

Fecha de recepción: 26/01/2022

Fecha de aprobación: 10/05/2022

El aprendizaje activo de la Física durante la práctica del Péndulo Simple mediante Simulación

Active learning of Physics during the practice of the Simple Pendulum through Simulation

Rafael Norberto Calle Chumo¹, Diego Alejandro Calle Chumo²

Resumen

El presente artículo tiene como finalidad el análisis sobre el rendimiento de dos metodologías para mejorar la didáctica de la Física, a través de una comparación entre la enseñanza Tradicional y la Activa durante la práctica del Péndulo Simple en estudiantes de nivel medio superior. Se utilizó una metodología de investigación de nivel exploratorio con enfoque cuantitativo. El estudio presentó pautas e instrucciones para mejorar la enseñanza del Péndulo Simple asistido por el ciclo PODS: Predicción, Observación, Discusión y Síntesis. Para ello, se determinó la ganancia normalizada de Hake frente a los dos escenarios de instrucción: tradicional (grupos de control) frente a lo no tradicional (grupos experimentales). Como resultado, se comparó ambas metodologías y se presentó dos indicadores de rechazo: probabilidad inferior a 0,05 y un factor F mayor que el crítico de F. Seguidamente, un análisis post-hoc sustentado por la

prueba de Tukey verificó los grupos con mayores diferencias entre las medias de calificaciones. Al finalizar, se comprobó que la metodología activa del ciclo PODS generó mayor ganancia de aprendizaje para los grupos experimentales ya que sus anchos de distribución fueron menores a los reportados con la enseñanza tradicional.

Palabras clave: Enseñanza, Aprendizaje, Metodología, Física, Péndulo.

Abstract

The purpose of this article was to analyze the performance of two methodologies to improve the teaching of Physics, through a comparison between traditional teaching and active teaching, during the practice of the Simple Pendulum in high school students. An exploratory level research methodology with a quantitative approach was used. The study presented guidelines and instructions to improve the teaching

¹ Ing. Químico. Lcdo. Ciencias de la Educación mención Fisicomatemático. Magister en Ciencias de la Ing. Química. Magister en Educación. Docente en la Universidad de Chile. Santiago- Chile. <https://orcid.org/0000-0002-0816-6879>, rcalle@ing.uchile.cl

² Ing. Químico. Lcdo. Ciencias de la Educación mención Fisicomatemático. Investigador independiente. <https://orcid.org/0000-0002-1370-0589>, dacalle94@hotmail.com

of the Simple Pendulum assisted by the PODS cycle; Prediction, Observation, Discussion and Synthesis. For this, the normalized Hake gain was determined against the two training scenarios; traditional (control groups) versus non-traditional (experimental groups). As a result, both methodologies were compared and two rejection indicators were presented: probability less than 0.05 and an F factor greater than the critical factor of F. Next, a post-hoc analysis supported by the Tukey test verified the groups with greater differences between the mean grades. At the end, it was verified that the active methodology of the PODS cycle generated greater learning gain for the experimental groups since their distribution widths were smaller than those reported with traditional teaching.

Keywords: Teaching, Learning, Methodology, Physics, Pendulum.

Introducción

El proceso de enseñanza de la Física, hoy en día, es muy censurada por la sociedad, puesto que en muchas ocasiones la comunidad educativa revela que los contenidos de los programas no son graduales, carecen de sentido y la teoría se aleja mucho de la practicidad. Por ello, el educador requiere de un cambio situacional no solo en las estrategias de enseñanza/aprendizaje que se implementan en el aula, sino en la forma de pensar y actuar (Benegas et al., 2013). En consecuencia, se busca que el diseño de aprendizaje activo, transforme la conceptualización metodológica tradicionalista de los docentes de Física reemplazando y reforzando su clase teórica con actividades que permitan al educando predecir eventos mediante la observación de fenómenos físicos, discutan los resultados experimentales y sintetizan la información sobre la base de sus experiencias educativas en nuevos entornos de aprendizaje. Promover actividades independientes y complementarias es el enfoque que se propone a la nueva comunidad docente, ya que permitirá desarrollar habilidades y competencias de los estudiantes para su desenvolvimiento en la sociedad actual debido a la constante renovación en la enseñanza de la Física (Hernández-Silva et al., 2018).

En el texto “Cambiano paradigmas en la enseñanza de las Ciencias”, se proponen modelos didácticos-pedagógicos enfocados a favorecer el aprendizaje activo de la Física, a través de un “conjunto de estrategias y metodologías para la enseñanza/aprendizaje, en donde los educandos son orientados a construir su propio conocimiento respecto a los conceptos teóricos mediante observaciones directas del mundo físico” (Mora, 2008, p. 26). Los métodos de estos modelos pedagógicos fomentan las destrezas de análisis y la escucha activa, involucrando a un gran número de individuos en las discusiones de clase; de esta manera los estudiantes aprenden desde los puntos de vista de los demás con empatía, justificando sus propias opiniones, utilizando y poniendo en práctica las habilidades del pensamiento crítico. De modo que, para maximizar los resultados, se sugiere que la implementación de la tecnología sea a través de ordenadores y/o plataformas que permitan diseñar modelos y graficar resultados, para generalizar los fenómenos experimentados en su entorno.

En concordancia con lo expuesto, el aprendizaje activo de la Física es una alternativa para la enseñanza de la asignatura más incluyente, que puede convertir al educando en un sujeto eficiente. Para desarrollarla es indispensable que el docente se apoye

de estrategias, enfoques y métodos psicopedagógicos que le permita cambiar su rol como coordinador o guía, con un liderazgo compartido, orientado a que las actividades sean realizadas por los estudiantes para desarrollar procesos mentales con “un mayor nivel de abstracción y generalización de los fenómenos físicos de su entorno” (Mirnada y Reynoso, 2006, p. 34).

Por otra parte, el constructivismo es uno de los paradigmas más influyentes en la psicología y ha generado muchas expectativas e impacto en el ámbito educativo. Dicho modelo se basa en el diagnóstico, análisis, planificación, toma de decisiones y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje (Tigse, 2019). El constructivismo identifica al aprendizaje con la creación de significados a partir de experiencias, considerándolo como una actividad mental, donde la mente filtra lo que nos llega del exterior para producir su propia realidad (Pozo y Gómez, 2006, p. 23). Este método busca que el estudiante sea el centro del aprendizaje y no los contenidos; que participe activamente en las tareas asignadas, proponga soluciones innovadoras, construya su propio conocimiento contando de esta forma con una visión activa y transformadora de la realidad.

Recientemente, la utilización de metodologías constructivistas sostiene que el aprendizaje y la enseñanza tienen como propósito transformar la mente de los discentes, a través de actividades experimentales que relacionen los contenidos con su entorno. No obstante, pretender que los alumnos retengan información mediante mecanismos de acumulación y repetición es inapropiado durante el proceso de enseñanza/aprendizaje. Por ello, la finalidad de las metodologías constructivistas es abogar por el pensamiento crítico, dando

prioridad al aprendizaje sobre la enseñanza y empoderando a los aprendices como responsables de su propio proceso (Aparicio y Ostos, 2018).

La importancia del constructivismo radica en el cambio del rol del docente, pasando de ser un mero trasmisor de conocimientos, a un ente innovador, que crea situaciones significativas de aprendizaje utilizando estrategias cognitivas, metacognitivas y afectivas que permitan activar los conocimientos previos de los estudiantes (Tigse, 2019).

- En este contexto, Romero (2009) sostiene que los esquemas constructivistas se caracterizan por:
- Permitir la comprensión de procesos naturales concretos a través de la experimentación, otorgando relevancia al contenido y aprendizaje.
- Aprobar el uso de simulaciones físicas, originando una implicación cognitiva que profundice el entendimiento de teorías, de modo que sea posible aprender más acerca de la naturaleza; favoreciendo las prácticas de observación a partir de demostraciones experimentales o representaciones gráficas de fenómenos físicos.
- Promover la aplicación de la ciencia y tecnología para originar criterios que permitan disponer los conocimientos de los estudiantes para beneficio de la humanidad, evitando caer en la memorización de contenidos teóricos y expresiones matemáticas, empleadas en el estudio de cada fenómeno.
- Presentar un diseño lúdico y atractivo, basado en perspectivas creativas y positivas en torno a la ciencia, transfor-

mándose en un estímulo para el aprendizaje.

En concreto, este conjunto de propuestas es aplicable en la comunidad educativa actual, pues promueve el desarrollo de proyectos científicos donde los educandos plantean sus propios procedimientos eligiendo la manera de presentarlos. Sin embargo, hoy por hoy, las clases magistrales de los docentes, no resultan favorables en el sistema educativo, ya que provoca un rol pasivo en los estudiantes, excluyendo su intervención y condicionando su participación como un simple observador de contenidos propuestos. Por ello, Romero (2009) afirma que los educadores deberán reemplazar sus clases tradicionales teóricas por actividades prácticas y significativas que fomenten el intercambio de ideas por parte de los estudiantes, asimismo, el estudiante realizará actividades asincrónicas o autónomas con el propósito de desarrollar habilidades y competencias. De esta forma, se cubren los tres aspectos fundamentales para el progreso social, que según Huber (2008) son: (a) conocer y comprender, (b) saber actuar, y (c) saber hacer.

El ciclo PODS

Es importante señalar, que el presente enfoque de la educación así como, las nuevas metodologías educativas, sin duda alguna, se basan en teorías modernas, las cuales enfatizan el uso de métodos didácticos que ofrezcan al estudiante un aprendizaje dinámico.

Por su parte, el aprendizaje activo de la Física es una técnica empleada en los Estados Unidos por profesores como Sokoloff, Thornton y Priscilla W. Laws (Sokoloff y Thornton, 1997, 2006; Sokoloff, 2006; Sokoloff et al., 2012; Thornton, 1998), los cuales buscan que los estudiantes de

Física tengan un alto nivel de aprovechamiento durante las asignaturas del pensum académico. De esta manera, se ha desarrollado una propuesta para evitar problemas de trabajo colaborativo entre estudiantes, con la intención de tener soluciones que se puedan poner en práctica en la asignatura de Física.

El ciclo PODS, se ajusta muy bien a las características pedagógicas de los métodos constructivistas; es un ciclo de aprendizaje que promueve en los estudiantes la elaboración de sus propias predicciones de un fenómeno físico, para luego, realizar observaciones detalladas, manipulando objetos en experimentos que pueden ser prediseñados o diseñados por ellos, para posteriormente discutir el resultado de sus ensayos en pequeños grupos; esto les permite comparar y validar los datos obtenidos con las predicciones que hicieron al inicio, identificando los errores o aciertos, que permitan construir su aprendizaje final (Mora, 2008).

En las instituciones de educación superior donde se ha promovido el ciclo PODS, los resultados obtenidos por los estudiantes en nivel de comprensión de los fenómenos físicos, en algunos casos ha sido superior al 60%, en comparación con métodos convencionales. Como resultado, de la enseñanza tradicional solo 23 de cada 100 educandos perciben el objetivo de la clase, mientras que con el ciclo PODS, al promover el aprendizaje activo de la Física, se alcanza en 83 de cada 100 educandos la interpretación adecuada del fenómeno estudiado (Romero, 2009).

La perspectiva de un gran avance en la educación vislumbra los principios fundamentales del ciclo PODS, en primer lugar, fomenta la colaboración entre el estudian-

tado y la concepción de soluciones prácticas. En segundo lugar, permite familiarizar al estudiante con distintos estilos de aprendizaje, además estimula la instrucción por pares. De esta forma, los rápidos cambios están asumiendo un grave efecto sobre el conocimiento adquirido grupalmente, negociando las reglas, así como los procesos de reflexión. De modo que, el desarrollo del ciclo PODS radica en la identificación de situaciones fundamentales de enseñanza, la resolución de problemas, la automatización de rutinas y la unificación del aprendizaje teórico con el práctico.

Material y método

Metodología de la investigación

El presente estudio es de nivel exploratorio y apoyado desde un enfoque cuantitativo pues como asegura Sheard (2018), trata variables numéricas que pueden ser expresadas a través de métodos estadísticos, principalmente el análisis, interpretación y descripción de resultados. Además, procura analizar una problemática de escasos precedentes que ocurre en el contexto educativo ecuatoriano, específicamente, en cuanto a los desafíos o dificultades que enfrentan los docentes de Física de una institución particular durante la enseñanza del Péndulo Simple en el periodo 2019-2020. Por otra parte, el instrumento de evaluación utilizado para ambos grupos, constará de un cuestionario con diez preguntas sujetas a la temática del Péndulo Simple con opciones múltiples de respuesta única para evitar sesgos durante los tratamientos. Del mismo modo, se ha definido una población específica, es decir, los individuos que estarán sujetos al estudio detalladamente (Gamboa, 2018). Por ello, la población está conformada por 195 estudiantes de tercero de bachillerato, cuyas edades osci-

lan entre los 16 – 18 años, con una distribución de seis cursos; tres grupos de control (A, B, C) y tres grupos experimentales (D, E, F), proponiendo un pre-test (previo a la enseñanza) y un post-test (posterior a la enseñanza), con el propósito de comparar las calificaciones obtenidas y determinar la ganancia de aprendizaje entre los cursos. De esta manera, se determinará la metodología con mayor rendimiento para identificar la influencia del ciclo PODS como aprendizaje activo en la enseñanza del Péndulo Simple asistido por simulaciones.

Simulador PhET

La Universidad de Colorado Boulder, en Denver, Estados Unidos, ha desarrollado un sitio web lleno de recursos de simulación en varios campos de la Ciencias Naturales (Física, Química, Biología, Ciencias de la Tierra) y Matemáticas. Este sitio web se encuentra disponible y de forma gratuita en el siguiente enlace: <https://phet.colorado.edu/es/>. Aquí, los maestros pueden acceder a simulaciones auxiliares o de apoyo técnico durante sus clases. Entre las simulaciones, destacan experimentaciones de acuerdo al contexto educativo y por niveles graduales para diferentes temas relacionados con la Física (Sánchez, 2017). Hasta la fecha, un considerable número de investigadores ha referido la implementación de las TIC en la enseñanza de la Física, por ejemplo, el estudio del péndulo simple (Aveleyra y Ferrini, 2005) y el uso de programas que procesan imágenes (Dadamia et al., 2009).

Para ingresar a la simulación de péndulo simple se direcciona a través del siguiente enlace: <https://bit.ly/2HMzncv>, la cual ofrece tres secciones, descritas en la siguiente Figura 1. Aquí, se puede observar

el movimiento del péndulo y progresivamente se vislumbran herramientas en el simulador; en la sección denominada “Energía”, el usuario puede emplear una gráfica que detalla la energía cinética, potencial, térmica y total del sistema, mientras que en la versión “Laboratorio”, además de la gráfica energética, se puede activar opciones que permiten analizar los vectores velocidad y aceleración durante las oscilaciones del péndulo. Del mismo modo, todas las variantes del simulador permiten trabajar con uno o dos péndulos simples a la vez, incluso modificar ciertas variables físicas, como la longitud de la cuerda, la masa y la gravedad.

Péndulo simple

Un péndulo simple se caracteriza por ser

una partícula sostenida por una cuerda de masa despreciable que, al desplazarse respecto a su posición de equilibrio, experimenta un movimiento oscilatorio, pero en estricto rigor, estos no son osciladores armónicos; se aproximan a un sistema de este tipo siempre que se utilicen ángulos menores a veinte. El oscilador armónico describe un movimiento armónico simple, caracterizado por sus vibraciones restauradoras, proporcionales a su desplazamiento respecto al equilibrio; en el caso del péndulo, dicha fuerza es el peso. En un péndulo ideal se asume que la energía mecánica se conserva; no obstante, en la práctica, resulta una pérdida progresiva en forma de calor, de modo que, la energía cinética se maximiza en el punto de equilibrio y la energía potencial en la amplitud (Martínez, 2015).

Figura 1

Secciones del simulador: laboratorio de péndulo simple con herramientas de trabajo auxiliares.

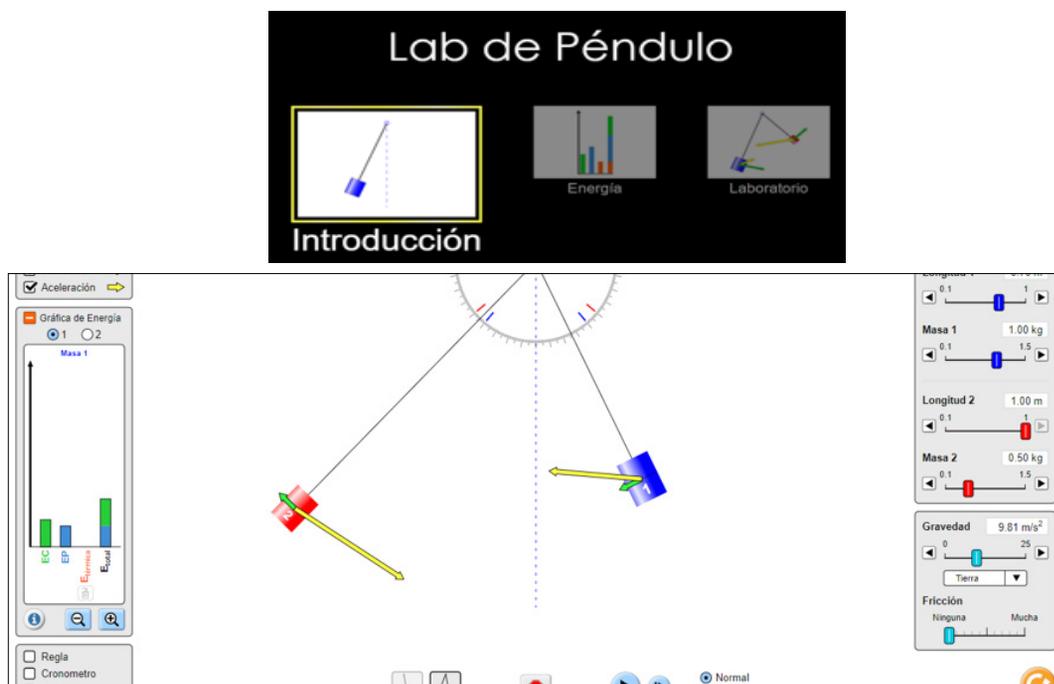
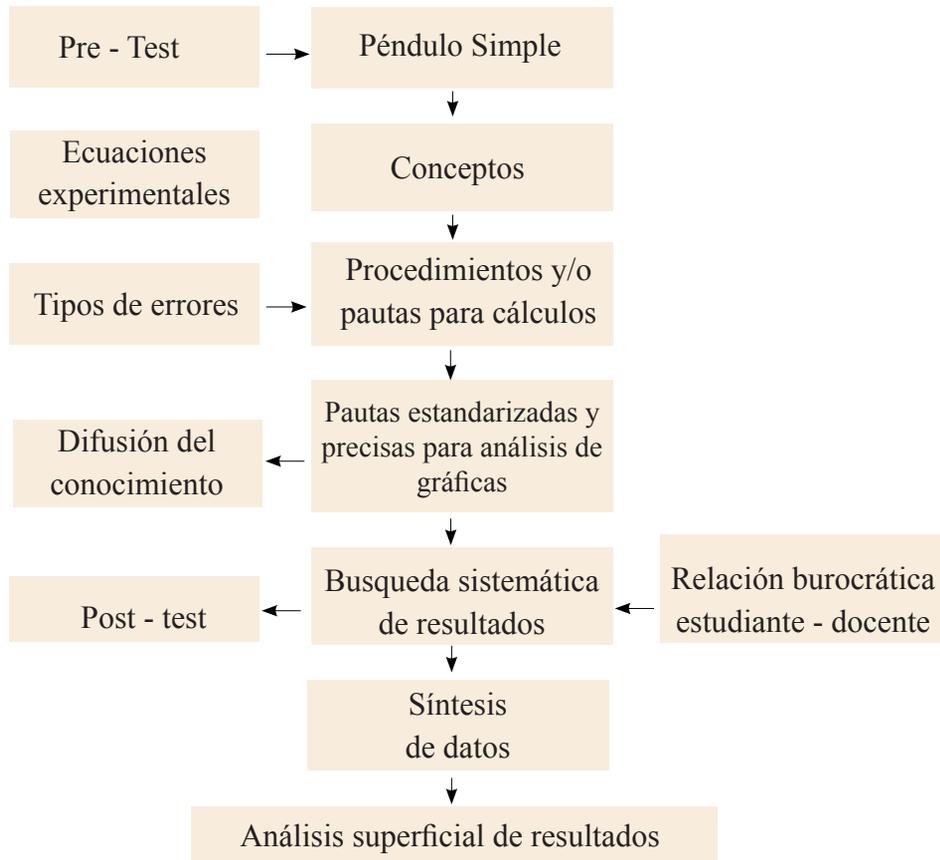


Figura 2

Mapa conceptual de la propuesta tradicional en orden jerárquico de lo aprendido.



Grupos de control

Para los grupos A, B, C el proceso de enseñanza/aprendizaje se establece con la metodología tradicional. Inicialmente, la propuesta se basa en pautas (Martínez et al., 2012) con procedimientos que detallan pasos mecanicistas que permiten consolidar el contenido entregado a los estudiantes. A pesar de que estos proponen estudiar conceptos o teorías físicas, se hace énfasis o mención en la teoría de errores; estrictos e inflexibles pasos científicos que coaccionan u obstaculizan la propia búsqueda,

toma de decisiones de los estudiantes y obtención de resultados. Finalmente, todo esto lleva al educador a asumir una actitud distante y administrativa, tal como se observa en el siguiente mapa conceptual, que proporciona un resumen esquemático de lo aprendido y sistematizado de forma jerárquica (Cadena, 2002) referente a la propuesta tradicional.

Grupos experimentales

Se construyó una propuesta metodológica activa a través del ciclo PODS. El

objetivo medular consiste en generar un cambio actitudinal en los estudiantes, mediante la promoción de un conflicto cognitivo; proceso que permite vincular el nuevo conocimiento con las experiencias educativas del aprendizaje estimulando, de esta forma, el pensamiento crítico y el método científico. Por ello, su principio se da desde los conceptos básicos sobre Dinámica insertando la situación experimental mediante laboratorios virtuales asistidos por el simulador PhET.

A continuación, las dificultades de comprensión y solución de los problemas planteados se resolvieron al construir un nuevo concepto relacionado con la determinación de la aceleración de gravedad. Para alcanzar dichos logros, se aplicó las siguientes estrategias didácticas y evaluadoras:

- i). Una prueba objetiva corta de entrada (Pre-Test), con intención de diagnosticar conocimientos previos del estudiante promoviendo la toma de conciencia sobre el estado de su propia información científica, lo cual permite clarificar la búsqueda futura en el proceso experimental y reporte de resultados.
- ii). Una clase teórica, haciendo énfasis o mención en la discusión de fundamentos físicos referidos a la práctica de Péndulo Simple, entre ellos: Movimiento Oscilatorio, Método Experimental y Dinámica vinculada con la Segunda Ley de Newton.
- iii). Una vez socializado el material así como el equipo de laboratorio virtual PhET, se inició la evaluación formativa.

La metodología didáctica es una adapta-

ción basada en la propuesta de Sokoloff y Thornton (2006), que consiste en una serie de pasos, propios del esquema del ciclo PODS, por su sigla en inglés, Predecir, Observar, Discutir y Sintetizar. Básicamente, consiste en dar una breve explicación teórica o introductoria al problema del movimiento libre del péndulo simple en el aire, despreciando desde luego los efectos que ocurren debido a la fricción. Se describe a los estudiantes en qué consiste el problema que se va a estudiar, se forman equipos (entre dos o tres) en el aula con el fin de que todos los integrantes de cada grupo participen durante la metodología. A continuación, se describen los pasos del ciclo:

1. Se solicita a los estudiantes que de manera individual realicen una explicación del fenómeno, prediciendo el comportamiento respecto al cambio de posición de un péndulo simple, a su vez apunten las explicaciones con dichas predicciones en una hoja electrónica que sirva como referencia de ideas previas sobre el fenómeno. A esta fase se le conoce como la Predicción (P).
2. Luego, se direcciona a los discentes hacia la simulación PhET del laboratorio virtual de péndulo, para indicar las instrucciones de su uso. Posteriormente, los equipos observan la ejecución de la simulación en las tres secciones correspondiente para describir el fenómeno. A esta etapa se la conoce como Observación (O).
3. Si la predicción y la observación no coinciden en sus resultados, el profesor pide a los integrantes de cada equipo que discutan los datos hasta conseguir una explicación sobre el fenómeno, igualmente, si la predicción

y la observación coinciden, el docente pide a los equipos elaboren por formalidad un breve reporte del principio de funcionamiento u operación. A esta fase se le conoce como la Discusión (D).

4. Finalmente, durante una plenaria el profesor solicita que cada equipo exponga los resultados finales. Si existen controversias durante la descripción, se realizan observaciones a los equipos, identificando errores y proponiendo el mejor planteamiento para que puedan enmendar y justificar la respuesta válida. De la misma forma, los equipos que no alcanzaron la explicación acertada deben resaltar las dificultades de sus análisis. A esta fase del aprendizaje se la conoce como Síntesis (S), en ella encontramos la intervención activa tanto del profesor como de los estudiantes.

iv). Al finalizar el proceso de enseñanza/aprendizaje, se realiza una prueba objetiva corta de salida (Post-Test), que consiste en una serie de ítems de selección múltiple, los cuales facilitarán una tendencia sobre la proyección de ganancia normalizada del aprendizaje para comparar la consecuencia didáctica de la metodología activa.

Estadísticos del aprendizaje

La eficacia de ambas metodologías de enseñanza se verifica con estadísticos de control como: medidas de tendencia central, medidas de dispersión, ANOVA de una vía y Prueba de Tukey. Por otro lado, la evolución del aprendizaje se desarrolla con un estadístico denominado factor de Hake $\langle G \rangle$, el cual permite comprobar los cambios o modificaciones que ocurren

durante la interpretación de nuevos conceptos sobre la base del conocimiento inicial de sus participantes. Básicamente, la ganancia de aprendizaje normalizada con dicho factor se detalla en la Ecuación 1, y se define como el cociente entre la diferencia del puntaje promedio de una prueba de salida (M_s) y el puntaje promedio de una prueba de entrada (M_e), respecto al mayor incremento posible del puntaje promedio inicial.

$$G = \frac{[M_s] - [M_e]}{1 - [M_e]} \quad \text{Ecuación 1}$$

Esta expresión matemática representa la ganancia cognitiva que se adjudica a una población, cuando empieza con un bagaje de conocimiento preliminar referente a cualquier temática. En otras palabras, muestra la proporción de conocimiento que ha sido alcanzada. Además, se caracterizó los anchos de distribución en los puntajes del pre-test y post-test con sus respectivas desviaciones estándar que se denotan por la nomenclatura $\Delta \langle G \rangle$, y según Hake (1998) se calculan con el siguiente tratamiento convencional:

$$\Delta \langle G \rangle = \frac{1}{[1 - M_e]^2} \sqrt{[1 - M_e]^2 \Delta M_s^2 + [M_s - 1]^2 \Delta M_e^2}$$

Ecuación 2

Luego, con el promedio del puntaje del pre-test (M_e) y la ganancia normalizada se construye un gráfico « $\langle G \rangle$ vs (M_e)». De modo que, para interpretar dichos resultados se propone dividir el gráfico en tres regiones:

1. Región 1: Alta-G para valores cuya ganancia es $\langle G \rangle \geq 0,7$
2. Región 2: Media-G para valores

cuya ganancia oscila entre $0,7 > \langle G \rangle \geq 0,3$.
3. Región 3: Baja-G para valores cuya ganancia es $\langle G \rangle < 0,3$.

Por consiguiente, las regiones permitirán identificar los grupos de alto rendimiento, la mejor metodología empleada y aquellas poblaciones en donde el conocimiento adquirido de los sujetos aún represente una brecha distante respecto al conocimiento de la comunidad científica.

Resultados y Discusión

Efectividad de metodologías

En la tabla 1, se detallan las calificaciones finales para los dos conjuntos: grupo de control con 99 estudiantes (metodología de enseñanza tradicional), frente al grupo experimental con 96 estudiantes (metodología de enseñanza no tradicional). El contenido evaluativo de las pruebas antes y después de las sesiones de clases se encamina a explicar el concepto de

conservación de energía mecánica a través del Péndulo simple. Las preguntas incluidas en los test, se orientan hacia la afectación del péndulo cuando varían sus condiciones de entorno, a fin de que se determine cuáles son las variables físicas que realmente influyen en el movimiento.

A continuación, en la tabla 1, se presentan las notas obtenidas por los estudiantes para ambas metodologías.

Para ambos grupos, el pre-test y post-test monitorean la evolución del aprendizaje mediante preguntas con opción múltiple que fueron elaboradas por el grupo de investigación. Además, los equipos eran similares en cuanto a edad, estatus social y contenido del programa de Física. En el momento de implementar la metodología, en los dos grupos se asignó diez periodos de instrucción con una hora pedagógica por periodo (40 minutos). Los grupos de control con metodología tradicional, realizaron la

Tabla 1

Resultados de las evaluaciones de entrada y de salida.

Preguntas	Grupos de control						Grupos experimentales					
	Grupo A		Grupo B		Grupo C		Grupo D		Grupo E		Grupo F	
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
1	0,55	0,75	0,40	0,55	0,60	0,55	0,55	0,85	0,40	0,55	0,50	0,65
2	0,45	0,55	0,70	0,75	0,65	0,75	0,80	0,90	0,30	0,50	0,40	0,60
3	0,55	0,55	0,65	0,70	0,60	0,60	0,65	0,75	0,55	0,70	0,65	0,70
4	0,40	0,50	0,65	0,55	0,55	0,60	0,70	0,75	0,25	0,45	0,35	0,55
5	0,50	0,45	0,25	0,45	0,55	0,60	0,40	0,70	0,30	0,60	0,30	0,60
6	0,40	0,50	0,60	0,60	0,50	0,75	0,80	0,80	0,25	0,40	0,35	0,60
7	0,65	0,75	0,50	0,70	0,40	0,55	0,80	0,85	0,25	0,55	0,35	0,70
8	0,45	0,80	0,50	0,70	0,55	0,55	0,40	0,85	0,30	0,55	0,50	0,50
9	0,35	0,60	0,30	0,55	0,55	0,60	0,75	0,85	0,20	0,45	0,50	0,65
10	0,30	0,55	0,30	0,40	0,35	0,65	0,85	0,95	0,30	0,60	0,50	0,80

Nota: Para ambos test, se reporta el promedio de calificaciones por pregunta en una escala ponderada entre 0 -1.

introducción del tema en tres periodos, la resolución de problemas aplicados en cuatro periodos e ilustración de situaciones y exposición de casos cotidianos en tres periodos. Por otro lado, para los grupos experimentales, se utilizaron cuatro periodos como introducción; un periodo de inducción con el ciclo PODS y tres periodos para trabajar la secuencia didáctica relacionada con el ciclo, de ahí que, los últimos periodos sirvieron como casos de aplicación y resolución de problemas. Aunque los cursos tenían una media de 35 estudiantes, algunos faltaron a sesiones programadas debido a enfermedades comunes, calamidades domésticas y/o atrasos escolares. Por ello, dichos estudiantes fueron retirados de la investigación tanto en los grupos experimentales como en los grupos de control. En aras de claridad y brevedad, la tabla 2 proporciona el resumen de los grupos de estudio identificando una serie de tendencias generales.

Cabe señalar que, el promedio general para los grupos de control y experimental previo a la instrucción son 0,49 y 0,47 mientras que, al culminar ambas metodologías el promedio final obtenido es de 0,61 y 0,67 respectivamente. Así pues, a partir de dichos resultados estadísticos, nuestra atención se enfoca en la varianza de los grupos, debido a que durante el pre-test los valores para el grupo B y D presentan una alta desigualdad colectiva en relación a sus conocimientos previos. Esto puede ser un indicador de tendencia respecto a la mejor metodología aplicativa. Al finalizar el postest, los resultados provistos de la varianza en ambos grupos vislumbran una mejoría en su uniformidad cognitiva; no obstante, los grupos experimentales direccionados por la enseñanza no

tradicional muestran una mayor simetría de conocimiento, al mantener la cuantía de la variante menor frente a la tradicional. Del mismo modo, se dará seguimiento al grupo E ya que figura como un grupo crítico, por presentar el menor promedio de calificaciones durante el pretest.

Por otro lado, a la condición dispuesta por las dos secuencias didácticas, se admite que un periodo adicional de la metodología activa en los grupos experimentales no es un factor incidente para obtener mayor logro que en los grupos de control. La sesión extra se usó para que el grupo experimental descubriera cómo proceder con la metodología activa para lo cual se recurrió a situaciones o casos de la física distintas a la enseñanza tradicional con un tema diferente al de péndulo simple.

La sistematización de datos se llevó a cabo con pruebas estadísticas de ANOVA unifactorial, las cuales revelan la influencia de los tratamientos metodológicos en grupos de estudio. En la tabla 3, se reporta un análisis estadístico de varianza con una vía, que permite obtener información sobre el resultado comparativo de los distintos equipos. Es decir, permite concluir si los estudiantes sometidos a distintos programas o tratamientos, difieren de la medida de rendimiento utilizado.

La hipótesis alternativa (H_a) referida por el ANOVA unifactorial para ambos test es aceptada, debido a que nuestros resultados indican una probabilidad (P) menor a 0,05 lo cual justifica el rechazo de la Hipótesis Nula (H_0), asimismo como el valor de F es mayor que el valor crítico para F , estamos seguros que los datos obtenidos de las pruebas son significativos. Esto representa que los grupos de investigación antes de la instrucción del Péndulo Simple

presentan diferencias entre sí, ya sea por el conocimiento previo o experiencias adquiridas antes de su aprendizaje. Por ello, a través de un análisis post-hoc asistido por la prueba de Tukey en la tabla

4 se verifica que parejas de tratamientos tienen diferencias entre las medias de calificaciones durante las evaluaciones de entrada y salida.

Tabla 2.

Resumen estadístico por grupos respecto a evaluaciones de entrada y salida.

Estadística de calificaciones en pre-test					Estadística de calificaciones en post-test				
Grupo	Metodología	Media	Error típico	Varianza	Grupo	Metodología	Media	Error típico	Varianza
A	Tradicional	0,46	0,03317	0,011	A	Tradicional	0,60	0,03873	0,015
B		0,49	0,05220	0,027	B		0,60	0,03686	0,014
C		0,53	0,02906	0,008	C		0,62	0,02380	0,006
D		0,67	0,05281	0,028	D		0,83	0,02386	0,006
E	No Tradicional	0,31	0,03145	0,010	E	Tradicional	0,54	0,02794	0,008
F		0,44	0,03399	0,012	F		0,64	0,02693	0,007

Nota: Datos estadísticos de comparación entre los resultados del pre-test y post-test de los grupos de investigación.

Tabla 3.

Análisis estadístico de varianza para evaluaciones de entrada y salida.

ANOVA PRE-TEST							
Origen de las Variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,694875	5	0,138975	8,6834249	4,3296E-06	2,3860698	
Dentro de los grupos	0,86425	54	0,01600462963				
Total	1,559125	59					
ANOVA POST-TEST							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F	
Entre grupos	0,4915	5	0,0983	10,723636	3,43486E-07	2,3860698	
Dentro de los grupos	0,495	54	0,00916667				
Total	0,9865	59					

Nota: (H₀): las medias de todos los grupos son iguales; (H_a): en al menos un grupo la media de calificaciones es distinta.

Tabla 4.*Prueba Tukey: comparación entre pares durante el pre-test y post-test.*

Pre-test								
Grupos	Diferencia	SEM	Valor q	Probabilidad	Alfa	Sig.	LCL	UCL
B A	0,025	0,05658	0,62491	0,99776	0,05	0	-0,14216	0,19216
C A	0,07	0,05658	1,74975	0,8166	0,05	0	-0,09716	0,23716
C B	0,045	0,05658	1,12484	0,96713	0,05	0	-0,12216	0,21216
D A	0,21	0,05658	5,24924	0,00618	0,05	1	0,04284	0,37716
D B	0,185	0,05658	4,62433	0,02192	0,05	1	0,01784	0,35216
D C	0,14	0,05658	3,49949	0,15002	0,05	0	-0,02716	0,30716
E A	-0,15	0,05658	3,74946	0,10253	0,05	0	-0,31716	0,01716
E B	-0,175	0,05658	4,37437	0,03512	0,05	1	-0,34216	-0,00784
E C	-0,22	0,05658	5,4992	0,00361	0,05	1	-0,38716	-0,05284
E D	-0,36	0,05658	8,9987	6,97E-07	0,05	1	-0,52716	-0,19284
F A	-0,02	0,05658	0,49993	0,99923	0,05	0	-0,18716	0,14716
F B	-0,045	0,05658	1,12484	0,96713	0,05	0	-0,21216	0,12216
F C	-0,09	0,05658	2,24967	0,60806	0,05	0	-0,25716	0,07716
F D	-0,23	0,05658	5,74917	0,00207	0,05	1	-0,39716	-0,06284
F E	0,13	0,05658	3,24953	0,21287	0,05	0	-0,03716	0,29716
Post-test								
Grupos	Diferencia	SEM	Valor q	Probabilidad	Alfa	Sig.	LCL	UCL
B A	-0,005	0,04282	0,16514	1	0,05	0	-0,1315	0,1215
C A	0,02	0,04282	0,66058	0,99708	0,05	0	-0,1065	0,1465
C B	0,025	0,04282	0,82572	0,9917	0,05	0	-0,1015	0,1515
D A	0,225	0,04282	7,43151	3,69E-05	0,05	1	0,0985	0,3515
D B	0,23	0,04282	7,59665	2,44E-05	0,05	1	0,1035	0,3565
D C	0,205	0,04282	6,77093	1,89E-04	0,05	1	0,0785	0,3315
E A	-0,065	0,04282	2,14688	0,65436	0,05	0	-0,1915	0,0615
E B	-0,06	0,04282	1,98173	0,72605	0,05	0	-0,1865	0,0665
E C	-0,085	0,04282	2,80746	0,36409	0,05	0	-0,2115	0,0415
E D	-0,29	0,04282	9,57838	1,81E-07	0,05	1	-0,4165	-0,1635
F A	0,035	0,04282	1,15601	0,96307	0,05	0	-0,0915	0,1615
F B	0,04	0,04282	1,32116	0,93582	0,05	0	-0,0865	0,1665
F C	0,015	0,04282	0,49543	0,99927	0,05	0	-0,1115	0,1415
F D	-0,19	0,04282	6,27549	6,19E-04	0,05	1	-0,3165	-0,0635
F E	0,1	0,04282	3,30289	0,19808	0,05	0	-0,0265	0,2265

Nota: Sig. igual a 1 indica que la diferencia de las medias es significativa al nivel 0.05 y Sig. igual a 0 indica que la diferencia de las medias no es significativa al nivel 0.05.

Análogo al observable anterior y usando el valor Sig, se evidencia que durante el pre-test los grupos D, E, F manifiestan desigualdad frente a los grupos de A, B, C ya sea por tendencias positivas o negativas referidas a su experiencia educativa. Sin embargo, el resultado más impresionante que se puede examinar es que al finalizar ambas metodologías los grupos D y C que no presentaron divergencias preliminares, ahora manifiestan disparidad por el uso de metodologías activas. Paralelamente, el grupo E denominado crítico, pudo alcanzar una simetría de conocimientos en comparación con los otros equipos, dando crédito a que el empleo de metodologías activas asistidas por el ciclo PODS con simulaciones PhET resulta ser una propuesta innovadora durante la enseñanza del Péndulo Simple.

Evolución del aprendizaje

En la tabla 5, se detalla una caracterización para ambas metodologías a partir de los promedios de entrada y salida de todos los grupos, con el propósito de determinar la proporcionalidad de crecimiento por cada uno. Luego, para la sistematización de datos y el cálculo de indicadores de evolución, se precisó con el software ORIGIN-PRO 9.0 la ventaja de un aprendizaje normalizado

de Hake (G), el ancho de distribución de ganancia ($\Delta\langle G \rangle$) y las medidas de tendencia central con una ponderación hacia la escala [0,0 – 1,0]. De manera que, dicha ganancia normalizada no dependa de los conocimientos preliminares de los estudiantes.

Por consiguiente, cuando los anchos de distribución son próximos a la ganancia normalizada el instrumento de investigación presenta una zona ciega, es decir que, se genera un sesgo durante la investigación. Por lo tanto, se ha demostrado que la metodología tradicional empleada en los grupos de control no genera un cambio sustancial por lo que el aprendizaje carece de significado. En cambio, la metodología activa asistida con el ciclo PODS promueve en los estudiantes el aprendizaje significativo debido a que el valor de su ganancia normalizada es mayor frente al tradicional y la amplitud de distribución no presenta una cuantía próxima a la misma.

Por simplicidad, en la figura 3 se aclara las tres regiones propuestas; Baja-G, Media-G y Alta-G, en donde se muestra el avance de los seis grupos frente al empleo de dos metodologías; la tradicional versus la no tradicional.

Tabla 5.

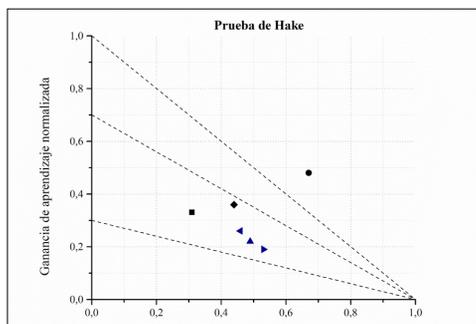
Indicadores de aprendizaje para grupos de control y experimental.

Indicadores	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D	Grupo E	Grupo F
M_e	0,46	0,49	0,53	0,67	0,31	0,44
DS_e	0,10	0,16	0,09	0,17	0,10	0,11
M_s	0,60	0,60	0,62	0,83	0,54	0,64
DS_s	0,12	0,12	0,08	0,08	0,09	0,09
G	0,26	0,22	0,19	0,48	0,33	0,36
$\Delta\langle G \rangle$	0,27	0,34	0,23	0,35	0,16	0,20

Nota: ($\Delta\langle G \rangle$): Distribución o desviación de la ganancia normalizada de Hake.

Figura 3

Ganancia normalizada frente al promedio del Pre-Test. Control



Nota de la figura: (■) Grupo A; (▲) Grupo B; (■) Grupo C; Experimental: (●) Grupo D; (■) Grupo E; (◆) Grupo F.

Evidentemente, los grupos de control alcanzan una región Media-G con enseñanza tradicional; sin embargo, los grupos experimentales superan la ganancia normalizada, esto se debe a la secuencia didáctica propuesta por el ciclo PODS asistido por simulaciones PhET, que permitieron conseguir para el grupo D, la región de Alta-G. Por ello, la implementación de metodologías activas para la enseñanza del Péndulo Simple, pues permite el desarrollo de un aprendizaje significativo en los estudiantes de nivel medio, asegurando una ganancia superior a la esperada por las estrategias convencionales.

Conclusiones

Lo relevante de la investigación está claramente sustentado por los resultados estadísticos referentes a la ganancia normalizada de Hake. Aunque los grupos experimentales E y F se mantuvieron en la región Media-G sus valores frente a los tres grupos de control A, B, C fueron superiores, debido a la metodología activa

del ciclo PODS. Del mismo modo, los anchos de distribución para los grupos de control detectaron una cuantía mayor a su ganancia normalizada, lo cual no es permitido ya que invalida o limita el uso de la metodología tradicional por el significado de los resultados. De esta manera, durante la enseñanza del Péndulo Simple el impacto del simulador PhET como aprendizaje activo a través de procesos de predicción, observación, discusión y síntesis incrementan con éxito las ganancias de aprendizaje de cualquier grupo de estudio sin importar su estado de conocimiento preliminar.

En síntesis, la caracterización del estudio ha demostrado cuantitativamente evidencias significativas para los docentes de Física en dos escenarios educativos: metodología tradicional frente a metodología activa. El diseño de una mejor orientación metodológica fundamentada desde una perspectiva experimental asistida por simulaciones interactivas y pautas del ciclo PODS, presenta mayor ganancia de aprendizaje debido a que el protagonismo de la función docente como una construcción de bases teóricas y/o prácticas, se corresponde con los estudiantes sin causar un rol pasivo en ellos y confrontando paulatinamente un desempeño auténtico a través de laboratorios virtuales que demuestran mejor comprensión de contenidos a largo plazo, optimizando así la didáctica de la Física. No obstante, la implementación de nuevas tecnologías al aula tradicional no pretende reemplazar los recursos didácticos eficaces para el aprendizaje, sino incorporar herramientas que simplifiquen y enriquezcan las metodologías tradicionales o convencionales.

Por ello, el aprendizaje activo mediado

por simulaciones, tiene la facilidad de reproducir con gran precisión y exactitud la mayoría de fenómenos físicos, consiguiendo una mayor familiaridad de contenidos con un bajo costo, reducción de materiales de laboratorio y prevención de accidentes durante prácticas diseñadas. Por consiguiente, la metodología activa busca el desarrollo de habilidades analíticas y comparativas en los educandos, reduciendo el empleo de métodos memorísticos en el aprendizaje, asegurando el razonamiento con la deducción de fenómenos a partir de eventos preliminares.

Referencias

- Aparicio, O., y Ostos, O. (2018). El constructivismo y el construccionismo. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 11(2), 115-120. <https://bit.ly/3zzTtV9>
- Aveleyra, E. y Ferrini, A. (2005). Sensor-interface-pc, su integración en una propuesta didáctica para el estudio de un modelo físico [Ponencia]. *Memorias del Congreso Internacional de Educación Superior y Nuevas Tecnologías*, Paraná, Argentina.
- Benegas, J., Alarcón, H., y Zavala, G. (2013). Formación de profesorado en metodologías de aprendizaje activo de la física. En J. Benegas, M. Pérez y J. Otero (Eds.), *El Aprendizaje activo de la física básica universitaria* (pp. 193-203). Andavira.
- Cadena, I. (2002, abril-junio). Mapas conceptuales y la estructuración del saber. Una experiencia en el área de educación para el trabajo. *Educere*, 6(17), 9-27. <https://bit.ly/3aNg5qN>
- Sheard, J. (2018). Quantitative data analysis [Chapter 18]. In K. Williamson y G. Johanson, *Research Methods* (pp. 429-452). Chandos Publishing. <https://bit.ly/3tukcOZ>
- Dadamia, D., Ferrini, A., y Aveleyra, E. (2009). Estudios de sistemas de cuerpos utilizando técnicas de procesamiento de imágenes. *Revista Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 4, 68-74. <https://bit.ly/3NHFyAG>
- Gamboa, M. (2018). Estadística aplicada a la investigación educativa. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 5(2). <https://bit.ly/3O9mb3m>
- Hake, R. (1998). Interactive-Engagement versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses [Abstract]. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hernández-Silva, C., López-Fernández, L., González-Donoso, A., y Tecpan-Flores, S. (2018). Impacto de estrategias de aprendizaje activo sobre el conocimiento disciplinar de futuros profesores de física, en un curso de didáctica. *Pensamiento Educativo. Revista de Investigación Latinoamericana*, 55(1), 1-12. <https://bit.ly/3HgCKYL>
- Huber, G. (2008). Aprendizaje activo y metodologías educativas. *Revista de Educación*, Número extraordinario 2008, 59-81. <https://bit.ly/3O8xuZv>
- Martínez, E., Cáceres, J., y Bustamante, E. (2012, mayo-agosto). Propuesta met-

- odológica para la práctica de laboratorio de péndulo simple. *Educere*, 16(54), 175-184. <https://bit.ly/3O6LLGe>
- Martínez, J. (2015, abril). Obtención del valor de la aceleración de la gravedad en el laboratorio de física. Experiencia comparativa del sensor de un teléfono celular inteligente y el péndulo simple. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 12(2), 341-346. <https://bit.ly/3O2kMva>
- Mirnada, F., y Reynoso, R. (2006, octubre-diciembre). La Reforma de la Educación Secundaria en México. Elementos para el debate. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1427-1450. <https://bit.ly/3NTZPTu>
- Mora, C. (2008). Cambiando paradigmas en la enseñanza de las ciencias: consideraciones sobre el aprendizaje activo de la Física. *Revista Areté. Revista Amazónica de Ensino de Ciências*, 1(1), 24-32. <https://bit.ly/3mzNVCo>
- Tigse, C. (2019, abril). El Constructivismo, según bases teóricas de César Coll. *Revista Andina de Educación*, 2(1), 25-28. <https://bit.ly/3NFLtq3>
- Pozo, J., y Gómez, M. (2006). *Aprender y enseñar ciencia* (5ª ed.). Editorial Morata. <https://bit.ly/3mXtC1S>
- Romero, O. (2009, julio). El ciclo PODS: método que permite generar aprendizajes significativos de electromagnetismo a alumnos de segundo grado de secundaria (Tesis de diplomado, Instituto Politécnico Nacional, México). *Slideshare*. <https://bit.ly/3aNfHIR>
- Sánchez, R. (2017, junio). Propuesta didáctica de aprendizaje del movimiento de un proyectil con simulación PhET y Aprendizaje Activo para estudiantes de Nivel Medio Superior. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 2330. <https://bit.ly/3O4ymyn>
- Sokoloff, D. (2006). Active Learning in Optics and Photonics. Training Manual. *UNESDOC*. <https://bit.ly/3NOdHPu>
- Sokoloff, D., y Thornton, R. (1997). Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment. *The Physics Teacher*, 35, 340. <https://doi.org/10.1119/1.2344715>
- Sokoloff, D., y Thornton, R. (2006, September). *Interactive Lecture Demonstrations: Active Learning in Introductory Physics*. John Wiley and Sons.
- Sokoloff, D., Thornton, R., y Laws, P. (2012). *Real Time Physics. Active Learning Laboratories. Module I. Mechanics* (3ª ed.). John Wiley and Sons. <https://bit.ly/3NJEXhP>
- Thornton, R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula [Abstract]. *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352. <https://doi.org/10.1119/1.18863>

Para referenciar este artículo utilice el siguiente formato:

Calle, R., Calle, D. (2022, julio/diciembre). El aprendizaje activo de la Física durante la práctica del Péndulo Simple mediante Simulación. *Yachana Revista Científica*, 11(2), 75-91.