

IMPLEMENTACIÓN DEL AULA INVERTIDA EN UN CURSO INTRODUCTORIO DE FÍSICA PARA INGENIEROS: GANANCIAS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES

Gonzalo Recio Sánchez, Departamento de Ciencias Matemáticas y Físicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Católica de Temuco, Chile. E-mail: grecio@uct.cl

Andrea Sáez, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile, E-mail: ansaezj@uc.cl

Héctor Turra Chico, Centro de Desarrollo e Innovación de la Docencia, Universidad Católica de Temuco, Chile. E-mail: hturra@uct.cl

RESUMEN

La sociedad actual demanda un cambio prioritario en la enseñanza universitaria, dado las condiciones cambiantes del perfil de ingreso estudiantil. De este modo, se ha mostrado que metodologías activas como el aula invertida generan una mejora en la obtención de aprendizajes profundos. En este trabajo se exponen los resultados luego de implementar el aula invertida en un curso de introducción a la física para ingenieros en la Universidad Católica de Temuco. Para la implementación de dicha innovación, se generaron una serie de actividades que los estudiantes realizaron antes de cada clase con el objeto de desarrollar actividades activas y de mayor complejidad en las sesiones presenciales. Con esta innovación pedagógica se alcanzaron elevadas ganancias de aprendizaje obtenidas a través de protocolos de aprendizaje específicamente realizados para el curso, demostrando un mayor aprendizaje profundo por parte de los estudiantes.

PALABRAS CLAVES: aula invertida, enseñanza de física, ganancia de aprendizaje, aprendizaje superficial, aprendizaje profundo

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existe preocupación por egresar ingenieros de alta calidad y competitivos a nivel mundial. Sin embargo, diferentes estudios han confirmado que el aprendizaje de dichos ingenieros no ha sido un aprendizaje profundo, manifestando su carencia en la comprensión de conocimientos en ciencias básicas una vez egresados (The Royal Academy of Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 2012). Es por ello, que se ha generado la necesidad de innovar y transformar las tradicionales clases de ciencias para que los estudiantes alcancen un aprendizaje profundo que les permita enfrentar los actuales y futuros desafíos de la ingeniería.

Las nuevas tendencias en docencia en educación superior, han permitido relevar la importancia del alineamiento constructivo, es decir la coherencia entre los resultados de aprendizaje de un curso, sus estrategias de evaluación y sus actividades de enseñanza-aprendizaje (Handelsman *et al*, 2004; Bissel y Lemons, 2006; Biggs, 2011). Lo anterior, debe estar basado en un enfoque de aprendizaje centrado en el estudiante que permita que estos sean profundos (Masciotra y Morel 2011; Biggs, 2011; Dee Fink, 2013). En este contexto, las estrategias de enseñanza que han mostrado mejores resultados (Prince, 2004; Hattie, 2009), son aquellas que promueven el aprendizaje activo de los estudiantes, dentro de las cuales se destaca el aula invertida o clase al revés (Milman, 2012). En este trabajo se presentan las ganancias de aprendizaje (Hake, 2007) al implementar la estrategia de aula invertida en un curso introductorio de Física para ingenieros, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Temuco.

Aprendizaje superficial y profundo en estudiantes universitarios

La gran mayoría del profesorado estaría de acuerdo en afirmar que el éxito académico no sólo debería medir cuánto conocimiento es capaz de memorizar y comprender el estudiante, sino también qué son capaces de hacer con dicho conocimiento (Masciotra y Morel, 2011, Fink, 2013). De hecho, está comúnmente aceptado que la memorización y la repetición sólo requieren un mínimo nivel de entendimiento, mientras que la aplicación del conocimiento y el pensamiento crítico son habilidades de mayor orden cognitivo que requieren un conocimiento conceptual profundo (Biggs, 2011), y con las que a menudo los estudiantes manifiestan grandes dificultades, sobre todo en temáticas de ciencias básicas (Trejo, Camarena y Trejo, 2013).

Una de las aproximaciones más actualizadas para medir el tipo de aprendizaje es la Taxonomía SOLO (Structured of the Observed Learning Objectives) (Biggs, 2006; Biggs y Tang, 2007, Biggs, 2011) ya que facilita una forma sistemática de describir como aumenta la complejidad de la actuación de un estudiante cuando domina muchas tareas académicas (Biggs, 2006). La complejidad de la actuación en diferentes escenarios de aprendizaje es clasificada en cinco niveles: preestructural, uniestructural, multiestructural, relacional y abstracto ampliado, tal como muestra la figura 1.

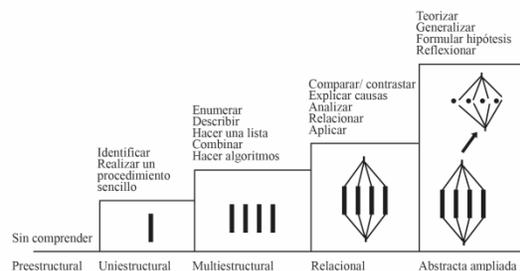


Figura 1. Esquema de la taxonomía SOLO (adaptado de Biggs, 2006)

Los niveles Uniestructural y Multiestructural corresponden a la fase cuantitativa que está centrada en la cobertura de información, es decir, cuanta información maneja un estudiante con bajo nivel de profundidad. Por otro lado, los niveles Relacional y Abstracto ampliado, corresponden a una fase cualitativa cuyo énfasis está en la profundidad y la utilización de la información (Biggs, 2006). Estos dos últimos niveles implican un cambio conceptual que está referido a la construcción activa de aprendizajes, para que esto ocurra se requiere un desarrollo progresivo de los niveles precedentes.

En este sentido, cuando un estudiante utiliza los tres primeros niveles de esta taxonomía estaría desarrollando un aprendizaje superficial de un área de estudio en particular. Por consiguiente, cuando un estudiante logra avanzar hacia los niveles Relacional y Abstracto Ampliado, se puede afirmar que está desarrollando un aprendizaje profundo.

Aula Invertida

El fenómeno del *Flipped Classroom* (clase al revés o aula invertida), se refiere a la inversión de los procesos que tradicionalmente se llevan a cabo para enseñar y aprender (Lage, Platt y Treglia, 2000). Para comprender este cambio se debe entender la clase en términos de lo presencial, lo que el profesor realiza en la sala de clase con los estudiantes, y lo autónomo, usualmente las tareas y trabajos que los estudiantes realizan en sus hogares o con sus compañeros fuera del aula. En este contexto, la inversión corresponde al cambio de lo que tradicionalmente se hace en el trabajo presencial hacia el trabajo autónomo y viceversa, el trabajo autónomo se mueve al contexto presencial (Demetry, 2010).

A nivel universitario, el trabajo presencial tradicionalmente se conoce por la importancia de las cátedras y la pasividad con la que los estudiantes 'reciben' contenidos y 'materia' (Berret, 2012). Las estrategias de enseñanza como la cátedra permiten que el estudiante aprenda de forma superficial, ya que sólo permite identificar conceptos, y en algunos casos describirlos y combinarlos. Sin embargo, es fuera de la clase, en el desarrollo de tareas autónomas, donde se espera que el estudiante desarrolle aprendizajes profundos, ya que en esta instancia debería ser capaz de aplicar, argumentar y criticar contenidos para reflexionar sobre los mismos y generar comprensión global y específica.

Esta nueva metodología, plantea la inversión de los procesos descritos en el párrafo anterior, moviendo el trabajo para desarrollar aprendizajes superficiales al trabajo autónomo y el aprendizaje profundo al trabajo presencial en donde, y debido a la complejidad del desarrollo de este tipo de aprendizajes, el estudiante necesita más apoyo (Biggs y Tang, 2007). En este escenario, el profesor asume nuevas responsabilidades, facilitando el aprendizaje activo de los estudiantes, la colaboración y como consecuencia de esto el aprendizaje profundo (Baker, 2000).

La clase invertida propicia que los niveles más altos de la taxonomía SOLO se trabajen con la ayuda del profesor en el aula, y los niveles más bajos fuera de ésta, durante el trabajo autónomo. Esta inversión se lleva a cabo, por ejemplo, grabando cátedras y explicaciones de contenido para subirlas a plataformas virtuales a las que los estudiantes tengan acceso para revisarlas y estudiarlas durante el trabajo autónomo antes de una clase presencial. De esta forma, la clase se transforma en un espacio rico en interacciones en donde el profesor se transforma en guía del estudiante que desarrolla aprendizaje profundo de la disciplina específica (Baker, 2000; Bergamm y Sam 2012; Gutierrez *et al* 2013).

DESARROLLO

Para la implementación de la clase invertida en los cursos de Física I para estudiantes de ingeniería (cuyo temario se resume en la mecánica Newtoniana) nos basamos en el uso de una plataforma online (MOODLE) que permite la instalación de recursos educativos que son trabajados en las horas autónomas previas a las clases presenciales con el docente.

La implementación de esta metodología se resume en la figura 2. En primer lugar, los estudiantes deben trabajar de forma autónoma antes de las clases presenciales diferentes actividades online subidas a dicha plataforma.

Las actividades online consisten en una serie de videos y materiales de lectura con las cuales el profesor introduce los primeros niveles del aprendizaje de los temas a tratar en el curso. Con este material, se espera que logren los niveles uniestructural y multiestructural (Biggs, 2006; Biggs y Tang, 2007, Biggs, 2011). Con el objeto de que el profesor realmente certifique dichos avances, los estudiantes también deben responder a ciertos cuestionarios enfocados a dichos niveles del aprendizaje. A su vez, se les propone diversos ejercicios de nivel Relacional y Abstracto ampliado como un desafío que facilite la introducción a las actividades de las clases presenciales. Tanto los cuestionarios como los ejercicios de mayor profundidad se responden mediante la plataforma online.

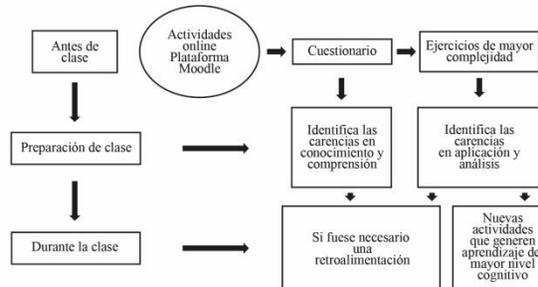


Figura 2: Esquema de la implementación de la estrategia clase invertida.

Para el desarrollo de este estudio se trabajó con los estudiantes del curso de Física I de la Universidad Católica de Temuco durante el año 2015. Dicho curso es común a todas las ingenierías civiles impartidas en la universidad.

Por malla curricular, dicho curso se encuentra en el segundo semestre del primer año. Sin embargo, también se dicta durante el primer semestre para aquellos estudiantes que o bien reprobaron el curso, o no lo realizaron en su segundo semestre del primer año por diversos motivos (incompatibilidad horaria o reprobación del curso álgebra en contexto, el cual es pre-requisito). Durante esta implementación participaron un total de 38 estudiantes durante el primer semestre de 2015 cuyos estudios se reparten en 29 estudiantes de ingeniería civil industrial, 6 estudiantes de ingeniería civil química y 3 estudiantes de ingeniería civil ambiental, a los cuales se les denominará sección 1; y 41 estudiantes durante el segundo semestre de 2015 cuyos estudios se reparten en: 23 estudiantes de ingeniería civil industrial, 9 estudiantes de ingeniería civil química y 9 estudiantes de ingeniería civil ambiental, a los cuales se les denominará sección 2.

Con el objetivo de medir el avance en los conocimientos de los estudiantes tras la aplicación de la innovación pedagógica, y, por tanto, la eficiencia de ésta, se realizó un protocolo de aprendizaje basados en un serie de pre-test antes de comenzar cada una de las partes del curso, y cuyos resultados se comparan con los obtenidos en otros post-test realizados tras impartir los contenidos asociados, siguiendo el protocolo estándar (Bates and Galloway 2010).

Se diseñaron 2 pre y post test, destinados a los 2 primeros resultados de aprendizaje del curso. El temario relacionado con el protocolo uno es la cinemática, mientras que el protocolo 2 se relaciona con la mecánica newtoniana y teoremas de conservación de la energía. Dichos pre y post test contienen una serie de preguntas categorizadas según los diferentes niveles del aprendizaje de la taxonomía SOLO. En particular dichos test contienen un banco de preguntas relacionadas con cada uno de los niveles de aprendizaje de la taxonomía. De esas preguntas se muestran de manera aleatoria un total de 3 preguntas para cada nivel, haciendo del test (ya sea pre o post test) un total de 12 preguntas: 3 preguntas relacionadas con el nivel uniestructural, 3 preguntas relacionadas con el nivel mutiestructural, 3 preguntas relacionadas con el nivel relacional y 3 preguntas relacionadas con el nivel abstracto ampliado. Todas las preguntas son de opción múltiple, para facilitar la constestación de los estudiantes. Las preguntas del nivel estructural se basan en definiciones y procedimientos sencillos. Algunos ejemplos de preguntas relacionadas con este nivel serían: 1: *Un movimiento rectilíneo uniforme se define como: a) aquel en el cual la aceleración del objeto es constante; b) Aquel en el cual la velocidad del objeto es constante; c) aquel en el cual tanto la velocidad como la aceleración del objeto son constantes; d) cualquier tipo de movimiento que se realiza en una dimensión.* 2: *Un*

auto viaja a una velocidad constant de 100 km/h, ¿cuánto tiempo se demora en recorrer 450 km? a) 4 horas y media; b) 4 horas; c) 5 horas; d) 6 horas y media. Las preguntas relacionadas con el nivel multiestructural se basan en descripciones, combinaciones y la realización de algoritmos. Algún ejemplo de preguntas relacionadas con esta categoría sería: Si un auto se mueve con una aceleración constante de 2 m/s²: a) recorre dos metros cada segundo al cuadrado; b) recorre dos metros cada segundo; c) recorre dos metros al cuadrado cada segundo, d) su velocidad aumenta 2 m/s cada segundo. Las preguntas relacionadas con el nivel relacional, se basan en análisis de situaciones. Un ejemplo de preguntas de este tipo sería: Se lanza una pelota desde el suelo con una velocidad inicial que forma un ángulo con la horizontal α . ¿Con qué ángulo se alcanzará mayor distancia horizontal cuando la pelota vuelva a tocar el suelo? a) 0°; b) 90°; c) 45°; d) 30°. Las preguntas relacionadas con el nivel abstracto ampliado están basadas en la teorización y la formulación de hipótesis. Algunos ejemplos de tipo de pregunta relacionada con este nivel sería el siguiente: Se lanza verticalmente y hacia arriba un piedra desde lo alto de un edificio de altura 20 metros. La piedra alcanza un altura maxima de 20 metros por encima del edificio y tarda 2 segundos en adquirir dicha altura. Posteriormente vuelve a bajar hasta llegar al suelo. ¿Cuánto tiempo se demorará en ir desde la atura maxima hasta el suelo? a) 2 segundos; b) 4 segundos; c) más de dos segundos pero menos de 4. d) Más de 4 segundos.

Para determinar los logros de aprendizaje se utilizó la ganancia porcentual normalizada de Hake (2007), G, la cual se define como:

$$G = \frac{(\%post - \%pre)}{100 - \%pre} \quad (1)$$

donde %post y %pre corresponden al porcentaje obtenido para el post-test y pre-test respectivamente. Esta ganancia oscila entre el 0 y el 100%. 0 % indicaría un mismo resultado entre el post y el pre test, mientras que un 100% indicaría que el post test se respondió completamente correcto.

RESULTADOS

En la figura 3 se muestran los resultados de las preguntas acertadas correspondientes a cada nivel del aprendizaje de los pre y post-test relacionados con el primer resultado del aprendizaje y cuyo temario está relacionado con la cinemática, junto con las ganancias del aprendizaje obtenidas, para cada una de las secciones estudiadas. En las figuras 3a y 3c se muestra la media de las preguntas acertadas contestadas.

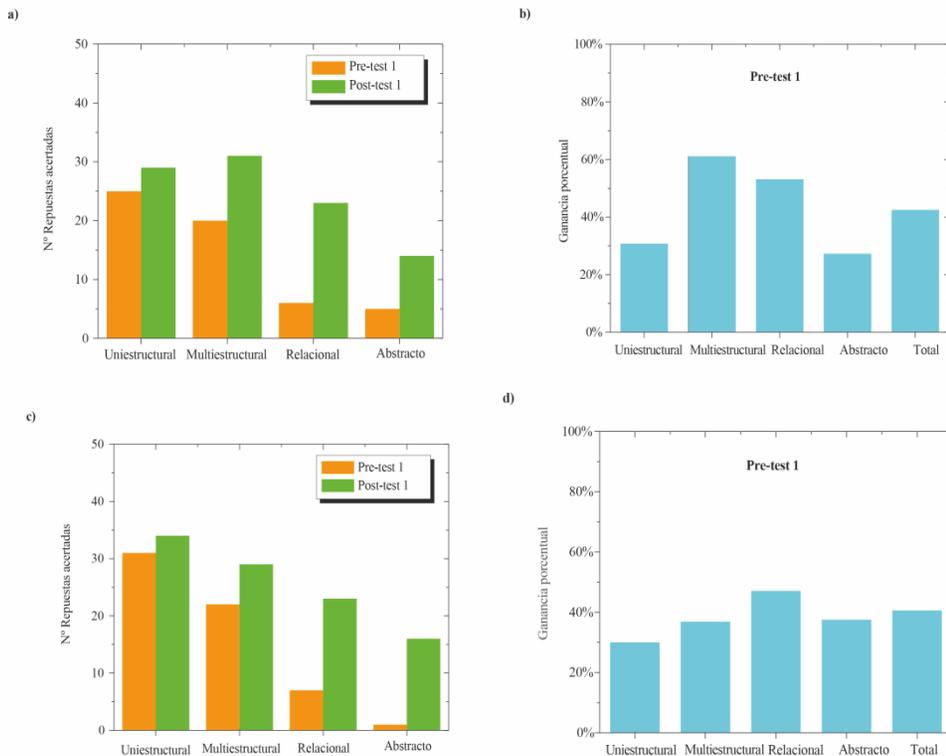


Figura 3: Resultados de los pre y post test relacionados con el primer resultado del aprendizaje. a) Preguntas acertadas en los pre y post test de la sección 1, b) ganancia del aprendizaje obtenida para la sección 1, c) preguntas acertadas de la sección 2 y d) ganancia del aprendizaje obtenida para la sección 2.

Lo más relevante de los datos obtenidos es la ganancia de aprendizaje total para ambas secciones, siendo del 45% y 42% respectivamente para cada una de ellas. Esta ganancia sugiere ser consecuencia principalmente de dos factores. El primer factor es el tipo de preguntas realizadas en los test, debido a que la totalidad de las preguntas fueron ejercitadas y abordadas en el curso a partir de actividades de aprendizaje activo, es decir, se resguardó el alineamiento constructivo entre los resultados de aprendizaje y las actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación (Biggs, 2006; Biggs y Tang, 2007, Biggs, 2011), para de este modo, comprobar si los estudiantes aprendieron lo que se trabajó.

El segundo factor que se considera importante a la hora de obtener estas ganancias de aprendizaje fue la congruencia entre las evaluaciones realizadas en el curso. Los post-test se realizaron el día anterior a la prueba relacionada a cada resultado del aprendizaje, y se les planteó a los estudiantes que lo resolvieran como punto de partida (evaluación formativa) para planificar su estudio de cara a la prueba escrita. De este modo, la mayor parte de los estudiantes respondieron el post-test de un modo apropiado, contestando lo que realmente pensaban y no de forma aleatoria.

Sobre los resultados de los pre test, cabe destacar el gran número de preguntas acertadas, sobre todo las destinadas a los primeros niveles del aprendizaje: Uniestructural y Mutiestructural, sugiriendo que el temario no era novedoso para los estudiantes. Sin embargo,

carecían de las habilidades necesarias para llevar esos conocimientos a mayores niveles cognitivos.

Tras aplicar la clase invertida podemos comprobar la ganancia de aprendizaje obtenida en las preguntas relacionadas con los niveles Relacional y Abstracto Ampliado, indicando que las actividades realizadas durante el curso han ayudado a un alto porcentaje de los estudiantes a adquirir aprendizajes profundos. De hecho, las preguntas asociadas al nivel Relacional son aquellas que mayor ganancia del aprendizaje obtuvieron.

Sobre los resultados de los pre y post test relacionados con el segundo resultado de aprendizaje, y cuyos resultados se muestran en la figura 4, se puede observar un comportamiento similar a los obtenidos en el primer pre y post test, para ambas secciones. Las ganancias de aprendizaje en este sentido, vuelven a tener valores bastantes elevados, llegando casi al 50 %.

Cabe mencionar sobre los resultados de los pre test la tendencia que se repite en ambas secciones en las cuales se han acertado mayor número de preguntas relacionadas con el nivel Multiestructural que con el nivel Uniestructural. A su vez se puede comprobar ganancia de aprendizaje en todos los niveles del aprendizaje tras la implementación de la clase invertida. Sin embargo, para el nivel de mayor complejidad, Abstracto Ampliado, es para el cual se obtuvo el menor porcentaje de ganancia.

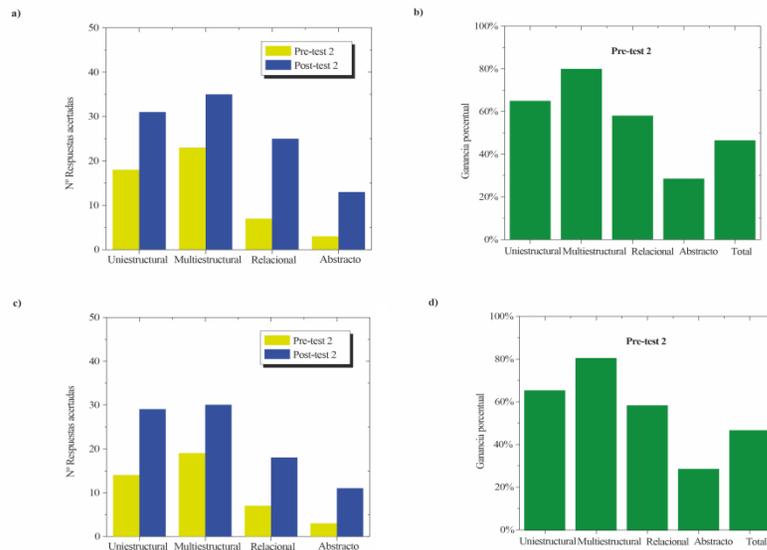


Figura 4: Resultados de los pre y post test relacionados con el segundo resultado del aprendizaje. a) Preguntas acertadas en los pre y post test de la sección 1, b) ganancia del aprendizaje obtenida para la sección 1, c) preguntas acertadas de la sección 2 y d) ganancia del aprendizaje obtenida para la sección 2.

CONCLUSIONES

A modo de conclusión, cabe destacar que la implementación del aula invertida en el curso introductorio de Física para ingenieros en la Universidad Católica de Temuco ha logrado un buen resultado en la generación de pensamiento crítico y de habilidades de mayores niveles cognitivos. A pesar de la poca afinidad de los estudiantes al trabajo autónomo y su preferencia por las clases tradicionales, la opinión de los mismos tras la implementación de la innovación

docente fue positiva. Esto también lo demuestra los resultados de los test del avance de aprendizaje, donde se puede comprobar una ganancia de conocimientos en todos los niveles, siendo la mayor de ellas en los últimos niveles de aprendizaje.

Sobre las opiniones del profesorado tras la implementación de la metodología en comparación con las clases tradicionales destaca la mayor participación de los estudiantes en el aula al igual que la generación de un pensamiento crítico mostrado tanto en los resultados de las pruebas, como en el desarrollo de las clases de cátedra, donde los estudiantes realizaron preguntas de mayor complejidad, demostrando un pensamiento crítico, a diferencia de cuando se realizaron los cursos de manera tradicional, donde este tipo de preguntas nunca aparecieron.

AGRADECIMIENTOS

Los autores de este trabajo agradecen el apoyo de los proyectos PID-UCT-411-3209 y PM UCT1309 y PM UCT1402 de la Universidad Católica de Temuco y MECESUP respectivamente.

REFERENCIAS

Bailin S.(2002) Critical thinking and science education. *Sci Educ.* 11, 361-375.

Baker, W. (2000). The "Classroom Flip": Using Web Course Management Tools to Become the Guide by the Side. En Selected Works of J. Wesley Baker, Ph.D.

Bates S.P and Galloway R.K. (2010) Diagnostic test in the physical sciences: a brief review. *New directions: the journal of the higher education academy physical sciences centre* 6, 10-20.

Berret, D. (2012, 19 de febrero). How 'Flipping' the Classroom Can Improve the Traditional Lecture. Recuperado el 09 de mayo de 2016 de <http://chronicle.com/article/How-Flipping-the-Classroom/130857/>

Biggs, J. (2006). *Calidad del aprendizaje universitario* (2da ed.). Madrid: Narcea

Biggs, J. B., & Tang, C. S. (2007). *Teaching for quality learning at university: What the student does*. Maidenhead: McGraw-Hill/Society for Research into Higher Education & Open University Press.

Bissell N., and Lemons P. (2006), A new method for assessing critical thinking in the classroom, *Bioscience*, **56**, 66-72.

Bransford J., Bronw A. and Cocking R.(2000). *How people learn: Brain, Mind, Experience and School*, Wasignton DC: National Academies Press.

Bregmann J., and Sam A. (2012) *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International Society for technology in education

Cottrell S. *Critical Thinking skill: developing effective analysis and argument*. New York, NY: Palgrave McMillan

Demetry, C., (2010). Work in progress — An innovation merging —classroom flip and team-based learning, In 2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) (pp.T1E-1 - T1E-2). IEEE. doi: 10.1109/FIE.2010.5673617

Fink, L. D. (2013). *Creating significant learning experiences: An integrated approach to designing college courses* (2nd ed.). Jossey-Bass.

Forehand, M. (2005). Bloom's taxonomy: Original and revised.. In M. Orey (Ed.), Emerging perspectives on learning, teaching, and technology. Retrieved June, 22nd 2015, from <http://projects.coe.uga.edu/epltt/>

Gutiérrez I., Castañeda L. y Serrano J.L. (2013). Más allá de la Flipped Classroom: "dar la vuelta a la clase" con materiales creados por los alumnos. II Congreso Internacional Educación Mediática y Competencia Digital, Barcelona, España.

Hake, R. (2007). Six Lessons From The Physics Education Reform Effort. Latin American Journal of Physics Education, 1(1). Retrieved May 9, 2016, from <http://www.physics.indiana.edu/~hake/SixLessonsD.pdf>

Handelsman J., Elbert-May, D., Beich R. et al(2004), Scientific Teaching, Science, 304 (5670), 521-522. Hattie, J. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. London: Routledge

Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. The Journal of Economic Education, 31(1), 30. doi:10.2307/1183338

Masciotra, D., y Morel, D. (2011). Apprendre par l'expérience active et située: La méthode ASCAR. Québec: Presses de l'Université du Québec.

Milman N. (2012) The flipped classroom strategy: what is it and how can it best be used?, Distance Learning, HighBeam Research, 19

Prince M. (2004), Does active learning work? A review of the research. J. Eng. Education, 93(3), 223-231.

The Royal Academy of Engineering, Massachusetts Institute of Technology. (2012, Marzo). Lograr excelencia en la formación de ingeniería: los ingredientes para un cambio exitoso. En MECESUP.

Trejo, E., Camarena, P., & Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: La matemática en contexto como propuesta metodológica. Revista De Docencia Universitaria, 11, 397-424.

Zoller U.(1993) Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: unlike for HOCS (SYM). J. Chem. Educ. 70, 195-197.