

Aprendizaje invertido aplicado al tema de “Momento Angular” enfocado a la ingeniería

Flipped learning applied to the topic of “Angular Momentum” focused on engineering

Alejandro Galo Roldán
Sofía Daniela Escobar Martínez
Karen Elena López Palacios
José Andrés Núñez Ávila
Claudia Aracely Vallejo Ham
Escuela de Física/Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Resumen

20

El “Momento Angular” es uno de los temas que representa dificultad en el aprendizaje en las diferentes disciplinas de la Ingeniería y Física, de las cuales se ocupan las Facultades de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, por lo que, al implementarse el aprendizaje invertido junto con otras herramientas metodológicas, se mejoró la comprensión, motivación y visualización de la aplicabilidad en la vida real del tema del Momento Angular.

En vista de la necesidad de fortalecer la práctica docente temáticas complejas para los estudiantes de las carreras de ingeniería y física, se diseñaron y elaboraron videos que abordaron la temática tanto de forma teórica como en su apli-

cabilidad en diferentes situaciones propias de cada una de las disciplinas. Estos recursos quedaron a disposición de los estudiantes en el aula virtual de la clase para su consulta en cualquier momento, así como tener el tema explicado en su libro de texto.

En este artículo se presentan los resultados del seguimiento de la comprensión del tema “Momento angular”, la cual se midió a través de la aplicación Socrative, donde se diseñó una prueba evaluativa que se aplicó en teléfonos inteligentes, tabletas y/o laptops.

Palabras clave: aprendizaje invertido, aula invertida, momento angular.

Abstract

The “Angular Momentum” is one of the subjects that represents difficulty in the learn-

ing in the different disciplines of Engineering and Physics, reason why, when the inverted learning was implemented along with other methodological tools, the understanding, motivation and visualization of the real-life applicability of the Angular Momentum.

For the above, it was designed and elaborated videos that approach the subject in theoretical form as its applicability in different situations of each of the disciplines, which were available to the students in the classroom virtual classroom for consultation in any Moment, as well as having the topic explained in your textbook. In addition, they could use the Internet to look for additional information and thus to gain a better understanding of the subject.

The follow-up of the understanding of the subject was

made through the Socratic application where an evaluative test was designed on the subject of the Angular Momentum through the manipulation of smart phones, tablets and / or laptops.

Keywords: angular momentum, inverted classroom, inverted learning.

Introducción

El movimiento rotacional de un sistema de varias partículas y específicamente el tema de Momento Angular, se introduce generalmente en los cursos básicos de Física Universitaria para estudiantes de Física, Ingeniería y Astrofísica, y es quizá uno de los temas más difíciles de abordar; ya que además de que implica un producto vectorial, lo que precisa de una explicación teórica y demanda, además, el uso de una tercera dimensión. Sin embargo, como lo señalan Morales y Sainea (2002), en todas las revisiones realizadas en la literatura actual no se percibe un desarrollo ni de los conceptos ni de sus implicaciones.

El problema se vuelve más complejo cuando se quiere calcular el Momento Angular para un sistema de N partículas debido a lo complicado de las sumatorias de naturaleza vectorial que implican tal definición como lo detalla Junquera (s.f.), por lo que se propone mostrar este cálculo para un sistema de cuatro partículas para lograr la comprensión de las interaccio-

nes, establecer la fórmula para cuatro partículas y de allí inferir la de N partículas.

Una simplificación al sistema mencionado anteriormente, la presenta el caso del movimiento alrededor de un eje fijo, lo que facilita la introducción del concepto de momento de inercia y su relación con el Momento Angular del sistema, los cuales se aborda dentro de la temática planteada. Además, se induce la aplicación para las diferentes áreas o disciplinas que llevan el curso de Física, con el propósito de incentivar el interés del tema ante situaciones reales que se pueden tener en el campo de estudio de cada estudiante.

Marco Conceptual

El tema de Momento angular, requiere de una serie de conceptos complejos, de los cuáles se incluyen algunos propuestos por autores especialistas del tema. Serway - Jewett (2008) y Giancoli (2000), sobre el tema argumentan:

La cantidad de movimiento angular instantánea \vec{L} de una partícula en relación con un eje a través del origen o se define mediante el producto cruz del vector de posición instantáneo de la partícula \vec{r} y su cantidad de movimiento lineal instantánea \vec{p} , esta expresión se muestra como:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

Si se considera un objeto rígido que gira en torno a un eje fijo

que coincide con el eje z de un sistema coordenado, cada una de las partículas da vueltas en el plano xy en torno al eje z con una rapidez angular ω . (pp 311-336)

Con lo anterior, se puede determinar la magnitud de la cantidad de movimiento angular de una partícula de masa m_i en torno al eje z como $m_i v_i r_i$. Además, se tiene $v_i = r_i \omega$, que, por lo que la magnitud de la cantidad de movimiento angular de esta partícula puede expresarse como:

$$L_i = m_i r_i^2 \omega$$

Si se hace la suma de sobre todas las partículas se puede encontrar la cantidad de momento angular, que en nuestro caso solo tiene componente en z :

$$L_z = \sum_i L_i = \sum_i m_i r_i^2 \omega = \left(\sum_i m_i r_i^2 \right) \omega$$

$$L_z = I \omega$$

Donde $\sum_i m_i r_i^2$ representa el momento de inercia del objeto en torno al eje z .

Tomando en cuenta, el grado de abstracción y complejidad del tema, se buscaron alternativas metodológicas para la enseñanza del tema, implementadas por diversas instituciones de enseñanza superior que han logrado resultados exitosos, las cuales, se exponen en el Marco Referencial.

Marco Referencial

El reporte presentado por el Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico

de Monterrey en 2014 insta a «considerar que el aprendizaje invertido es un enfoque pedagógico en el que la Instrucción directa se realiza fuera del aula y el tiempo presencial se utiliza para desarrollar actividades de aprendizaje significativo y personalizado».

Y como lo recalca Flores (2015): Las tecnologías de hoy están redefiniendo las aulas del mañana, incluso la educación en línea está ayudando a esta transformación ya que los países y organizaciones están acercando la educación. En la medida en que más estudiantes cuenten con acceso a computadoras y dispositivos móviles conectados a internet, se abrirán más oportunidades educativas interactivas para los profesores y estudiantes. Por ejemplo, foros, chats, museos virtuales, laboratorios virtuales, etc., propiciando con esto experiencias acerca del aprendizaje invertido; estos últimos continuarán ampliando el acceso a la educación superior de calidad a costo muy bajo o nulo. Incluso en educación superior, el modelo comienza a ser muy popular debido a la forma de reorganizar la instrucción uno a uno con los estudiantes, así como manejar de forma más eficiente y enriquecedora el tiempo de clase

Además, para hacer uso del aprendizaje invertido, se debe replantear la figura del docente, ya que este debe estar lo suficientemente calificado para poder abordar la temática y su

ejecución definida a través de parámetros como:

- Definir qué y cómo cambiar la instrucción a afrontar.
- Identificar la forma de cómo maximizar el tiempo que se tiene.
- Observar y proveer retroalimentación durante la clase en forma oportuna y certera.
- Evaluar el trabajo de los estudiantes de forma continua.

La necesidad de actualización docente y la mejora de las prácticas de enseñanza, es una actividad que se contemplan en diversos documentos legales de la UNAH. En el siguiente apartado, se incluye un resumen de dichas disposiciones.

Las exigencias educativas del nuevo paradigma educativo para la era digital, es recogido en los diversos documentos de la reforma de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, generados a partir del año 2005. Entre ellos, las Normas Académicas de la UNAH, se encuentra los parámetros educativos planteados en la Reforma Universitaria en lo concerniente a la innovación del docente en el aula de clases. En ese sentido, el Plan Integral para la Reforma (2005) establece que las TIC son consideradas una de las fuerzas poderosas que hoy inciden e incidirán en los procesos de transformación Universitaria en los primeros 30 años de este siglo, asimismo se convierten en factor indispensable para insertarse en la aldea global.

Señala que las TIC pueden contribuir en la UNAH a «mejorar la calidad de la educación, mejorar el aprendizaje y la retención, incrementar la capacidad de brindar servicios educativos personalizados y flexibles, un rol más efectivo de la docencia, mayor interacción entre grupos con intereses internacionales y cosmopolitas y expansión del acceso a la información vital» (CT-UNAH, 2005, p. 36). Agrega que la Institución deberá adquirir capacidad competitiva en la producción de nuevo conocimiento sobre tecnología educativa.

Asimismo, mediante Acuerdo CT-UNAH No. 178-2007, se aprobó la agenda básica de la reforma académica con trece líneas de acción priorizadas, una de ellas “Incorporación permanente, pertinente y sostenida de nuevas tecnologías de la información, comunicación y de tecnologías educativas en apoyo a los aprendizajes y a la gestión académica”.

Asimismo, la reconceptualización y reorganización de la educación a distancia y la incorporación de la educación virtual. En esa misma línea de innovaciones normativas y pedagógicas, el Modelo Educativo en vigencia a partir del año 2009, postula el quehacer formativo universitario desde una perspectiva pedagógica innovadora, entendiendo que la teoría de la innovación puede apreciarse desde las distintas necesidades docentes y las ca-

pacidades del estudiante. En cuanto al tema de la innovación, las Normas Académicas (2015) indican:

Artículo 8. La educación superior en la UNAH se caracteriza por: la calidad, equidad, pertinencia, competitividad, flexibilidad, formación y educación permanente y continua, innovación constante, la creatividad ligada al desarrollo de la ciencia, el arte y la cultura; tiene en cuenta los retos globales actuales y futuros, las Tecnologías de Información (TIC) y Comunicación, la internacionalización y el contexto sociocultural de país para contribuir a la transformación productiva y social de la nación y su inserción en el contexto internacional

Artículo 42. La multimodalidad deberá asumirse como educación presencial, a distancia en sus diferentes expresiones b-learning, virtual, etc., todas centradas en el aprendizaje y mediadas por las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y las Tecnologías de Aprendizaje Colaborativo y Conocimiento (TAC), promoviendo el desarrollo de la ciencia, la cultura y la tecnología para el bien común; incorporando en los sujetos del proceso educativo, valores, principios,

conocimientos, prácticas científicas y sociales pertinentes; potenciando la capacidad de crear, analizar y criticar científicamente en la perspectiva de contribuir a generar respuestas a los principales problemas del país y de la región centroamericana. Las diversas modalidades para operacionalizar el Modelo Educativo no necesariamente son formas excluyentes, sino que se propenderá a su articulación en el proceso de enseñanza con el objetivo de alcanzar los mejores niveles de aprendizaje en las distintas carreras y programas. El modelo educativo define los ejes integradores a desarrollarse transversalmente, en toda la oferta educativa de la UNAH.

Marco Metodológico

La intervención pedagógica, se aplicó a tres secciones de Física General I (FS100: 700,701 y 900). En cada una de las secciones se realizaron las siguientes actividades:

1. Tres días previo a la ejecución del contenido en clase, se aplicó una prueba diagnóstica utilizando Socrative¹ (Prueba Previa).
2. A la clase se le instó a que resolviera una prueba elaborada con preguntas relacionadas con

el Momento Angular, la cual se visualizó el grado de desempeño obtenido en tiempo real durante la hora de clase. Este desempeño fue visualizado tanto por el profesor como por los estudiantes.

3. Durante dos días, se dejó bajo estudio individual e independiente, la información sobre el momento angular utilizando el aula virtual en la plataforma Moodle, al cual los estudiantes ingresaron a través del campus virtual de la UNAH, donde también se incluyeron videos elaborados por el equipo STEM de trabajo, más lecturas complementarias sobre la temática a tratar.

4. El tercer día se destinó para discutir el tema, para lo cual se organizaron grupos de trabajo para generar la discusión de la información del momento angular que estaba disponible en la plataforma. El docente participó como auxiliar o apoyo al desarrollo de la comprensión del tema en cada uno de los grupos.

5. Al finalizar la sesión, se aplicó de nuevo la prueba diagnóstica utilizando Socrative, con el fin de observar el progreso en la comprensión del tema (Prue-

¹ Socrative es una aplicación nacida en 2010 en el MIT, EEUU, de la mano de un profesor que decidió utilizar los dispositivos móviles en el aula como soporte para las clases y no luchar por erradicarlos de las manos de sus estudiantes durante sus horas lectivas.

La aplicación es un gestor de la participación de los estudiantes en el aula en tiempo real. Permite realizar test, evaluaciones, actividades, etc. y manejar los datos por el docente. Así, Socrative tiene una app específica para el docente y otra para el alumno. Está disponible en la App Store, Chrome Web Store, Google Play y Amazon, así como en la web www.socrative.com con acceso diferenciado para ambos, lo que permite adaptarse a los dispositivos y recursos de cada persona. Si se está trabajando en remoto con los estudiantes también es posible utilizarlo para crear clases específicas y recoger la información. (Consultado

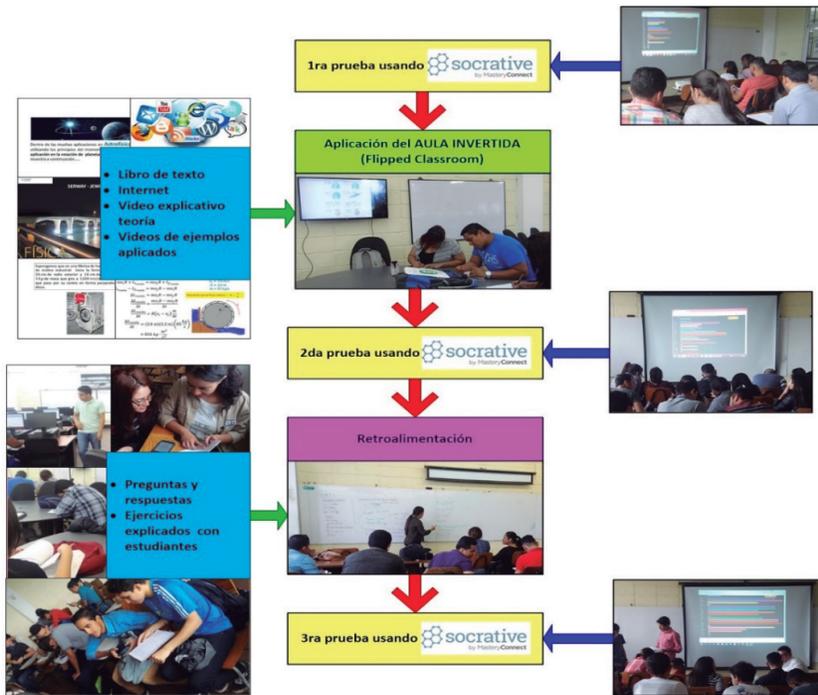
ba Posterior).

6. El cuarto día, se realizó una retroalimentación tanto teórica como práctica del tema momento angular. Al final se aplicó la prueba diagnóstica con la finalidad de visualizar la mejoría que los estudiantes tuvieron.

Con el uso de los videos explicativos sobre conceptos complejos y aplicación práctica del tema, el estudiante puede revisarlo y estudiarlo en cualquier momento como lo sugiere Davies (1991), cuidando que su extensión no sobrepase los 10 minutos. Esto ayuda a provocar que los estudiantes estudien por sí mismo según The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine (1997), fomentando con esto el aprendizaje autónomo. Con esta ayuda visual, las sesiones de discusión o la retroalimentación son más productivas.

En la *Figura 1* se visualiza en forma descriptiva las diferentes etapas implementadas, así como, los recursos y herramientas dispuestos durante la ejecución del proceso educativo.

Figura 1: Etapas del proceso educativo implementado.



Fuente: elaboración propia

24



Figura 2: Estudiantes de la sección 0701 en trabajo independiente.

Fuente: elaboración propia

Figura 3: a través del Socrative se observa el resultado de las evaluaciones en tiempo real.

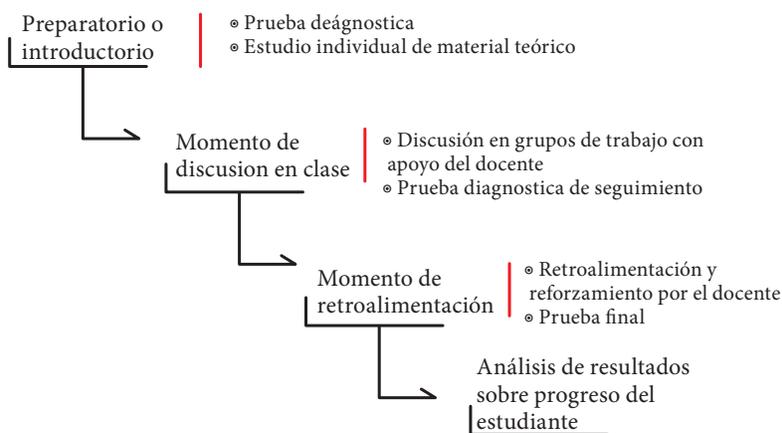
Fuente: elaboración propia



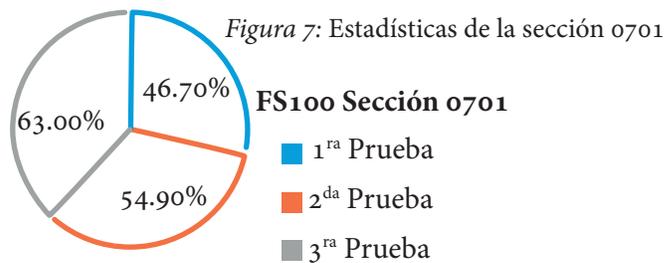
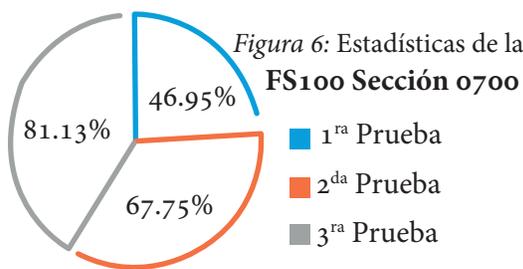


Figura 4: Retroalimentación del tema en la sección 0700. Fuente: elaboración propia

Figura 5: Esquema general de todo el proceso de Enseñanza-Aprendizaje.



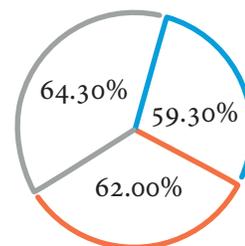
Fuente: elaboración propia



Fuentes: elaboración propia

Figura 8: Estadísticas de la sección 0900

FS100 Sección 0900



■ 1^{ra} Prueba ■ 2^{da} Prueba ■ 3^{ra} Prueba

Resultados

La intervención generó un aprendizaje activo en los estudiantes y una mejor comprensión del tema, a continuación, se enumera los resultados más significativos:

- Participación activa del estudiante al ser partícipe de su propio aprendizaje como se muestra en la Figura 2.
- Mayor rapidez en las evaluaciones de pruebas como se aprecia en la Figura 3. Donde el programa Socrative fue de gran utilidad.
- Dada una mayor interactividad entre pares en el proceso de retroalimentación mostrado en la Figura 4, se tiene una mayor participación y comprensión del tema.

Y como hallazgos importantes se pueden mencionar los siguientes:

- Se obtiene una comprensión óptima del tema, pero requiere de la inversión de más horas clase para su ejecución.

- Optimización en la administración del tiempo en la clase, a la vez se logra mayor interactividad y creatividad, consiguiendo con esto romper con el esquema tradicional del proceso enseñanza-aprendizaje, como se muestra en la Figura 5.

Con la información estadística obtenida a través de Socrative se logra evidenciar la mejora en el desempeño mediante los resultados obtenidos en cada una de las pruebas. En la Figura 6, 7 y 8 se observa que en la tercera prueba existe un mejor rendimiento de las mismas en relación con la primera prueba, por lo que existe un rendimiento y comprensión progresiva y significativa del tema.

26 Conclusiones

Tras la puesta en práctica de esta acción educativa, una de las conclusiones a las que hemos llegado es que el uso de las TIC mejora la adquisición de contenidos y motiva al alumnado en el desarrollo de temas complejos como el que motivó el proyecto descrito.

El uso de recursos innovadores en la práctica docente, mejoró en la comprensión del tema del Momento Angular aplicado a las diferentes disciplinas lo cual fue reflejado en las estadísticas de Socrative.

Es necesario que el estudiante posea su propio smartphone o teléfono inteligente ya que algunos recurrieron al préstamo de teléfonos debido a que la

prueba la realizaron con este dispositivo.

Referencias

Davies, G. R. (1991). Introductory video films for physics laboratory classes. *The Physics Teacher*, 29(1), 36-37. <http://dx.doi.org/10.1119/1.2343200>.

Flores Lacorte, Roberto. (2015). Aula Invertida para un aprendizaje invertido. Iberoamérica Divulga Recuperado de: <http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/?Aula-invertida-para-un-aprendizaje>

Giancoli, Douglas. (2000). Física para Ciencias e Ingeniería. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. <http://www.sitios.itesm.mx/webtools/Zs2Ps/roie/octubre14.pdf>

Junquera, Javier. (s.f.). *Dinámica de un Sistema de Partículas*. Universidad de Cantabria. Recuperado de: http://personales.unican.es/junqueraj/JavierJunquera_files/Fisica-1/9.Dinamica_de_los_sistemas_de_particulas.pdf

Morales Mira, Luz Marleny y Sainea Ortegón, Javier Ignacio. (2002). La Enseñanza del Movimiento Rotacional desde una Perspectiva del Aprendizaje Significativo en la Media Vocacional. Recuperado de: [http://ayura.udea.edu](http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/343/1/JD0342.pdf)

[co:8080/jspui/bitstream/123456789/343/1/JD0342.pdf](http://ayura.udea.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/343/1/JD0342.pdf)

Observatorio de Innovación Educativa del Tecnológico de Monterrey. (2014). *Aprendizaje invertido*. Reporte EduTrends, octubre 2014. Recuperado de: <https://observatorio.tec.mx/edutrendsaprendizajeinvertido>

Serway, Raymond A. y Jewett, John W. (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería. Vol. 1* (7ma ed.). (pp 311-336). México D.F., México: Cengage Learning.

The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. (1997). *Charter 2: How Teachers Teach: Specific Methods*. Science Teaching Reconsidered: A Handbook. Recuperado de: <https://www.nap.edu/read/5287/chapter/3>

UNAH. (2015). *Normas Académicas de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras*. Publicaciones de la Reforma Universitaria No. 6. 1ra edición.