

Una experiencia de clase invertida en Ingeniería Industrial

Georgina B. Rodríguez, Marta G. Caligaris, Lorena F. Laugero

*Grupo Ingeniería & Educación Facultad Regional San Nicolás
Universidad Tecnológica Nacional Colón 332 (2900) San Nicolás, Buenos Aires, Argentina
{grodriguez, mcaligaris, llaugero}@frsn.utn.edu.ar*

RESUMEN

Un factor fundamental para que los docentes logren una enseñanza efectiva, es el compromiso de los alumnos con los procesos de enseñanza y aprendizaje. Un camino posible para lograr este compromiso es la clase invertida, que hace ya unos años se está poniendo en práctica en distintos niveles educativos, entre ellos en el nivel superior.

El concepto de clase invertida implica llevar fuera del aula las actividades pasivas –desde el punto de vista de los alumnos– para dar lugar en ese tiempo a un aprendizaje activo, centrado en el alumno, con discusiones, simulaciones y experiencias. Y una manera de llevar fuera del aula las actividades pasivas, es utilizar videos en la Web, herramienta que los estudiantes están acostumbrados a usar. Las explicaciones y resoluciones de ejercicios que habitualmente hace el profesor en el aula, pueden ser brindadas en formato video a los alumnos, ya sea mediante algún video existente en los distintos repositorios disponibles en la Web, o uno realizado especialmente.

Una experiencia de clase invertida, abordando el método de Newton para resolución de ecuaciones no lineales, fue realizada en el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado de la carrera Ingeniería Industrial, en la Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional. En esta oportunidad se desarrollaron videos propios sobre el tema, tanto de teoría como de resolución de ejercicios, utilizando una Tablet a modo de pizarra. Se realizaron encuestas para recabar la opinión de los alumnos en cuanto a esta metodología de enseñanza, antes y después de la experiencia, y se analizaron algunos aspectos del aprendizaje logrado. Se exponen en este trabajo los resultados encontrados.

Palabras Claves: Clase invertida, Análisis Numérico, aprendizaje activo

ABSTRACT

Students' engagement with teaching and learning processes is a key factor for faculty to achieve effective learning. A possible way to accomplish this engagement is the flipped classroom, a model that since some years ago is being implemented in different educational levels, in particular at high levels.

The flipped classroom concept involves carrying out of the classroom the passive activities –from students' point of view– to give place in that space of time to an active learning, centered on the student, with discussions, simulations and experiences. And a way to carry out of the classroom the passive activities is using videos on the Web, a tool that students are accustomed. Explanations and resolution of exercises that faculty use to do in the class, can be given to students in video format, either with videos available in different sources on the Web, or tailor made ones. A flipped classroom experience addressing the issue Newton's method for solving nonlinear equations, was carried out in a Numerical Analysis course of Industrial Engineering at the Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional. In this opportunity own videos were specially developed, both about theory and solved exercises, using a tablet as a board. Surveys were conducted so as to gather students' opinion about this teaching methodology, before and after the experience, and some aspects of the achieved learning were analyzed. In this paper the obtained results are presented.

Key Words: Inverted Class, Numerical Analysis, Active Learning

1. INTRODUCCIÓN

La clase invertida es un enfoque pedagógico en el que la instrucción de teoría se mueve fuera del aula, y la clase en sí se convierte en un entorno de aprendizaje dinámico, interactivo, donde el profesor guía a los alumnos mientras ellos aplican los conceptos, comprometiéndolos creativamente con el tema en cuestión [1]. Esa instrucción de teoría se ofrece mediante algún recurso que el alumno pueda disponer fuera de la clase, ya sea en su casa, u otro lugar que elija para estudiar. De esta manera, los estudiantes adquieren información de una manera autónoma, a su propio ritmo, en los tiempos que ellos eligen, a partir de los recursos propuestos por el docente. Para ello, además de elegir o producir recursos adecuados, el profesor debe estructurar la manera de trabajar con esos recursos, de forma de darle interactividad. Esto es, si el recurso es por ejemplo un video, se debe evitar que la visualización de dicho video genere una actitud pasiva en el alumno; se debe lograr que el estudiante se cuestione, se pregunte, lo que allí se enseña [2]. Además, los docentes deben trabajar en la selección o diseño tanto como de las actividades a realizar durante la clase, promoviendo el aprendizaje activo, siendo facilitadores y conductores del proceso de enseñanza. En este sentido, el trabajo en clase involucra los niveles superiores de la Taxonomía de Bloom, como análisis y síntesis, requiriendo discusión y decisión. Así, la interacción entre profesores y estudiantes se vuelve necesaria, y adquiere valor [3]. Coinciden en este sentido See & Conry [4], diciendo que el modelo de clase invertida puede pensarse como una propuesta que consiste en mover el contenido ubicado en los niveles inferiores de la Taxonomía de Bloom revisada [5] –entendimiento y memorización– fuera de la clase, y usar el tiempo de clase para los niveles superiores –creación, evaluación y análisis–, no necesariamente usando tecnología. Pero los jóvenes de hoy tienen una especial atracción por la tecnología, que debería ser tomada en cuenta como una herramienta para intentar aumentar el compromiso de los alumnos con el estudio, en particular, de matemática. La World Wide Web permite tener al alcance de la mano una gran cantidad de recursos que pueden comprometer a los estudiantes en el aprendizaje de la matemática. Las páginas Web se enlazan entre sí mediante hipervínculos, conteniendo textos, gráficos, sonidos y videos. En particular, el video es un formato que los alumnos toman en consideración en el momento de buscar información en la web [6], y hay una gran cantidad y variedad de material educativo que puede ser utilizado, en distintos repositorios como Youtube, Coursera, Kahn Academy o los cursos abiertos del MIT.

También existen aplicaciones como Applets, Javascripts y otras que permiten interactuar con ellas dentro de las páginas Web [7]. Entre ellas, se destacan los archivos CDF desarrollados desde Mathematica. El proyecto Wolfram Demonstration ofrece una gran variedad de aplicaciones y, en particular, algunas sobre temas de análisis numérico pueden encontrarse en el Laboratorio Virtual de Análisis Numérico, desarrollado por el Grupo de Ingeniería y Educación (GIE) [8].

Según Heyborne y Perret [9], la estrategia instruccional de la clase invertida depende completamente en cómo la “compra” el estudiante, porque una implementación exitosa requiere que el estudiante se comprometa verdaderamente con las actividades fuera de la clase, y esto no siempre se garantiza. Para estudiar el impacto de la metodología de clase invertida en cursos de Ingeniería, se está llevando a cabo un proyecto de investigación como parte de las tareas del GIE. En el marco de este proyecto se están realizando algunas experiencias de aplicación de esta metodología en el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado de la carrera Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, Universidad Tecnológica Nacional [10]. Las herramientas seleccionadas para el trabajo fuera de la clase son videos de diseño propio y sitios Web especialmente diseñados [11, 12]. Los videos fueron desarrollados con diferentes herramientas; algunos desde PowerPoint, donde se puede grabar voz mientras se pasa la presentación, para luego exportar el archivo en formato video, y otros con Doceri, un programa que permite grabar simultáneamente explicaciones de voz y lo que se escribe en una Tablet, como si fuera un pizarrón.

En este artículo se presenta la experiencia realizada en el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado de tercer año de Ingeniería Industrial, al abordar el método de Newton para resolver ecuaciones no lineales, uno de los primeros temas de la asignatura, y se muestra la opinión de los estudiantes sobre la metodología de clase invertida. Otras experiencias se llevarán a cabo sobre este grupo, para observar la evolución de la opinión de los estudiantes sobre la metodología de enseñanza aplicada, y para recolectar datos sobre la influencia de la misma en el proceso de aprendizaje.

Una versión resumida de este trabajo fue presentada en la conferencia Internacional de Nuevos Horizontes en Educación INTE 2016 (International Conference on New Horizons in Education).

2. LA EXPERIENCIA

Se decidió aplicar el modelo pedagógico de clase invertida en el dictado de un tema en el curso de Análisis Numérico y Cálculo Avanzado de tercer año de Ingeniería Industrial de la Facultad Regional San Nicolás, UTN, para analizar la opinión de los estudiantes. La relación docente-

alumno fue ideal: tres docentes (1 profesor, dos ayudantes) para 30 alumnos. El tema elegido fue el método de Newton, para aproximar raíces de ecuaciones no lineales. Los videos utilizados fueron realizados utilizando Doceri (www.doceri.com), un programa que convierte una Tablet en un pizarrón interactivo con sofisticadas herramientas para escribir sobre la pantalla. Este programa permite, además, grabar las explicaciones orales que se pueden dar mientras se escribe en la Tablet. Se puede bajar gratuitamente desde la Tienda, en este caso deja una marca de agua en los videos grabados.

Una vez realizadas las grabaciones, el mismo software ofrece distintas posibilidades para su difusión, ya sea enviar por mail, subir a la nube, subir a YouTube o simplemente guardarlas en el dispositivo, con un simple "arrastré" de la grabación hacia el medio seleccionado. Se puede ver un tutorial en <https://www.youtube.com/watch?v=T7I6Tc56Ef4>.

Se desarrolló la teoría del método de Newton en una serie de videos cortos, de no más de 8 minutos de duración, donde se explica cómo se originan la fórmula del método, la fórmula iterativa, cuáles son las condiciones para aplicar el método, cuáles son las condiciones que garantizan la convergencia, el algoritmo del método en pseudocódigo, y algunos ejemplos de aplicación sencillos. La Figura 1 muestra algunos de ellos. Estos videos luego fueron subidos a YouTube, y se difundieron en un archivo de texto mediante el link correspondiente a cada uno, junto con preguntas para que el alumno se cuestione mientras mira cada uno de los videos.

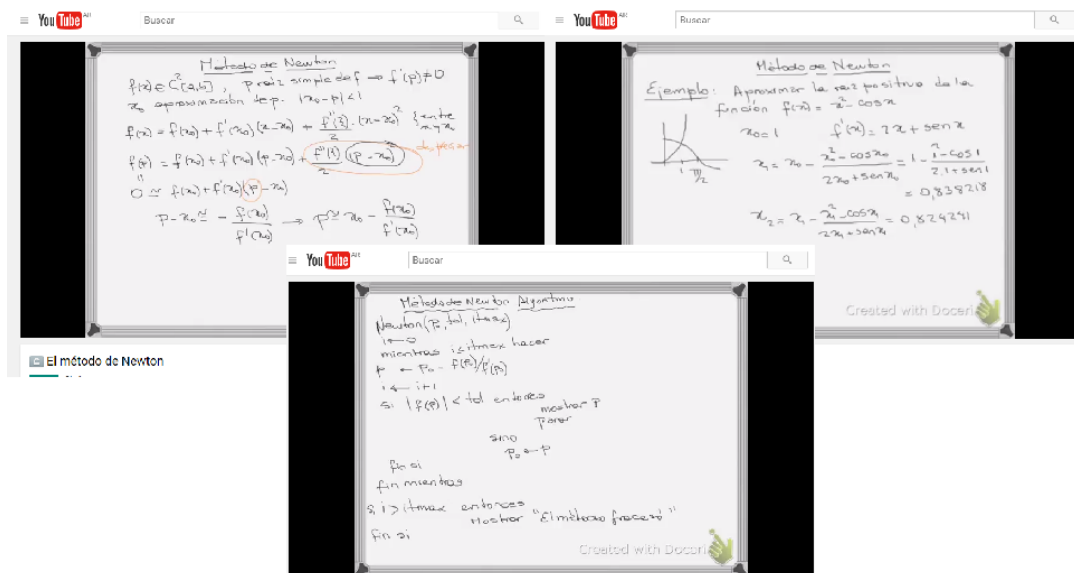


Figura 1. Algunos de los videos realizados sobre el método de Newton

Antes de aplicar la metodología de clase invertida, se realizó una encuesta a los estudiantes para conocer cómo los estudiantes estudiaron matemática en los años anteriores en la universidad. En particular, se buscó recolectar información sobre:

- sus hábitos de estudio relacionados con matemática en la universidad,
- su opinión sobre las clases de teoría y las prácticas realizadas en clase, en las materias de matemática,
- su opinión sobre el uso de videos y la intensificación de la práctica en clase.

Luego, se asignó a los alumnos la tarea de ver los videos sobre el método de Newton para una fecha determinada.

Durante la clase, se realizó un breve resumen de los contenidos teóricos incluidos en los videos, con participación de los alumnos, haciendo énfasis en los puntos clave. Luego los estudiantes fueron invitados a resolver algunos problemas seleccionados en forma autónoma, solos o en grupos.

Se propuso la resolución de ejercicios sencillos al principio, del tipo de los que podían encontrar resueltos en los videos proporcionados, con papel y lápiz. En general, trabajaron de a grupos, aunque necesitaron una breve explicación inicial debido a las dificultades que presentaban. Luego se les indicó a los alumnos que resolvieran ejercicios de aplicación, en donde primero debieron interpretar el problema, para poder plantear la ecuación que se debía resolver, en función de los datos del problema, para luego determinar el punto de partida indicado para aplicar el método de Newton. La mayoría de los estudiantes tuvo inconvenientes para interpretar los enunciados, por lo que se debieron hacer aclaraciones generales en el pizarrón.

Finalmente, en una clase posterior se realizó otra encuesta entre los alumnos, con el objeto de indagar su opinión sobre la metodología de clase invertida. En esta encuesta, se recabó información relacionada con la experiencia de ver videos de clase en sus casas, y los cambios realizados en la clase presencial.

3. RESULTADOS

Se muestran aquí los resultados de las dos encuestas realizadas, acompañados de un análisis.

1.1. Primera encuesta.

La primera encuesta se dividió en tres partes. La primera parte de la encuesta inicial indagó sobre los hábitos de los estudiantes en cuanto al estudio de matemática en los años previos a la universidad. También se incluyeron algunas preguntas dirigidas a recabar la opinión de los alumnos en cuanto a estudiar en casa con videos, e invertir la clase.

En la Figura 2 se muestran datos sobre qué tan frecuentemente este grupo estudió matemática en años previos en la universidad.

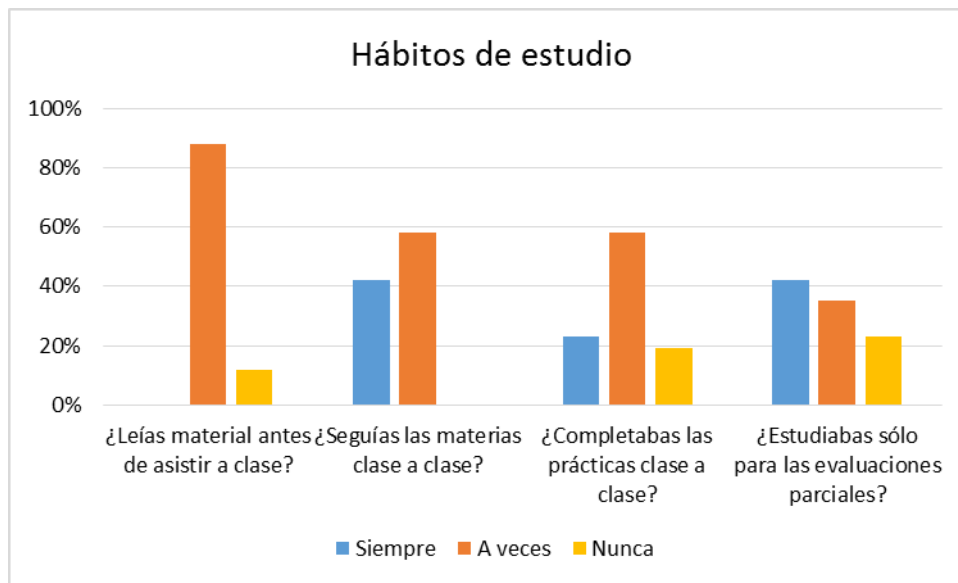


Figura 2. Los hábitos de estudio (en materias relacionadas con matemática) en la universidad.

En particular, respecto de las actitudes de los alumnos hacia el estudio diario, se puede observar en la Figura 2, que no están acostumbrados a estudiar matemática día a día. No tienen establecido el hábito de leer material antes de ir a clase, y sólo el 23% de los estudiantes dijo que siempre completa los ejercicios asignados en una clase para la siguiente. Además, un dato alarmante es que el 42% de los alumnos dijo que estudia sólo antes de las evaluaciones parciales. Se incluyó en la encuesta una pregunta sobre los diferentes tipos de material de estudio que utilizaron en la universidad, en particular en asignaturas de matemática. Los resultados se muestran en la Figura 3.

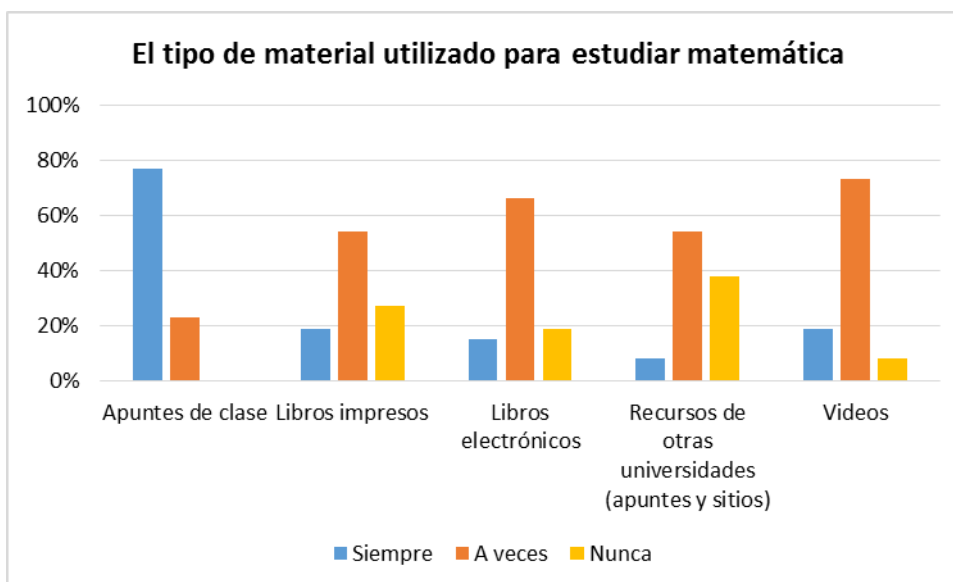


Figura 3. El tipo de material utilizado por los estudiantes para estudiar matemática en la universidad.

Con la información brindada en la Figura 3 se pudo concluir que el material más utilizado por los alumnos de este grupo son los apuntes de clase, en segundo lugar los videos (el 20% siempre, el 73% a veces, menos del 10% dijo nunca haberlos utilizado), y en tercer lugar los libros impresos (el 20% siempre, el 54% a veces, casi el 30% nunca dijo haberlos utilizado). En menor medida, utilizan libros electrónicos o recursos de otras universidades.

La segunda parte de la primera encuesta se destinó a recabar información sobre la opinión de los estudiantes sobre las clases teóricas en las asignaturas de matemática y la cantidad de práctica hecha en clase y de la forma que ésta se aborda. La Figura 4 muestra que los estudiantes consideraron beneficioso asistir a clase, ya que el 65% opina que las clases teóricas fueron útiles para ellos, y sólo el 8% respondió que no iría si la asistencia no fuera obligatoria. En cuanto al desarrollo de práctica, más del 50% respondió que hubiera preferido hacer más práctica en clase.

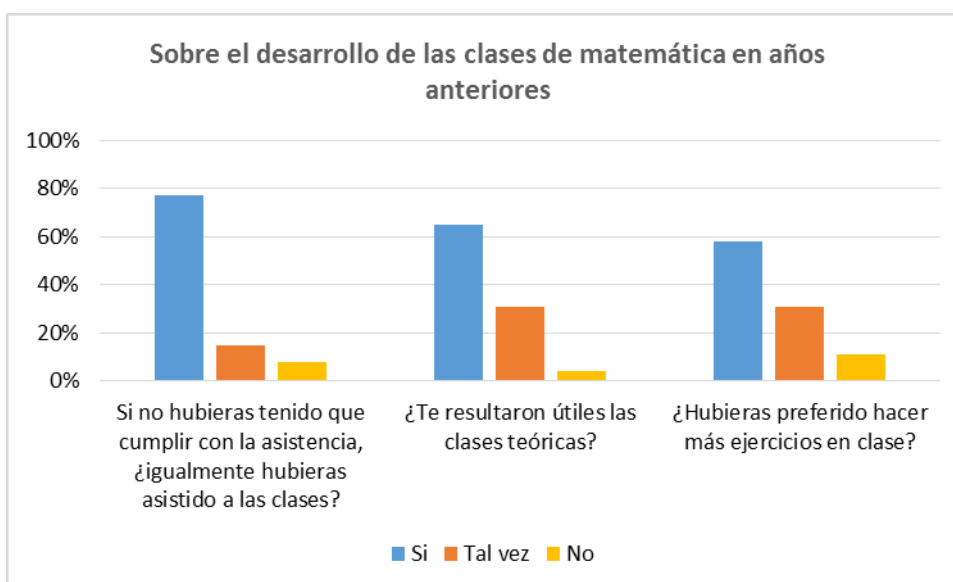


Figura 4. La opinión de los alumnos en cuanto a las clases de asignaturas de matemática en la universidad

La última parte de esta primera encuesta tuvo como objetivo averiguar qué piensan los alumnos sobre las técnicas utilizadas en el modelo de clase invertida, es decir, el uso de videos para acceder a la teoría y realizar más práctica en clase, de manera activa, antes de la primera experiencia. La Figura 5 resume sus opiniones.

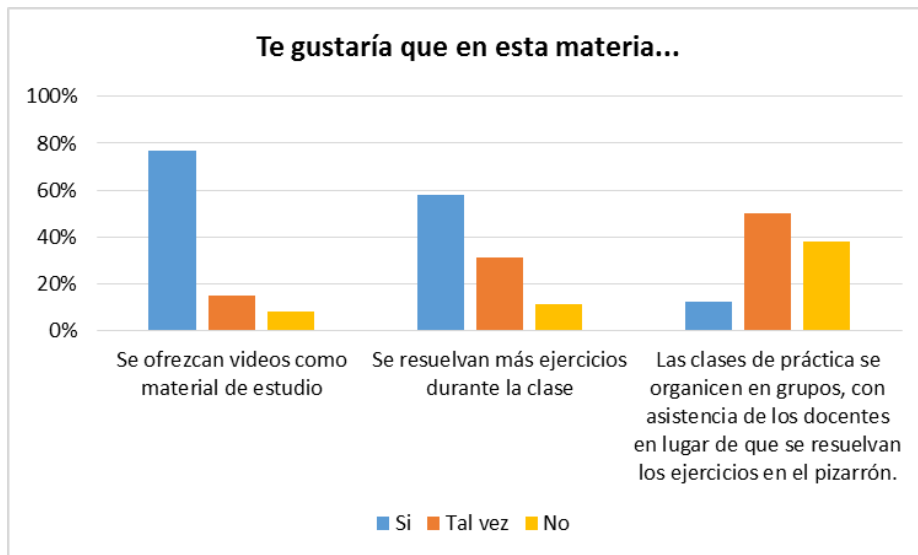


Figura 5. Opinión de los alumnos en cuanto a las técnicas utilizadas en la clase invertida

Puede verse claramente en la Figura 5 que los alumnos eligen el formato video como una manera de acceder a la información, así como también están de acuerdo en intensificar el desarrollo de práctica en clase. Pero no están del todo convencidos en trabajar de manera autónoma, asistidos por los docentes, son más proclives a tener una actitud pasiva, como meros espectadores, viendo cómo se resuelven los ejercicios en el pizarrón.

1.2. Segunda encuesta.

La segunda encuesta se realizó luego de aplicar la metodología de clase invertida en el desarrollo del tema “Método de Newton para resolución de ecuaciones no lineales”, con el fin de realizar un análisis de la vivencia de la experiencia en los estudiantes. La encuesta se distribuyó el mismo día de la evaluación conceptual del tema “Ecuaciones no lineales”.

Se incluyó, al principio, una pregunta sobre el conocimiento previo del tema abordado. Se encontró que el 30% de los estudiantes habían visto el tema anteriormente porque ya habían iniciado el cursado de la materia en años anteriores, siendo este tema uno de los primeros que se desarrolla en la materia. De los alumnos que iniciaron el cursado este año, ninguno tenía conocimiento del tema.

El día que se aplicó la metodología de clase invertida, al principio de la clase, se consultó quiénes habían visto los videos. Para sorpresa de los docentes, sólo la mitad lo había hecho, en el momento indicado. Como la encuesta se realizó un tiempo después de la clase invertida, junto con la evaluación del tema completo, los alumnos tal vez tuvieron la oportunidad de ver los videos, ya sea nuevamente, o por primera vez. Se preguntó entonces en esta encuesta a los alumnos si habían visto los videos, cuántas veces y cuándo lo hicieron, en caso que los hubieran visto. Las Figuras 6 y 7 muestran información al respecto.



Figura 6. Porcentaje de alumnos que vio los videos, y cuántas veces lo hicieron

Casi el 90% de los alumnos respondió en la encuesta que había visto los videos asignados, y en varios casos más de una vez, como se puede apreciar en la Figura 6. Esto confirma la hipótesis de que los alumnos optaron, en su mayoría, por ver los videos. La Figura 7 refleja el momento en que los alumnos vieron el video, corroborando lo observado en la clase.

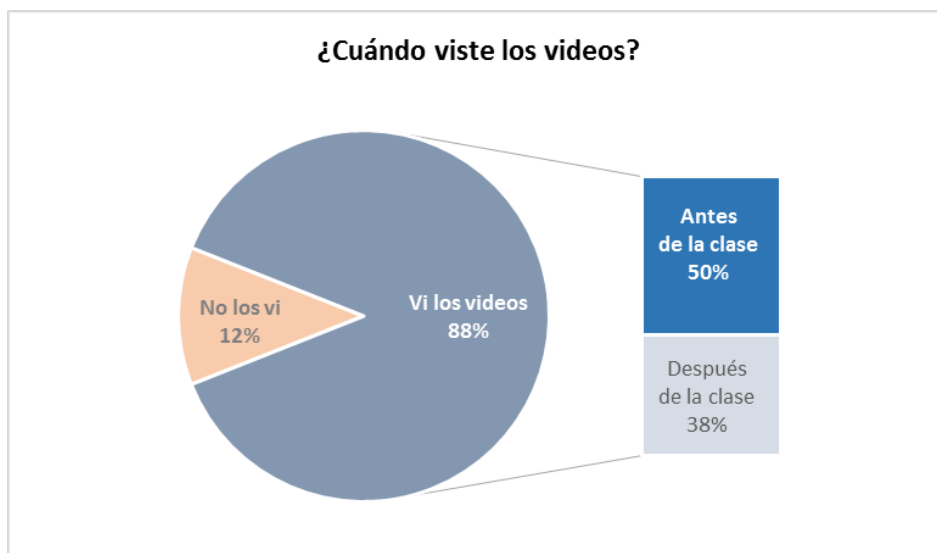


Figura 7. Porcentaje de alumnos que vio los videos, y en qué momento

Surge entonces la pregunta ¿por qué los estudiantes vieron los videos después de la clase?. Una respuesta posible es que lo hicieron para estudiar el tema para la evaluación conceptual. A pesar que tenían material sobre el método de Newton en el sitio Web asignado como material del curso, y bibliografía específica, eligieron el formato video para estudiar, como una manera de presenciar la clase nuevamente. Este hecho se condice con lo encontrado en la primera encuesta, donde se reflejó que muchos alumnos estudian para la evaluación.

Para evaluar si las tareas previas para hacer fuera de clase habían cumplido con su objetivo, se consultó a los alumnos si los videos asignados les habían servido para entender el método de Newton. Los alumnos reaccionaron positivamente a esta consulta, siendo que el 90% respondió que al menos había entendido bastante el tema como se puede ver en la Figura 8.

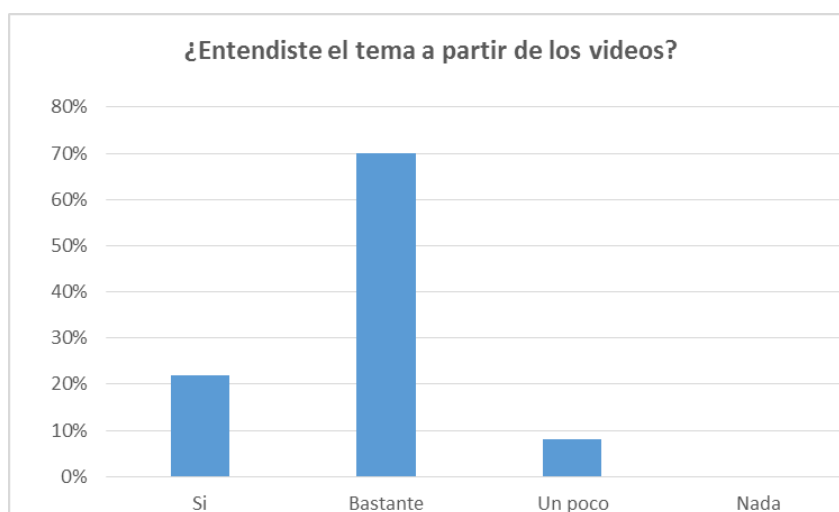


Figura 8. ¿Sirvieron los videos para entender el tema?

La clase presencial ofrece al alumno la posibilidad de interactuar con el docente, preguntando o haciendo acotaciones. La visualización de los videos en forma individual puede ser considerada como una desventaja en esta metodología de la clase invertida, ya que se pierde el diálogo de la clase, donde los alumnos preguntan si no entienden, o el docente detiene su explicación para dar participación a los alumnos o hacer hincapié en alguna cuestión en particular. Pero de alguna manera, los alumnos intentaron resolver las dudas que les surgían, con una herramienta que la clase en vivo no posee: la posibilidad de "rebobinar", es decir, volver el video hacia atrás, tantas veces como se desea. En este sentido, el 81% de los alumnos dijo haber tenido dudas durante la

visualización de los videos. En la Figura 9 se muestra que, de los que tuvieron dudas, casi el 90% volvió a ver los videos nuevamente para encontrar la respuesta a sus preguntas.

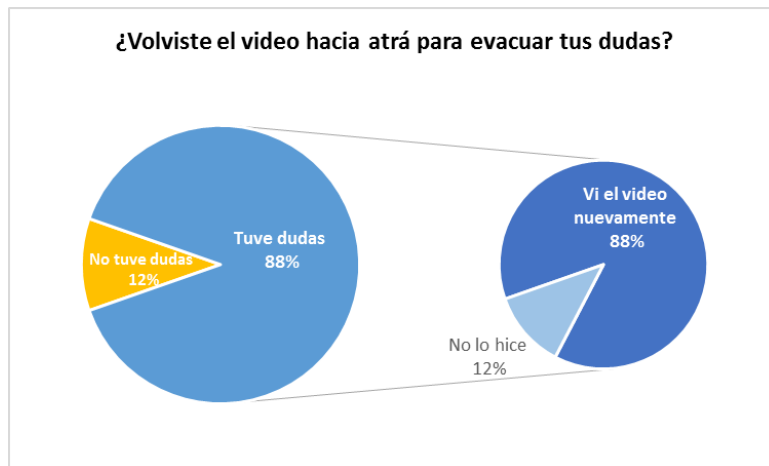


Figura 9. Sobre las dudas surgidas durante la vista de los videos

Pero en la Figura 10 se aprecia que no fueron muchos –sólo el 35%– los que las anotaron para llevarlas a clase para su discusión. Posiblemente, esta acción debe reforzarse en futuras experiencias.

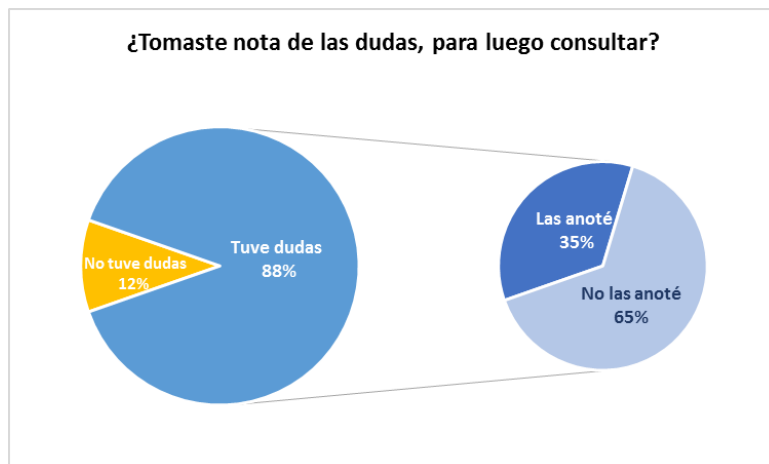


Figura 10. ¿Llevaron las dudas a clase?

Con respecto al desarrollo de la clase, se puede observar en la Figura 11 que más del 80% de los alumnos consideró útil el resumen del tema realizado al principio de la clase, tomando los puntos clave del tema. Y respecto a la experiencia de resolver ejercicios en forma autónoma, en lugar de ver cómo se resuelven en el pizarrón, no se mostraron del todo convencidos. Esto se vio tanto en la observación de la clase como en la encuesta, coincidiendo con la opinión que tenían antes de realizar la experiencia de la clase invertida.

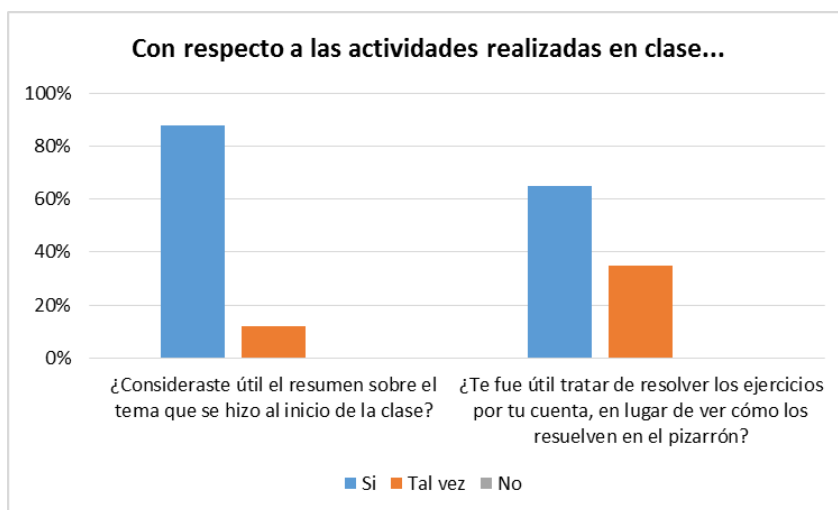


Figura 11. Opinión sobre las actividades realizadas en clase

4. CONCLUSIONES

En general, el grupo de alumnos donde se aplicó esta experiencia no posee el hábito de estudiar periódicamente, siguiendo sus materias día a día. Esto constituye un obstáculo para la aplicación de la metodología de clase invertida debido a que la misma demanda un cambio de hábitos de estudio por parte de los estudiantes.

Esta experiencia mostró algunos puntos a ser fortalecidos por el equipo docente, de manera de obtener más ventajas al invertir la clase. Por ejemplo, dar al alumno algunos consejos de cómo deben ver los videos, cómo tomar apuntes, de la misma manera que lo hacen en clase, con la facilidad que aquí pueden “pausar la clase y rebobinarla”, anotando las dudas que les van surgiendo, para luego preguntarlas en la clase.

Con respecto a las técnicas utilizadas en la clase invertida, los estudiantes se mostraron predisuestos al uso de videos durante su proceso de aprendizaje, pero no tanto a no tener al docente resolviendo ejercicios en el pizarrón. Posiblemente, más experiencias de clase invertida puedan cambiar la actitud pasiva de los estudiantes a una participación activa, lo que constituiría un factor favorable para su aprendizaje.

5. REFERENCIAS

- [1] Flipped Learning Network (FLN). (2014) The Four Pillars of F-L-I-P™ (www.flippedlearning.org/definition)
- [2] J. Bergmann & A. Sams (2015) *Flipped Learning for Math Instruction*. 1a. edición. ISTE (International Society for Technology in Education). EE.UU.
- [3] C. Jordán Lluch, M. Peñaber, & E. Sanabria Codesal, (2014) Experiencias docentes: Investigación del impacto en un aula de matemáticas al utilizar flip education. *Pensamiento matemático* Vol.4 Nro. 2, (pp. 9-22)
- [4] See, S. y Conry, J. (2014) Flip My Class! A faculty development demonstration of a flipped-classroom. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning* 6 (pp. 585-588)
- [5] D. Krathwool (2002) A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, Vol.41 No. 4
- [6] Spiegel, A. y Rodríguez, G. (2016) *Docentes y videos en tiempos de Youtube. Horizontes y desafíos, a partir de investigaciones realizadas en la universidad*. 1ª. edición. Ed. Agebe. Buenos Aires, Argentina.
- [7] Loong, E.Y-K. & Herbert, S. (2012) Students Perspective on Web-based Mathematics. *International Journal of Educational Research*. 53 (pp. 117–126)
- [8] M. Caligaris, G. Rodríguez & L. Laugero (2016) Virtual Labs in Numerical Analysis, INTED2016 Proceedings. pp. 4320-4326
- [9] W. Heyborne & J. Perrett. (2016) To Flip or Not to Flip? Analysis of a Flipped Classroom Pedagogy in a General Biology Course. *Journal of College Science Teaching* Vol. 45, No. 4 (pp. 31-37)
- [10] M. Caligaris, G. Rodríguez & L. Laugero. (2016) A first experience of flipped classroom in numerical analysis *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 217 (pp.838 - 845)
- [11] M. Caligaris, G. Rodríguez & L. Laugero (2015) Using the Web as part of the classroom in Numerical Analysis Courses. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol 182 (pp. 596 – 600)

- [12] M. Caligaris, G. Rodríguez, L. Laugero & J. E. Valentini (2016c) Teaching and Learning Advanced Calculus Using the Web. *International Educational Technology Conference – IETC* Dubai, Emiratos Árabes Unidos, Febrero 2016