

Enseñanza de la física mediada por TIC en la formación profesional.

Determinación del período mínimo de un péndulo físico

Physics teaching mediated by ICT in professional education. Determination of the minimum period of a physical pendulum

Diego Jesús Conte^{1,2*}, Eugenia Laura Dalibon^{1,2}, Echazarreta Rodolfo Dario^{1,2}

¹ Universidad Autónoma de Entre Ríos, Facultad de Ciencia y Tecnología Sede Concepción del Uruguay, 25 de mayo 385, Concepción del Uruguay, Entre Ríos.

² Facultad Regional Concepción del Uruguay, UTN, Ingeniero Pereira 676, CP 3260, Concepción del Uruguay, Entre Ríos.

*E-mail: conted@frcu.utn.edu.ar

Resumen

El presente trabajo se realizó con estudiantes de la cátedra Física I de la carrera Ingeniería Electromecánica (FRCU-UTN) y Laboratorio II del Profesorado de física (FCyT). Se abordó la integración de TIC a las cátedras mencionadas y su articulación con Análisis Matemático I en el tratamiento del tema. La propuesta incluyó la determinación del período mínimo del péndulo físico, su comprobación experimental y el uso del *software* GeoGebra para modelizar la experiencia. Permitió enfrentar a los estudiantes a un problema específico de aplicación de conceptos y a la transferencia de contenidos matemáticos para su interpretación y resolución, poniendo en evidencia su utilidad para modelizar situaciones físicas. La selección de diferentes recursos didácticos para abordar el tema favorece la comprensión de los contenidos por parte de los estudiantes motivándolos a realizar las distintas actividades, tal como ellos reportaron en los cuestionarios realizados y en los informes presentados.

Palabras clave: Integración; Modelización; TIC; Péndulo Físico; Articulación.

Abstract

This paper presents a didactic proposal on the period of a physical pendulum that was carried out with students of the Physics I course in the Engineering Program (FRCU-UTN) and Laboratory II in the Physics teaching Program (FCyT-UADER). The implementation of ICTs in these subjects and their articulation with Calculus I in dealing with the topic was addressed. The proposal included the determination of the minimum period of the physical pendulum, its experimental verification, and the use of GeoGebra software to model the experience. It allowed students to face a specific problem when applying concepts and to transfer mathematical contents for its interpretation and resolution, highlighting how useful this is for modeling physical situations. The selection of different didactic resources to explore the topic favored students' understanding as well as their motivation to carry out the different activities, as they reported in the answers to the questionnaires and in the presented reports.

Keywords: Integration; Modeling; ICT; Physical pendulum; Articulation.

I. INTRODUCCIÓN

Desde el Proyecto titulado “Desarrollo, implementación y análisis de propuestas de articulación de contenidos partiendo de la integración de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación con aportes del lenguaje de programación y enfoque STEM/STEAM*, aplicadas en las carreras del Profesorado en Física y de la Ingeniería en Telecomunicaciones” de la Facultad de Ciencia y Tecnología sede Concepción del Uruguay, Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER) y en acuerdo y colaboración con la Facultad Regional Concepción del Uruguay – Universidad Tecnológica Nacional (UTN) desde el Grupo de investigación en Seguimiento y Gestión del Currículo, se propone: contribuir a generar nuevas estrategias de selección de recursos didácticos que contribuyan al desarrollo de competencias básicas para la alfabetización científica con TIC, articulando e integrando a la física como ciencia, entre y hacia disciplinas (con) TIC en las carreras de Ingeniería y Profesorado Universitario en Física. En este marco se presenta esta propuesta didáctica con el objetivo de integrar y articular física y matemática, poder transferir los conceptos de matemática a la Física y utilizar TIC para poder mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje y lograr un aprendizaje significativo que se integre al sistema cognitivo del estudiante (Moreira, 2014).

El contexto actual, de avances científicos y tecnológicos, requiere cambios en el modo de enseñar, en la didáctica de la física centrándose en la participación activa de los estudiantes. Una educación en ciencias, o alfabetización científica, no debe alejarse del proceso de construcción de las ideas científicas, es decir, ir más allá de la habitual transmisión de conocimientos científicos debiendo incluir una aproximación a la naturaleza de la ciencia y a la práctica científica, procedimientos y actitudes, propios del trabajo científico (Alves Vizzotto y Del Pino 2020).

Para lograr la alfabetización científica, la integración curricular de las TIC es fundamental. Integrar las TIC es hacerlas parte del currículum, enlazarlas armónicamente con sus demás componentes, permeándolas con los principios educativos y la didáctica que conforman el engranaje del aprender específico en un dominio o una disciplina curricular (Sánchez, 2003).

Llevar a cabo la integración curricular aportaría a los estudiantes habilidades, destrezas, pensamiento autónomo y reflexivo ante situaciones determinadas, competencias que deben ser adquiridas por éstos como futuros profesionales, aptitudes que se pueden llevar a cabo con la articulación e integración utilizando a las TIC en la enseñanza. La integración implica también interdisciplina que es una relación recíproca entre disciplinas en torno a un mismo problema o situación, incluyendo la transferencia de métodos de una disciplina a otra así también como su intercambio y colaboración entre sus conocimientos teóricos y prácticos, en este caso matemática y Física (Luengo-González, 2012). El manejo de determinados recursos sugiere una nueva manera de enseñar y, por ende, de evaluar el desarrollo de destrezas y habilidades cognitivas de los estudiantes. En esta propuesta didáctica se incluyen la experimentación, la integración de la matemática, la transferencia de los conceptos a la física, el uso de *software* con su lenguaje específico y la comprobación.

El tema seleccionado fue el péndulo físico, la determinación del período mínimo, el uso del programa GeoGebra para modelizar la experiencia y comprobar experimentalmente. La propuesta didáctica se llevó a cabo con estudiantes de la cátedra Física I (UTN) y Laboratorio II (FCyT). La elección de GeoGebra responde no solo a su sencillez y facilidad del manejo, sino también a que permite una comprensión adecuada de los fenómenos, una modelización clara, creando nuevas aplicaciones y formas espaciales encaminadas a explicar fenómenos reales, como ha sido reportado por otros autores (Benavides *et al.*, 2011).

El objetivo de este trabajo es proponer a los estudiantes una experiencia que les permita resolver una situación problemática de un fenómeno físico utilizando herramientas matemáticas, experimentación y modelización con TIC.

II. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

En este apartado se describirá la propuesta presentada a los estudiantes y los resultados obtenidos, durante su desarrollo y después. La misma fue presentada luego de que fueran abordados los conceptos de péndulo físico y período.

A. Materiales

- Regla de madera (1 metro).
- Cronómetro.
- Base.

***N. del E.:** Para referir a los enfoques ‘ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas’ y ‘ciencia tecnología, ingeniería, artes y matemáticas’, las siglas recomendadas son las compuestas por las iniciales de tales palabras en español: CTIM y CTIAM. Aquí se ha conservado el anglicismo porque ya formaba parte del título de un proyecto.

- Varillas de aluminio (2).
- Cinta métrica.
- Nuez doble.

B. Objetivo

Determinar la distancia con respecto al centro de masa de un péndulo físico, para la cual el periodo de oscilación sea mínimo.

C. Procedimiento

- Hallar el valor mínimo a partir de la ecuación usando el método de la derivada el período del Péndulo Físico.
- Medir experimentalmente el período utilizando la distancia hallada anteriormente y otra distancia cualquiera para luego comparar los tiempos obtenidos.
- Modelizar la situación en GeoGebra y probar si los puntos hallados anteriormente coinciden.

D. Determinación de las dimensiones.

Para el péndulo en cuestión se utiliza una regla de madera con las dimensiones que indican la tabla I y la figura 1.

TABLA I. Dimensiones del péndulo (regla).

L (m)	A (m)	B (m)	C (m)	Peso (N)
1,02	0,997	0,787	0,048	2,3

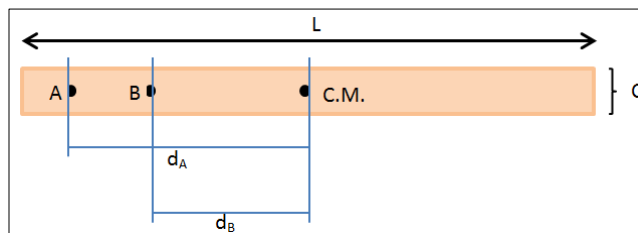


FIGURA 1. Esquema de la regla utilizada para la construcción del péndulo físico con las distintas distancias a su centro de masa indicadas.



FIGURA 2. Imagen del montaje necesario para la realización de la experiencia.

E. Cálculos y Determinación de variables

a) Para determinar la distancia solicitada se halló la derivada primera del periodo con respecto a la distancia y se la igualó a 0, considerando el momento de inercia como $I = \frac{L^2}{12}$:

$$\frac{dT}{d(d)} = 0 \quad (1)$$

Se realizó esto para encontrar un punto crítico donde el periodo es mínimo.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}} \rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{mL^2}{12} + md^2}{mgd}} \rightarrow T = 2\pi \left(\frac{\frac{mL^2}{12} + md^2}{mgd} \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$T = 2\pi \left(\frac{\frac{L^2}{12} + d^2}{gd} \right)^{1/2} \rightarrow T' = 2\pi \frac{1}{2} \left(\frac{\frac{L^2}{12} + d^2}{gd} \right)^{-1/2} \cdot \frac{2d(gd) - (\frac{L^2}{12} + d^2)g}{g^2 d^2} \rightarrow \quad (3)$$

$$T' = \pi \left(\frac{\frac{L^2}{12} + d^2}{gd} \right)^{-1/2} \cdot \frac{2d^2 g - g \frac{L^2}{12} - g d^2}{g^2 d^2} = \pi \left(\frac{\frac{L^2}{12} + d^2}{gd} \right)^{-1/2} \cdot \frac{d^2 g - g \frac{L^2}{12}}{g^2 d^2} \quad (4)$$

Igualando este último término a cero, tenemos:

$$\pi \left(\frac{\frac{L^2}{12} + d^2}{gd} \right)^{-1/2} \cdot \frac{d^2 g - g \frac{L^2}{12}}{g^2 d^2} = 0 \quad (5)$$

Como es una multiplicación igualada a cero, uno o ambos de sus factores debe ser nulo, se pudo establecer que:

$$\frac{d^2 g - g \frac{L^2}{12}}{g^2 d^2} = 0 \rightarrow d^2 g - g \frac{L^2}{12} = 0 \rightarrow d^2 g = g \frac{L^2}{12} \quad (6)$$

$$d^2 = \frac{L^2}{12} \rightarrow d = \sqrt{\frac{L^2}{12}} \rightarrow d = \frac{L}{\sqrt{12}} \rightarrow d = 0,288L \quad (7)$$

$$d = 0,288 \cdot 1,02 \text{ m} \rightarrow d = 0,294 \text{ m} \quad (8)$$

Uso de la ecuación del periodo para el cálculo del tiempo mínimo, utilizando la distancia hallada en el punto anterior. Esta distancia es desde el centro de masa hacia un pivote para la cual el periodo es mínimo, como se muestra a continuación:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{mL^2}{12} + md^2}{mgd}} = T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{L^2}{12} + d^2}{gd}} \quad (9)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\frac{(1,02 \text{ m})^2}{12} + (0,294 \text{ m})^2}{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,294 \text{ m}}} = 1,54 \text{ s} \quad (10)$$

b) Determinación experimental: Tomando el tiempo a partir de las oscilaciones y ubicando el punto de pivote en la distancia hallada en el paso anterior, se hizo que el sistema oscile, realizando 10 oscilaciones y midiendo el tiempo t que tarda en realizarlas. Con estos datos se calculó el periodo T:

$$T = \frac{\text{tiempo}}{\text{oscilaciones}} \quad (11)$$

Y se obtiene la tabla II.

TABLA II. periodo mínimo del péndulo.

tiempo (10 oscilaciones) seg.	15,25	15,56	15,3
tiempo (1 oscilación) seg.	1,52	1,56	1,53

En promedio el período fue de $(1,536 \pm 0,021)$ s

Una vez hecho esto, se obtuvo un valor para el periodo, $T = 1,54$ s

c) Modelización de la situación en GeoGebra y comprobación de los puntos hallados anteriormente. Se programó y graficó el periodo del péndulo en función de la distancia al centro de masa para el péndulo usado en la experiencia. A continuación, se presenta una imagen del GeoGebra con la situación planteada y modelizada.

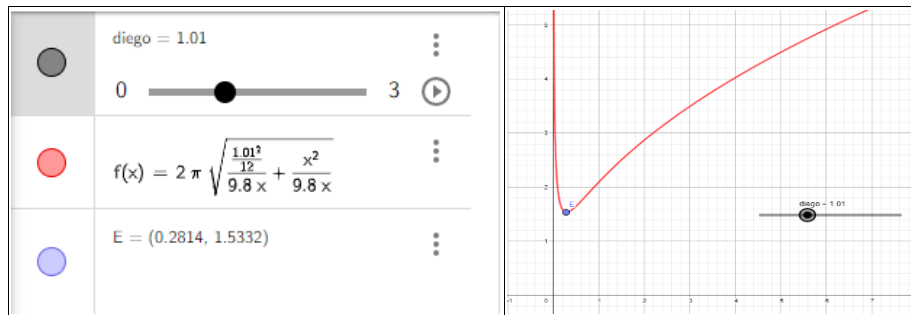


FIGURA 3. Imagen de GeoGebra donde se muestra la ecuación del periodo en función de la distancia al centro de masa, los valores correspondientes a su mínimo y la gráfica de la función correspondiente.

En la figura 3 se muestra la ecuación que representa el periodo en función de la distancia al centro de masa. En las mismas se puede ver que el punto E representa justamente la distancia desde el centro de masa coincidente con la hallada en los puntos anteriores (0,28 m) como así también el periodo de oscilación.

III. EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA

Después de llevar a cabo la propuesta didáctica, se elaboró y aplicó un cuestionario validado (Sampieri, R *et al.*, 2000) sobre aspectos como la dificultad de interpretación de problemas, preparación previa y grado de dificultad en el uso de TIC, la integración de contenidos y otras cátedras y la potencialidad del *software* utilizado.

Los resultados de la figura 4 muestran que, en los aspectos evaluados con relación a la comprensión de los contenidos abordados y sobre la motivación que se puede generar en los estudiantes, el 94,7 % considera que la misma es adecuada, permitiendo resolver las actividades propuestas por el equipo de cátedra y un 97,4 % indica que la actividad les resultó motivadora. Sin embargo, un 5,30 % opina que tuvieron algunas dificultades en cuanto a la comprensión del contenido desarrollado, dado que requirió el desarrollo de nuevas habilidades que no fueron adquiridas. Finalmente se puede observar a partir de los gráficos que estas propuestas les resultan muy motivadoras a los estudiantes y que además, mejora la comprensión de los contenidos, aunque el grado de complejidad para la elaboración del trabajo propuesto sea elevado.

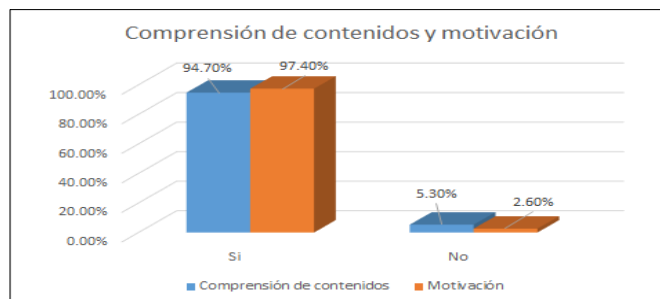


FIGURA 4. Gráfico de los resultados del cuestionario realizado a los alumnos sobre comprensión de contenidos y motivación.

En lo referente a la integración de contenidos e integración con otras cátedras, los estudiantes opinan (97,40 % - 71,10 %), que la integración resultó acorde con los conceptos teóricos desarrollados por el equipo de cátedra (figura 5), que no tuvieron dificultades para interpretar las consignas enunciadas, y que pudieron cumplir con las tareas y actividades propuestas.

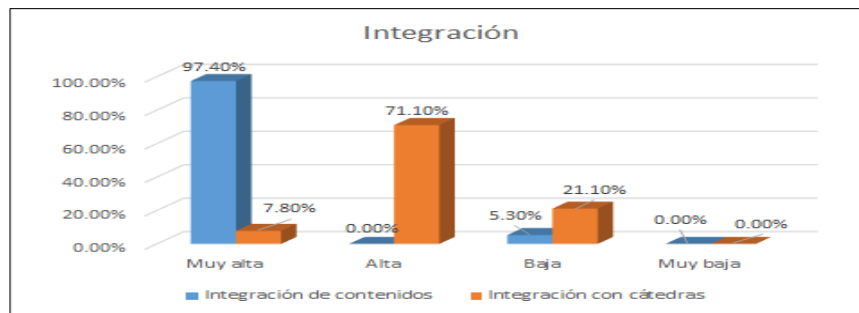


FIGURA 5. Gráfico de los resultados del cuestionario realizado a los alumnos sobre el análisis de integración de contenidos y otras cátedras.

La figura 6 resume de alguna manera los objetivos planteados en cuanto a la comprensión de temas que resultan complejos para los estudiantes. Un alto porcentaje, 95,1 %, considera que el uso del *software* le permitió mejorar la comprensión del tema propuesto. Se evidencia que el haber podido realizar la simulación, da cuenta de que, a partir del uso de simulaciones o programas, en este caso GeoGebra, estos permiten realizar una buena aproximación de los estudiantes al tema logrando así una buena integración de contenidos y por ende una buena articulación entre cátedras. Igualmente se puede observar que un porcentaje de estudiantes indica que no les fue significativo el uso del material y la forma en que la actividad se propuso, esto puede deberse en primer lugar a que la aplicación les puede haber generado alguna dificultad en cuanto a su uso, y en segundo lugar se puede considerar que, más allá de la metodología utilizada, igualmente no les fue sencillo llegar a comprender el tema propuesto.

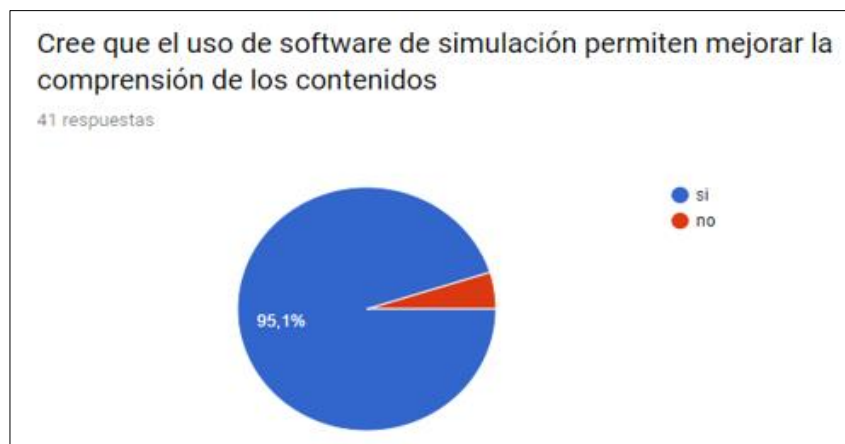


FIGURA 6. Gráfico de los resultados del cuestionario realizado a los alumnos sobre la potencialidad del programa informático usado.

A. Algunas conclusiones del trabajo de laboratorio por parte de los alumnos

Algunos comentarios de los estudiantes: A partir de la experiencia se solicitó a los alumnos que respondan algunas preguntas y las respuestas obtenidas fueron las siguientes:

Creo que fue muy útil el uso del GeoGebra y Excel para poder interpretar realmente las funciones y/o graficar, ya que años anteriores no sabía usarlos y costaba poder entender. (Estudiante 1)

El uso de los simuladores nos ayuda a comprender los distintos conceptos propios del tema y fue importante para poder interpretarlo. (Estudiante 2)

El uso de simuladores ayuda mucho a la comprensión de los contenidos, porque aparte de ver en la teoría (que muchas veces es difícil de entender). El simulador ayuda a ver lo que en la teoría muchas veces no ves. (Estudiante 3)

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, se puede indicar que la propuesta que combina experimentación, modelación, integración entre la física y la matemática y su comprobación favoreció el proceso de enseñanza y aprendizaje. La mejora en el proceso de enseñanza y aprendizaje se puso de manifiesto en las respuestas de los alumnos al cuestionario de evaluación de la propuesta y en los informes presentados dado que hubo una mejor comprensión de los contenidos y motivación de los alumnos para desarrollar las diferentes actividades, dando lugar a un aprendizaje significativo. Además, los estudiantes pudieron transferir conceptos de matemática para resolver la situación del fenómeno físico vinculada al período del péndulo físico y hallar el período mínimo, realizar la experiencia de comprobación y modelizar utilizando GeoGebra. Podemos inferir entonces que es posible a partir de un trabajo planificado y articulado lograr que los estudiantes mejoren la comprensión de los temas propuestos como así también facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje permitiendo que los estudiantes desarrollen habilidades en la manipulación de programas informáticos específicos y en conceptos de física. En relación con el uso de GeoGebra, el mismo permite la dinamización de los contenidos mediante procesos visuales demandando el análisis de gráficas correspondientes a diferentes fenómenos físicos, incentivar la interactividad, estimular el desarrollo cognitivo y motriz. Esto se evidencia por el hecho de que se pueden crear modelos prácticos del análisis de situaciones reales.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los estudiantes y becarios de investigación. A la Facultad Regional Concepción del Uruguay y a la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UADER por propiciar los espacios necesarios para la realización del trabajo. A los estudiantes de ambas facultades.

REFERENCIAS

- Alves Vizzotto, P. y Del Pino, J. C. (2020). Medida del nivel de alfabetización científica en alumnos recién ingresados y del último año de los cursos de física. *Revista de enseñanza de la Física*, 32(1), 21-30.
- Benavides Criollo, G. R., Benavides Criollo, N. M. y Jumbo Sandoval, C.P. (2011). Uso de GeoGebra como recurso didáctico para el estudio, la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en el aula. *Pedagogia.edu.ec*. <https://www.pedagogia.edu.ec/public/docs/3d0d8e28687965d22d16dad72b37b692.pdf>
- López Jiménez, I. E. y Camille Villafañe Rodríguez, C. (2011). La Integración de las TIC al currículo: propuesta práctica. *RAZÓN Y PALABRA Primera Revista Electrónica en América Latina Especializada en Comunicación*, (74).
- Moreira, M. A. (2014). Enseñanza de la física: aprendizaje significativo, aprendizaje mecánico y criticidad. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26(1), 45-52.
- Sampieri, R. y otros. (2000). *Metodología de la Investigación* (2.ª Ed.). México: Mac Graw Hill.
- Sánchez Ilabaca, J. (2003). Integración curricular de TICS concepto y modelos. *Revista Enfoques Educativos*, 5(1), 1-15.