre, el equipo académico (profesor/a & ayudantes) evalúan el proceso de diseño. 2. Stakeholders: El entregable final se presenta en una feria de tecnología, donde son evaluados por un jurado de expertos.
-------------------------	---

Durante el semestre el estudiantado trabajó en el tema *Externalidades de nuestra Alimentación*, siguiendo el proceso de diseño presentado a continuación en la Figura N°1.

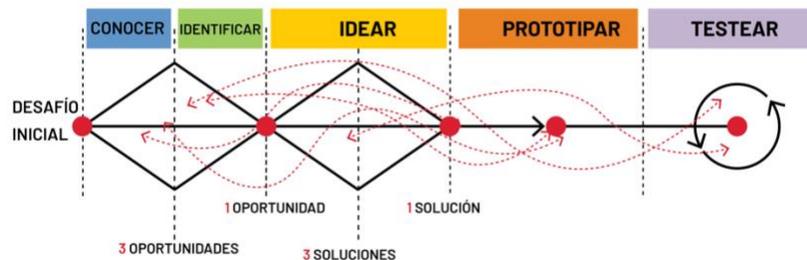


Figura N°1: Proceso de Diseño adaptado de Miranda (2019)

Como se ve en la Figura N°1, el proceso de diseño enseñado se presenta de manera lineal, pero el estudiantado, para realizar su proyecto realiza un proceso iterativo. El entregable final del curso es una lámina y un prototipo funcional los cuales son evaluados por un jurado externo.

IMPLEMENTACIÓN AULA INVERTIDA

El aula invertida se caracteriza por el uso de material audiovisual para que el estudiantado aprenda el contenido teórico (Honeycutt & Garrett, 2013). En este curso, el estudiantado tenía que ver videos cortos antes de las clases. Cada video encapsulaba un concepto, por lo que para una clase, el estudiantado debía ver más de un video. La Tabla N°2 muestra el contenido de la clase, la cantidad de videos que el estudiantado debía revisar y la duración de cada uno de ellos.

Tabla N°2: Videos aula invertida

Contenido de la Clase	Número de Videos	Duración de cada Video	Duración Total de los Videos
Conocer	4	V1: 3 min 55 seg V2: 5 min 47 seg V2: 6 min 16 seg V4: 4 min 48 seg	20 min 48 seg
Análisis cualitativo	3	V1: 3 min 17 seg V2: 2 min 45 seg V3: 5 min 49 seg	11 min 54 seg
Análisis cuantitativo	5	V1: 0 min 55 seg V2: 4 min 28 seg V3: 4 min 40 seg	21 min 18 seg

		V4: 3 min 35 seg V5: 7 min 39 seg	
Estimación	5	V1: 1 min 28 seg V2: 3 min 41 seg V3: 2 min 48 seg V4: 2 min 10 seg V5: 4 min 14 seg	14 min 24 seg
Identificar oportunidad de diseño	4	V1: 4 min 16 seg V2: 5 min 30 seg V3: 3 min 34 seg V4: 9 min 40 seg	23 minutos
Idear	4	V1: 5 min 15 seg V2: 4 min 41 seg V3: 5 min 01 seg V4: 4 min 21 seg	19 min 18 seg
Prototipar	4	V1: 5 min 33 seg V2: 6 min 36 seg V3: 6 min 18 seg V4: 3 min 13 seg	21 min 36 seg
Testeo	4	V1: 2 min 49 seg V2: 2 min 55 seg V3: 2 min 53 seg V4: 3 min 53 seg	12 min 30 seg
Elevator Pitch	1	V1: 3 min.	3 minutos

Como se ve en la Tabla N°2 los videos individuales van de una duración de 1 minuto aproximadamente el más corto a 10 minutos aproximados el más largo. Siendo en total, 23 minutos la sesión más larga de videos.

Como estrategia para auto-evaluación y motivación después de ver los videos en Canvas, el estudiantado debía responder un cuestionario acerca de los conceptos presentados (Chua & Islam, 2021). Este cuestionario era de carácter formativo, sin embargo, al contestar los nueve cuestionarios durante el semestre podían optar a un bono.

Al llegar al aula presencialmente, cada integrante traía consigo su aprendizaje individual fuera del aula, creando así una dinámica entre aprendizaje individual y colectivo (Baughman et al., 2019). El tipo de actividades que se realizaron fueron de mapa de contexto (Chua & Islam, 2021), discusiones guiadas, apoyo y avances en sus proyectos.

ENCUESTA DE MEDIO Y FINAL DE SEMESTRE

Para comprender la percepción del estudiantado en relación al uso de aula invertida se realizó una encuesta de medio y final de semestre. La Tabla N°3 presenta la cantidad de participantes.

Tabla N°3: Cantidad de participantes

Total de estudiantes	838	100%
Total de estudiantes que responden encuesta mitad de semestre	440	53%

Total de estudiantes que responden encuesta final de semestre	265	32%
Total de estudiantes que responden ambas encuestas (pre/post)	136	16%

Los resultados comparativos de esta encuesta, en relación al aula invertida, se presentan a continuación en la Figura N°2.

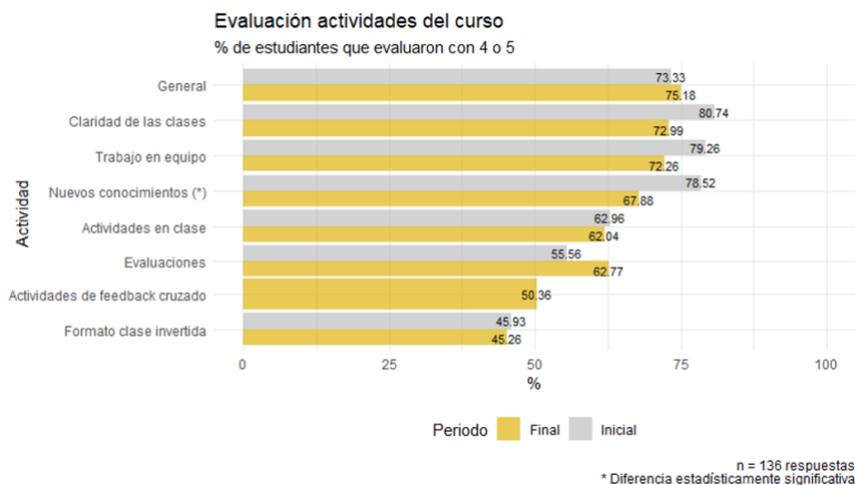


Figura N°2: Evaluación actividades del curso

Como se ve en la Figura N°2, el formato de clase invertida prácticamente se mantuvo en términos de evaluación, al igual que las actividades en clases. Esto es relevante ya que el propósito de realizar aula invertida es diseñar actividades en clases para que los equipos trabajen conjuntamente.

La disminución significativa de nuevos conocimientos durante el semestre podría atribuirse a que en este tipo de cursos la mayor parte del contenido teórico se concentra en la primera mitad del curso (clases con aula invertida). Esto se debe a que la primera parte de un proceso de diseño centrado en el usuario tiene relación con las dimensiones sociales del proceso de diseño, siendo las más desafiantes para los y las ingenieras (Hynes & Swenson, 2013).

Esta encuesta cuenta también con una serie de preguntas abiertas de las cuales algunos comentarios recibidos se presentan en la Tabla N°4.

Tabla N°4: Comentarios Encuesta Final de Semestre

Pregunta abierta	Ejemplos de comentarios sobre Aula Invertida
Identifica un aspecto concreto del curso que contribuye a tu aprendizaje.	“creo que el aula invertida es un muy buen sistema”
Señala una sugerencia que apoyaría a un mejor desarrollo del curso.	“evitar el sistema de aula invertida”

Como vemos en la Tabla N°4, el primer comentario es a favor del aula invertida, siendo el segundo de ellos absolutamente en contra. Debido a que estos comentarios muestran dicotomía

en relación al aula invertida se decidió realizar un grupo de discusión para entender mejor la percepción del estudiantado, con el objetivo de realizar una mejora continua en el curso.

GRUPO DE DISCUSIÓN

Al realizar un grupo de discusión no se busca la representatividad sino que se selecciona a un grupo de personas con el objetivo de entender un fenómeno específico (Nyumba et al., 2017)

En este caso, participaron tres estudiantes que tenían opiniones opuestas acerca del aula invertida con el objetivo de contraponer sus experiencias.

Con respecto a tener que ver videos antes de la clase, los participantes comentaron lo siguiente:

R1: "...me doy cuenta de que en la universidad es muy diferente el sistema de estudio que se utiliza normalmente que en el colegio, al menos creo que todos los ramos necesita sí o sí estudiar, a pesar de que haya entendido las cosas o el tema explicado en clase. Entonces, yo creo que a algunas personas les cuesta un poco más adaptarse."

R2: "... Yo creo que eso tiene que ver con lo de las opiniones divididas sobre el método invertido, porque no todos llegamos a la U con ese hábito de llegar después del colegio a la casa a revisar las cosas al día siguiente o a revisar lo que se vio el mismo día. Hay mucha gente que sí, pero quizá mucha gente que no, entonces yo creo que ahí está de que si uno ya trae el hábito hecho a la U de claro de lo que viste en el día después, llegar a repasar en la noche y preparar las cosas para el día de mañana les da lo mismo o ya están adaptados."

Se vislumbra en estas respuestas que el estudiantado relaciona las diferentes percepciones del aula invertida con los hábitos de estudios que traen consigo desde el colegio.

En lo que respecta al cuestionario realizado después de los videos, vía Canvas, los participantes exponen lo siguiente:

R1: "Entonces claro, no ver los videos no me afectó nada, porque el día siguiente claro, el profe como ve, revisa los formularios que están todos malos porque mucha gente se lo dijo y dice entonces vamos a revisar bien la materia. Y la misma materia que sale en los videos la explica el profe de nuevo."

R2: "Entonces claro, alguien que no sabe los videos y los entregan nomas y después de la clase y llega pone atención un rato y te sirve eso para hacer la actividad."

En ambas respuestas se percibe que el repasar el contenido de los videos al inicio de la clase determina que el estudiantado no vea los videos, ya que con lo explicado en clases sienten que pueden realizar la actividad en clases.

En cuanto a las actividades realizadas en clases los participantes opinaron que:

R1: "Pero es que si uno de verdad le interesaba el curso, salía muy beneficiado (haciendo referencia al aula invertida), porque igual uno se ahorra harto tiempo de pasar materia

en clase pasando los videos antes y prácticamente en todas las clases que hemos tenido desafíos son actividades y eso igual lo encuentro bien beneficioso.

R2: “No sé, igual siento que hay algunas actividades que se pasan de la hora de clase y por lo menos en mi grupo hubieron varias actividades que se nos pasaron de la hora de clase y después nos tuvimos que juntar para terminarlo. Y ahí sí sirve el video.”

Esta respuesta nos conducen a los últimos comentarios, que se relacionan con el uso de aula invertida y su impacto en el proyecto del curso.

R1: “En mi grupo también nos pasó eso de que teníamos que volver hartas veces al punto inicial. Nos sirvieron los videos para poder recordar.”

R2: “Entonces claro, como en los videos ven más cosas que la clase, si uno necesita como acordarse de algo o no sé, o algo más específico, voy a ir a los videos.”

En estas respuestas se hace alusión a la utilidad de los videos para avanzar durante el semestre en el proceso iterativo de diseño al que se ve enfrentado el estudiantado. Se explicita también el valor de tener actividades durante los encuentros sincrónicos.

LIMITACIONES, CONCLUSIONES & DESAFÍOS

En este artículo se presentó la implementación de aula invertida y la percepción del estudiantado en relación a esta metodología en un curso fundacional de Ingeniería. Este análisis presenta diversas limitaciones principalmente con la pérdida de respuestas entre la encuesta final y de mitad de semestre que dejó 136 participantes. Al mismo tiempo, al grupo de discusión asistieron solo tres participantes. Por esta razón no se pudo incluir el efecto que el profesorado podría tener en relación a las diferentes percepciones del estudiantado con respecto al aula invertida.

Durante el primer semestre 2022, se implementó aula invertida en un curso fundacional de Ingeniería con metodología de aprendizaje basado en proyecto. Esta metodología fue implementada a través de videos, cuestionarios de carácter formativo asincrónicos y actividades sincrónicas presenciales en los módulos de clases. La percepción general en relación al curso se situó en alrededor de 75%, las actividades en clases en 62% y el formato de aula invertida obtuvo alrededor de un 45% de aceptación. Estos tres indicadores no variaron significativamente durante el semestre (Figura N°2).

En relación a los videos asincrónicos, estos se presentan como obstáculo para quienes no traen del colegio el hábito de estudio de manera autónoma. En el desafío de mejora continua, se recomienda incorporar el aula invertida de manera gradual para que el estudiantado vaya adquiriendo el hábito de estudio fuera del aula.

A pesar de la dificultad presentada por parte del estudiantado en relación a generar hábitos para ver los videos de manera autónoma, valoran la disponibilidad de los videos durante el semestre debido a que el proceso de diseño que realizan es iterativo (Figura N°1). El tener los videos disponibles, pudiendo ser utilizados por el estudiantado para volver a revisar el material, es coherente con Clark et al. (2011), quienes argumentan que el tener esta libertad en cuanto a revisar el material ayuda al estudiantado a retener más información.

Con respecto a los cuestionarios y a su revisión en clases, el estudiantado percibe que se repite la información relevante restándole relevancia a ver los videos antes de los encuentros sincrónicos. En este caso, se presenta como desafío de mejora continua la posibilidad de repensar el uso del cuestionario y sustituir por diferentes métodos formativos de evaluación, ya sea pregunta abierta, caso de estudio relacionado a el concepto presentado en el video y a su vez eliminar el repaso dentro del aula.

El estudiantado valora las actividades en el aula, así como el trabajo en equipo (Figura N°2). Al mismo tiempo, se hace alusión al mejor uso del tiempo durante la clase al realizar actividades en equipo en vez de escuchar la cátedra del profesorado.

Como conclusión combinar el aprendizaje basado en proyecto con aula invertida apoya al estudiantado a poder revisar el material hasta lograr entender los conceptos propuestos. Esto apoya el desarrollo de la capacidad para aprender toda la vida, al tener que activamente aprender por sí mismos, permitiéndoles interactuar con los profesores, ayudantes, y resto del curso usando tecnologías y mejorando sus capacidades de comunicación (Chua & Islam, 2021).

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al equipo de profesores del curso Desafíos del Ingeniería que a partir del 1°2020 han grabado videos, enseñado el curso y aportado a la mejora continua que ha hecho posible implementar nuevas metodologías en el aula. Agradecemos también a todo el equipo de ayudantes que hacen posible el desarrollo de este curso.

REFERENCIAS

Academy of Active Learning Arts and Sciences (2018). Updated definition of flipped learning. Retrieved August 8, 2019 from <http://aalasinternational.org/updated-definition-of-flipped-learning/>.

Baughman, J., et al. (2019). Comparison of Student Team Dynamics Between Nonflipped and Flipped Versions of a Large-Enrollment Sophomore Design Engineering Course. *Journal of Engineering Education* 108: 103–118.

Chua, K. and Islam, M. (2021). The hybrid Project-Based Learning–Flipped Classroom: A design project module redesigned to foster learning and engagement, *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 49(4), pp. 289–315. doi: [10.1177/0306419019838335](https://doi.org/10.1177/0306419019838335).

Clark, R. C., et al. (2011). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. John Wiley & Sons.

Cortázar, C., et al. (2021). Promoting critical thinking in an online, project-based course. *Computers in Human Behavior*, 119. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106705>

Dhawan, S. (2020). Online learning: A panacea in the time of COVID-19 crisis. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(1), 5–22. <https://doi.org/10.1177/0047239520934018>

Dilekli, Y. (2020). Project-based learning. In *Paradigm shifts in 21st Century teaching and learning* (pp. p53–68). <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-3146-4.ch004>

Honeycutt, B., & Garrett, J. (Eds.). (2013). The flipped approach to a learner-centered class. Retrieved from <https://www.magnapubs.com/publications/the-flipped-approach-to-a-learner-centered-class-3098-1.html>

Hynes, M., & Swenson, J. (2013). The humanistic side of engineering: Considering social science and humanities dimensions of engineering in education and research. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 3(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1070>

Jalinus, N., et al. (2020). How Project-Based Learning and Direct Teaching Models Affect Teamwork and Welding Skills Among Students. *International Journal of Innovation, Creativity and Change.*, 11(11), 85-111.

Lantada, A. D., et al. (2013). Towards successful project based teaching learning experiences in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, 29(2), 476-490

McManus, J., & Costello, P. (2019). Project based learning in computer science: a student and research advisor's perspective. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 34(3), 38–46.

Miranda C. (2019) *Crash course de AntroDiseño: Herramientas Aplicadas para la Innovación Temprana*, Ediciones UC, Santiago

Nyumba, T.O., et al. (2017). The use of focus group discussion methodology: insights from two decades of application in conservation. *Methods in Ecology and Evolution*, 9, pp. 20-32

O'Flaherty J., & Phillips C. (2015) The use of flipped classrooms in higher education: A scoping review. *The Internet and Higher Education*, 25, pp. 85-95

Strelan P. et al. (2020) The flipped classroom: a meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educ Res Rev*

Usher, M., & Barak, M. (2018). Peer assessment in a project-based engineering course: Comparing between on-campus and online learning environments. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(5), 745-759. <https://doi.org/10.1080/02602938.2017.1405238>

Wengrowicz, N., et al. (2017). Meta-assessment in a project-based systems engineering course. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 42(4), 607-624. <https://doi.org/10.1080/02602938.2016.1173648>