



La enseñanza de la energía a través de juguetes tradicionales y la modelación con la herramienta *Tracker* en el bachillerato, México

Teaching energy through traditional toys and modeling with the Tracker tool in high school, Mexico

 Mario Humberto Ramírez Díaz; mramirezd@ipn.mx
Guillermina Ávila García; alivagar@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional (México)

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una investigación con estudiantes de bachillerato del Instituto Politécnico Nacional en México. El trabajo muestra el diseño, implementación y evaluación de una propuesta de enseñanza del tema de energía a través de juguetes tradicionales. El diseño de la secuencia didáctica toma como base el aprendizaje basado en proyectos y se orienta a la solución de problemas centrados en la estructura de los juegos, modelando con el software Tracker y demostrando la potencialidad del uso de herramientas tecnológicas en el aprendizaje de la Física, particularmente en el concepto de energía; derivado de la investigación se logra que los estudiantes desarrollen las competencias mediante la experimentación que acompaña la interpretación del fenómeno físico con ayuda de herramienta tecnológica, así como de la gráfica y ecuaciones que lo modelan.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, enseñanza de la energía, modelación, Tracker, física de los juguetes.

Abstract

This article presents the results of an investigation with high school students of the National Polytechnic Institute in Mexico. The work shows the design, implementation and evaluation of a proposal for teaching the subject of energy through traditional toys. The design of the didactic sequence is based on project-based learning and is oriented to the solution of problems focused on the structure of the games, modeling with Tracker software and demonstrating the potential of the use of technological tools in the learning of Physics, particularly in the concept of energy; derived from the research, students can develop the skills through experimentation that accompanies the interpretation of the physical phenomenon with the help of a technological tool, as well as the graph and equations that model it.

Keywords: Project-based learning, energy teaching, modeling, Tracker, toy physics.



1. INTRODUCCIÓN

El estudio del trabajo y energía es uno de los más importantes que se presenta en la enseñanza de la física, estos temas presentan dificultad en los estudiantes, una es que son fenómenos físicos no observables. Por ello se propone la modelación de los fenómenos físicos mediante el uso de juguetes tradicionales. Los juguetes ofrecen, por su flexibilidad, sencillez de uso y bajos costos, posibilidad de promover mayor comunicación horizontal en y entre grupos de estudiantes (Canedo, 2007). También es importante destacar que todos los juguetes necesitan energía para funcionar (López-García, 2004).

En este trabajo enfatizamos la modelación física y matemática como una herramienta poderosa que se usa extensivamente para diagnosticar y analizar fenómenos, (Sandoval, 2014, p. 2). La modelación en el proceso de la enseñanza de la Física es una herramienta que potencializa el aprendizaje del concepto de energía en los estudiantes; utilizando el software Tracker, esta investigación muestra ejemplos sobre modelos desarrollados a través de juguetes tradicionales, tales como el yoyo, trompo, balero y canicas; en los cuales al aplicar una fuerza, se puede apreciar notablemente el movimiento que realizan y sobre todo modelar para analizar con herramienta tecnológica la gráfica de energía.

Los reportes de investigación señalan que a través de la modelación los estudiantes pueden comprender mejor los contextos donde se desenvuelven; se apoya el aprendizaje de las matemáticas y se promueve el desarrollo de algunas competencias, actitudes y visiones adecuadas en matemáticas (Blum y Borromeo, 2009). También se distinguen la perspectiva que categoriza la modelación educativa; un objetivo claramente pedagógico, distinguiendo dos tipos de corrientes: una didáctica en la que los modelos se utilizan para estructurar y promover el proceso de aprendizaje de los estudiantes, y otra que se puede considerar de carácter conceptual, en la cual el papel de la modelación es clave para introducir nuevos conceptos y para desarrollarlos (Trigueros, 2009; citado en Prado 2017, p. 67).

Los educadores en el campo de la física están llamados a diseñar estrategias pedagógicas en las cuales exista transmisión-asimilación de conocimientos elaborados y la posibilidad de practicar lo estudiado en un contexto o campo de acción de interés del estudiante (Redish, 1994; Hammer, 2000; Brookes et al., 2011; Fakcharoenphol et al, 2011; Wang, 2005; citado en Guevara, 2014, p. 191).

Los juguetes sensibilizan al estudiante para interactuar con un elemento que no se relaciona (aparentemente) con la materia, estimulan el interés del estudiante hacia un tema determinado, facilitan la enseñanza complementando las explicaciones verbales con contenidos icónicos concretos de fácil de comprensión que contribuyen a la fijación de los contenidos (Canedo, 2007). En diversas investigaciones (Varela, 2005; Pérez-Landazábal, 2006; López-García, 2004; Canedo, 2007; Güemez, 2010), refieren las bondades que nos brinda el usar los juguetes para la enseñanza de la física.



La enseñanza de la física se cifra en la capacidad para conocer el mundo que nos rodea y sus fenómenos, en este sentido los juguetes son cotidianos y cargados de Física, funcionando con los principios físicos más variados (López, 2004).

La Física en los planes de estudio del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No 11 del Instituto Politécnico Nacional de México (CECyT No. 11), es una unidad de aprendizaje del área ciencia Físico – Matemáticas que se imparte en cuarto semestre [Véase anexo 1]. En este trabajo nos enfocamos particularmente en las Leyes de Newton y Principio de la Conservación de la Energía Mecánica. La importancia del enfoque didáctico es que los estudiantes desarrollen capacidad para comunicar su pensamiento y se habitúen gradualmente a los diversos medios de expresión matemática: lenguaje natural, simbólico y gráfico, así como al uso de tablas y diagramas. En términos generales, la enseñanza de los temas no debe seguir la exposición magistral, sino fomentar el trabajo en equipo, el aprendizaje autónomo y la exposición de las experiencias logradas por parte de sus integrantes a través de una adecuada planeación de las actividades de aprendizaje (Plan y programa de estudios, 2008).

Con base a lo anterior se planteó la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es el impacto del uso de la herramienta tecnológica Tracker para potencializar el aprendizaje de los estudiantes en el tema de energía, que derive en la reflexión y análisis de las gráficas generadas al introducir experimentos con juguetes tradicionales?

2. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación plantea el objetivo del proceso de cómo puede el estudiante de bachillerato comprender el tema de energía mediante la experimentación con juguetes tradicionales y el análisis de las gráficas generadas a partir de la herramienta tecnológica Tracker, propiciando la argumentación científica, la relación del fenómeno físico con el modelo matemático.

3. MARCO TEÓRICO

El estudio de la energía se encuentra presente en los ámbitos más diversos de la educación científica. Su estudio es fundamental para comprender aspectos tan importantes como los procesos de unificación que tienen lugar en la ciencia o el funcionamiento de las máquinas e instrumentos que están presentes en todas nuestras actividades cotidianas (Bybee, 1991; citado en Pérez, 2003, p. 82).

Espejo y colaboradores (citado en Ramírez, 2014, p. 66), destacan que los conocimientos de ciencias y matemáticas de los alumnos de países como Brasil, Argentina y México están entre los más bajos del mundo. Asimismo, Elizondo (2013), precisa las dificultades en el proceso enseñanza



aprendizaje de la física, tomando en cuenta los siguientes: falta de comprensión en los significados de los datos, contextualización de los conceptos de física, transcripción al lenguaje matemático de los datos del problema; además en la experiencia se observa la falta de relación del fenómeno físico con las gráficas que se generan a partir de un experimento.

Por otro lado, (Benítez y Mora, 2011; citado en Ramírez, 2014, 2014, p. 67) mencionan la baja efectividad de la enseñanza tradicional de la física expone la necesidad de un cambio en el tipo de enseñanza, considerando una alternativa exitosa para complementar la enseñanza tradicional el ABP en el caso con estudiantes de bachillerato, que hace uso de técnicas de enseñanza basada en datos empíricos que en esta investigación se recolectan a través del experimento que llevan a cabo los estudiantes con los juguetes tradicionales: yoyo, trompo, canicas y balero.

Por ello, la implementación del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) nos ofrece la oportunidad para lograr conocimientos significativos mediante la resolución de situaciones para el aprendizaje de la energía en el que los estudiantes realizan un proyecto para resolver un problema real, en este caso con juguetes tradicionales y simulaciones, que deja soluciones abiertas (Miguel, 2005; citado en Ramírez, 2014, p. 67).

El juego es más viejo que la cultura (Huizinga, 2000; citado en Melo, 2014, p. 42), permite considerar como primer elemento de construcción y desarrollo del ser humano y de su entorno. Los seres humanos somos seres lúdicos por naturaleza y este hecho sugiere que se aprende con mayor facilidad aquello que produce gozo y alegría.

Conceptuar sobre juguetes es hablar de cultura y tradiciones, además de que dichos objetos permiten echar a volar la imaginación, el juguete en sí es uno de los primeros modos de relación del ser humano con los objetos: representa y ofrece a los jóvenes elementos para expresarse, hablar, proyectar su imaginación, promoviendo nuevas habilidades de pensamiento y la aprehensión de nuevos conocimientos (Cardozo, 2015).

La introducción de los juguetes en las actividades permite a los estudiantes construir activamente, con ejemplos concretos, el propio conocimiento en el ámbito de la física. Cabe destacar que, si se pretende concretar nuestra propuesta en actividades didácticas, más allá de la utilización de los juguetes, son necesarios otros recursos didácticos que permitan a los estudiantes interactuar con éstos y aprehender las competencias generales y específicas del campo científico (Häusermann, 2013).

Cabe destacar la importancia del uso de juguetes tradicionales en esta investigación particularmente: el yoyo, trompo, canica y el balero, debido a que requieren de energía para funcionar y esto se logra con la aplicación de una fuerza o varias fuerzas.



Los juguetes tradicionales por sí mismos llaman la atención e invitan a la diversión y que mejor para aprovechar que los estudiantes sean alentados mediante estos juguetes para llevar a cabo la experimentación y de modo implícito la modelación de cada uno de ellos.

El tema principal es el de la energía, por consiguiente, también se estudia el Principio de Conservación de la Energía, que conlleva las transformaciones de esta y que puede ser estudiado mediante estos experimentos sencillos con juguetes. En el mercado existen muchos juguetes tradicionales, pero para el estudio que nos interesa destacamos los que al momento de aplicar una fuerza inician un movimiento que remite a la energía y además por ser más comunes que otros como la matraca.

4. METODOLOGÍA

La investigación hace énfasis en el enfoque cualitativo, permitiendo la comprensión e interpretación de los procesos/situaciones/interacciones que se llevan a cabo con el uso de la herramienta tecnológica Tracker, considerando la recolección de datos y la estrecha relación entre los estudiantes que cursan Física, de donde se sustraen sus experiencias e interpretaciones que enriquecen el fin de esta investigación (Hernández, 1997, p. 279). Se empleó la herramienta tecnológica Tracker para analizar los juegos con el tema de energía, considerando los trabajos de los estudiantes con un reporte escrito donde compartían la relación de los conceptos y ley de la conservación de la energía de la actividad experimentada.

El aprendizaje basado en proyectos (ABP) es una metodología que se desarrolla de manera colaborativa que enfrenta a los estudiantes a situaciones que los lleven a plantear propuestas ante determinada problemática. En el caso del programa de estudios del Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos No. 11 (CECyT 11), se considera que el proyecto es una estrategia integradora que permite movilizar saberes en situación (Díaz Barriga, 2015; Jonnaert et. al. 2006; citado en Gonzales, 2017, p. 5). Este trabajo ofreció una oportunidad para lograr conocimientos significativos mediante la resolución de situaciones con juguetes tradicionales, el cual se vio favorecido porque los estudiantes planean, implementan y evalúan proyectos que tienen aplicación en el mundo real más allá del aula de clase (Blank, 1997; Dickinson, et al, 1998; Harwell, 1997).

4.1 Participantes

El grupo muestra fue con un grupo de 20 estudiantes, que conformaron equipos de 5 personas cada uno, de 16 a 18 años que cursaban el cuarto semestre en el CECYT 11. El trabajo se llevó a cabo en el primer semestre del año 2019, en el curso consecutivo es Física II.



4.2 Diseño de situación que involucra el ABP, la experimentación y modelación con Tracker

Pronóstico; Se aplicó un cuestionario [véase anexo 1] durante el primer semestre del año 2019, a 20 estudiantes de cuarto semestre, de modo individual, contaron con un tiempo de 30 minutos. La variable que se midió es: el aprendizaje que tienen los estudiantes del concepto de energía, fuerza y trabajo.

Es pertinente plantear a los estudiantes un instrumento a modo de diagnóstico acerca de los conceptos de energía, trabajo y fuerza, para lo cual se aplicó un cuestionario con preguntas abiertas y cerradas. Por lo que se considera pertinente plantear en el contexto de la enseñanza, los procesos de aprendizaje y el resultado, para tal efecto de la interacción entre los componentes se propone el modelo 3P, que señala tres puntos temporales en los que se sitúa los factores relacionados con el aprendizaje: pronóstico, antes de que se produzca el aprendizaje; proceso, durante el aprendizaje, y producto o resultado del aprendizaje (Biggs, 2010).

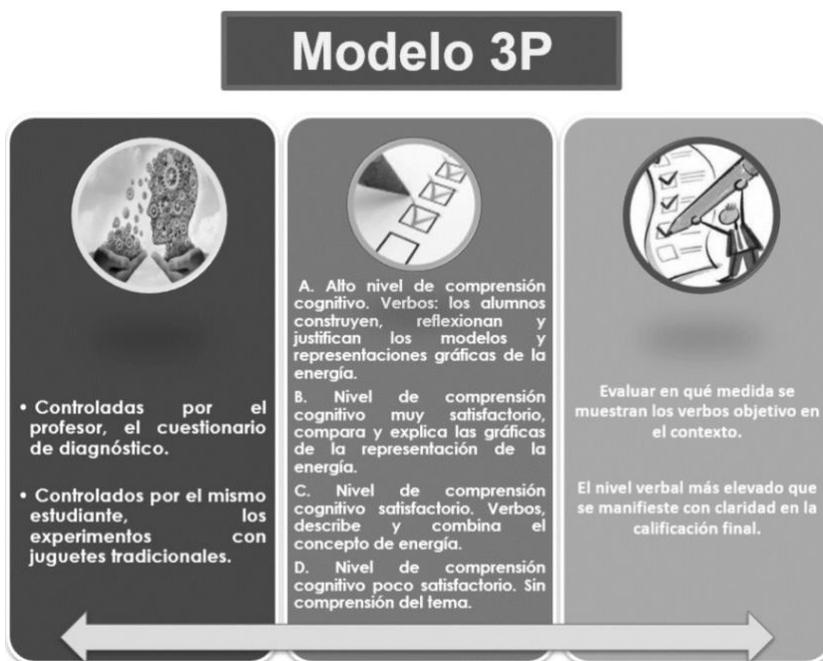


Figura 1. Modelo 3P para el aprendizaje de la energía. Nota: El cuadro muestra una adecuación del modelo 3P, pronóstico, proceso y producto del aprendizaje. Tomado y adecuado de: Biggs (2010).

A partir del pronóstico, se propuso a los estudiantes llevar a cabo experimentos con juguetes tradicionales como el yoyo, trompo, balero, entre otros, para después analizar las gráficas y tablas generadas a partir del software.

Planificación de acuerdo con el programa de estudios de Física II, donde la orientación se realizó con base a las preguntas que derivaron del examen diagnóstico; ¿cuáles son los conceptos que

debo conocer?, ¿qué es lo que debo realizar para resolver el problema?, ¿qué realizo para llegar a los resultados esperados? Se proporcionó información de referencia, para ir conformando la justificación de su proyecto, también se dio la inicialización al software como parte de las primeras pruebas para su uso. Los estudiantes realizan el experimento de forma libre y después lo analizan con Tracker. Finalmente, presentan su propuesta del juguete elegido para el experimento con sus compañeros para las posibles observaciones y/o sugerencias.

Implementación los estudiantes llevan a cabo la propuesta, considerando la entrega de un informe, fundamentado en las referencias propuestas por la docente.

Evaluación el informe se presenta en formato físico con los compañeros de clase mediante una exposición.

La evaluación se llevó a cabo mediante la rúbrica que acompaña los criterios de desempeño y se muestran en el enlace [Anexo 2].

La clase de física es teórica – experimental, cuentan con dos horas de sesiones presenciales, una hora en otros ambientes y dos horas de práctica en el laboratorio.

La importancia creciente dada al estudio de la energía ha sido acompañada de la constatación de serias dificultades en el aprendizaje de este concepto, que afectan incluso a estudiantes universitarios; por mencionar algunas, la incorrecta interpretación de la energía como un fluido material, la confusión entre fuerza y energía. Por ello, la orientación del aprendizaje como cambio conceptual (Posner et al., 1982; Driver, 1988).

4.3 Descripción de la actividad experimental

El análisis de la actividad experimental (Figura 2) que llevaron a cabo los estudiantes se basó en juguetes tradicionales que se describen a continuación:



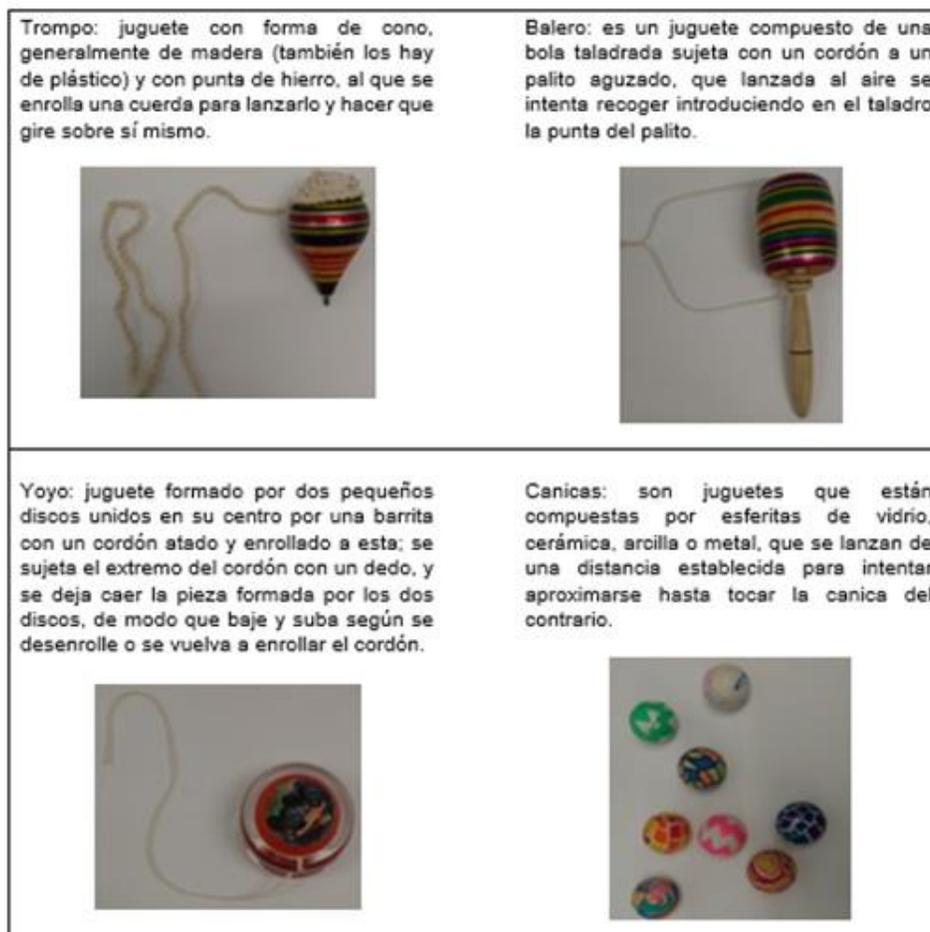


Figura 2. Juguetes tradicionales utilizados para la investigación. Nota: el cuadro muestra la breve descripción de los juguetes utilizados por los estudiantes.

El experimento lo llevaron a cabo los estudiantes de modo físico y en el momento de realizar la actividad, grabaron un video de 8 a 10 segundos el cual analizaron con el software del que obtuvieron: tablas y gráficas para la constatación de resultados con base a la teoría investigada. Como parte de la evaluación final, [véase anexo 3], se aplicó un cuestionario con las preguntas que se realizaron como pronóstico e incluyendo otras más, a modo de verificar el conocimiento alcanzado por los estudiantes y los niveles de cognición. También llevaron a cabo la exposición de sus resultados con sus compañeros, mediante el análisis de discurso.

4.4 Integración de la herramienta tecnológica Tracker

La herramienta Tracker es un software de análisis de video que permite, entre otras cosas, seguir objetos determinando su posición como función del tiempo para posteriormente graficarla o hacer otros análisis.

El programa informático Tracker, permite analizar videos de experimentos y extraer datos de las imágenes de forma muy sencilla. Tracker permite comparar la predicción que se realiza mediante una ecuación analítica, con los datos seleccionados en el video. A través de esto se puede introducir a los estudiantes a un ambiente virtual donde puedan relacionar las ecuaciones físicas del movimiento con el objeto de que se observa en el video. Este programa permite estudiar tres áreas de la física (Bernardín, 2010).

- Cinemática
- Dinámica
- Fenómenos ópticos

Los estudiantes realizaron el experimento de los juegos tradicionales, grabaron la acción sin mover la cámara de cinco a diez segundos y posteriormente adjuntaron el video al software, donde observaron en tiempo real el experimento.

5. RESULTADOS

La aplicación del pronóstico se llevó a cabo, considerando preguntas abiertas y precodificadas [Véase anexo 3]. Los resultados, revelan el conocimiento previo que tienen los estudiantes acerca de los conceptos de: trabajo, energía y fuerza; acerca de los sistemas cerrados, abiertos, aislados y sobre el principio de conservación de la energía.

Tabla 1. Codificación de la pregunta abierta A

Código	Categoría	Número de frecuencias de mención
1	<i>No sé los conceptos</i>	3
2	<i>No recuerdo los conceptos</i>	4
3	<i>Energía; capacidad que tiene un cuerpo para producir trabajo. Fuerza; es algo capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. Trabajo; es el producto de la fuerza por el desplazamiento.</i>	7
4	<i>Son conceptos muy ligados en la física que tratan de movimientos de cuerpos.</i>	4
5	<i>Todos tienen que ver con el movimiento de cuerpos.</i>	1

Nota: Los datos refieren a la codificación de la pregunta propuesta de tipo abierta.



La respuesta que mejor describe a los conceptos es la de codificación 3, de acuerdo con las definiciones: *energía*, capacidad para realizar un trabajo (Giancoli, 2008, p. 172); *trabajo*, efectuado por una fuerza constante se define como el producto escalar de una fuerza por un desplazamiento (Giancoli, 2008, p. 167); *fuerza*, es cualquier empuje o jalón sobre un objeto (Giancoli, 2008, p. 84).

Tabla 2. Ajuste de la codificación

Categoría	Códigos	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
Respuesta correcta	1	7	35%	7
Respuesta incorrecta	2	12	60%	19
Sin respuesta	3	1	5%	20
Total		20	100%	

Nota: Los datos refieren a los ajustes de codificación de las preguntas: 1, 2, 3 del cuestionario inicial.

De acuerdo con los resultados más del 50% de la muestra tienen una respuesta incorrecta, confundiendo los conceptos y el 5% no tiene idea clara de los conceptos.

Mientras que, para las preguntas precodificadas B, C y D, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados de las preguntas precodificadas B, C y D

Pregunta	Código	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa	Frecuencia acumulada
B	1	<i>No se conservan</i>	12	60%	12
	2	<i>Permanece constante</i>	6	30%	18
	3	<i>No lo sé</i>	2	10%	20
D	1	<i>Máxima</i>	12	60%	12
	2	<i>Tiene valor mínimo en toda su trayectoria</i>	4	20%	16
	3	<i>Nula en la parte más alta de la trayectoria ya que toda la energía es potencial</i>	3	15%	19
	4	<i>No lo sé</i>	1	5%	20
D	1	<i>Si</i>	15	75%	15
	2	<i>No</i>	3	15%	18
	3	<i>No lo sé</i>	2	10%	20

Nota: Los datos refieren a los resultados de las preguntas codificadas correspondientes a B, C y D del cuestionario inicial.



De la pregunta B, se concluye que el 70% de los estudiantes no asocian de manera correcta las fuerzas conservativas con el Principio de Conservación de la Energía.

Con respecto a la pregunta C, sólo el 20% de los estudiantes contestó correctamente, la respuesta correcta está fundamentada con respecto a la ecuación de energía cinética $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, como la pelota esta girando en un plano vertical, la velocidad en la parte superior es mínima, con ello; la energía cinética es mínima.

Y finalmente, la pregunta D, el 75% de la población ha “acertado” de modo correcto, se menciona que se ha acertado porque mediante preguntas directas de parte de la docente, los estudiantes contestan que por el Principio de Conservación de la Energía, por lo cual se diseña la propuesta usando juguetes tradicionales que permitan la comprensión del fenómeno, además de realizar un análisis mediante el uso de gráficas generadas a partir de la herramienta Tracker y realizar una relación entre la teoría y práctica.

Planificación

La idea de que cada equipo trabajara distintos juguetes tradicionales radica en la importancia de que los estudiantes realicen observaciones y comparaciones con respecto a los trabajos de sus compañeros y de este modo analizar diferentes casos. Se organizaron in 4 equipos de 5 estudiantes:

Tabla 4. Equipos de trabajo con juguetes tradicionales.

1.- Yoyo, equipo No. 1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceptos investigados de parte de los estudiantes: trabajo, fuerza y energía. Mediante la lluvia de ideas se realiza en sesión presencial la participación de los estudiantes con las investigaciones realizadas, ejemplificando con su entorno. Mención de ejemplos de sistemas: abiertos, cerrados y aislados. ▪ Descripción de cómo llevar a cabo la experiencia con los juguetes tradicionales, donde los estudiantes realizan una realimentación entre equipos. ▪ Se especifican dudas acerca del uso del software entre los equipos de trabajo.
2.- Trompo, equipo No. 2	
3.- Canicas, equipo No. 3	
4.- Balero, equipo No. 4	

Nota: Breve descripción del equipo de trabajo de los estudiantes con un juguete tradicional.



Cada una de las preguntas fueron estructuradas a modo de conocer el avance del aprendizaje de los estudiantes en los conceptos antes mencionados, pero también considerando la experimentación y el uso de herramienta Tracker de donde derivan las gráficas.

La constatación del análisis con Tracker y ecuaciones, se deriva a partir de algunas preguntas que los estudiantes utilizaron para poder dar respuesta al cuestionario.

El cuestionario aplicado [Véase Anexo 3], estuvo orientado a identificar los conocimientos de los estudiantes en cuanto a la energía mecánica, energía rotacional, fuerzas conservativas y el principio de conservación de la energía.

Antes de la aplicación del cuestionario, los estudiantes realizaron la exposición del experimento correspondiente, explicando lo que sucedió en cada uno de ellos, después se dio inicio al cuestionario.

Los resultados que se obtuvieron se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resultados de cuestionario aplicado posterior al experimento con juguetes tradicionales

Pregunta	Código	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa
A	1	<i>Sistema cerrado</i>	0	0
	2	<i>Sistema abierto</i>	20	100%
	3	<i>Sistema aislado</i>	0	0
	4	<i>Los tres sistemas: cerrado, abierto y aislado</i>	0	0
B	1	<i>Se convierte en energía cinética y viceversa, la suma de ambas permanece constante en todo momento</i>	16	80%
	2	<i>Es máxima en cualquier punto</i>	1	5%
	3	<i>Es mínima en cualquier punto</i>	2	10%
	4	<i>Es nula en casi todos los puntos</i>	1	5%
C	1	<i>No cambia</i>	10	50%
	2	<i>Variable</i>	8	40%
	3	<i>No existe la energía cinética de rotación</i>	0	0
	4	<i>Faltan datos</i>	2	10%
D	1	<i>Disminuye</i>	2	10%
	2	<i>Es nula</i>	1	5%
	3	<i>Permanece constante</i>	11	55%
	4	<i>Aumenta</i>	6	30%
E	1	<i>Disminuye</i>	17	85%
	2	<i>Es nula</i>	2	10%
	3	<i>Permanece constante</i>	1	5%
	4	<i>Aumenta</i>	0	0



Pregunta	Código	Categoría	Frecuencia absoluta	Frecuencia Relativa
F	1	<i>Disminuye</i>	2	10%
	2	<i>Es nula</i>	10	50%
	3	<i>Permanece constante</i>	2	10%
	4	<i>Aumenta</i>	6	30%
G	1	<i>Máxima</i>	2	10%
	2	<i>Tiene valor mínimo en toda su trayectoria</i>	15	75%
	3	<i>Nula en la parte más alta de la trayectoria y que toda la energía es potencial</i>	3	15%
	4	<i>Faltan datos</i>	0	0

Nota: Los datos muestran los resultados finales del cuestionario aplicado al grupo de estudiantes.

Pregunta A

De acuerdo con la definición de sistema abierto, los 20 estudiantes denotan que en sus experimentos pueden distinguir el concepto de sistema aislado y abierto, se logra mediante la experimentación realizada con los juguetes tradicionales.

Sistema abierto; se intercambia materia y energía.

Sistema aislado; en este sistema puede existir intercambio de materia o de alguna forma de energía con sus alrededores (Martín, 2014).

[...El equipo de trabajo describe que durante los experimentos hay transferencia de energía, una pequeña parte se transfiere al aire; en el caso del yoyo, trompo, canicas y balero, lo cual hará que el sistema se detenga cuando pierdan energía que les está permitiendo moverse...]

Pregunta B

La pregunta va más allá de la observación, orientándose más a un análisis cuando el yoyo está en movimiento, sólo 16 estudiantes analizaron lo que sucede cuando la energía potencial del yoyo disminuye en la cantidad de la altura, mientras que la energía cinética del disco aumenta cuando la velocidad aumenta, subiendo en forma rotacional.

Los estudiantes con respuesta de “máxima en cualquier punto” mencionan que siempre se está moviendo el yoyo, por lo tanto, es máxima, lo cual es incorrecto. Los estudiantes con respuesta: “mínima en cualquier punto”, tampoco es correcto pues el yoyo se detiene en ciertos momentos, pero continua el movimiento.



Pregunta C

Los estudiantes tienen el conocimiento de que existe una energía rotacional, sin embargo, no toman en cuenta que esta energía no cambia pues la velocidad angular no cambia, los estudiantes que no contestaron correctamente argumentan que conforme va ascendiendo o descendiendo el yoyo va perdiendo velocidad, pero no consideraron que la cuerda no se deforma.

Las preguntas D, E y F, están relacionadas con el Teorema del trabajo, en cada pregunta considera un caso distinto para el valor de trabajo.

Para estas preguntas se llevó a cabo el análisis de discurso:

Preguntas D

Sólo 11 estudiantes responden de modo correcto, el resto relaciona el trabajo positivo como un aumento.

Pregunta E

Los estudiantes contestan correctamente en un alto porcentaje, nuevamente por el Teorema de Trabajo-Energía se justifica la respuesta. Aunque el argumento mencionado es relacionar que el trabajo sobre un objeto es negativo, entonces como la velocidad del objeto en cuestión, disminuye hay una disminución en la energía cinética. Un hecho interesante es que los estudiantes relacionan la ecuación $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, con la velocidad negativa ya que, al elevar al cuadrado, siempre obtendrán un valor positivo...

[...No sería congruente hablar de una energía negativa, sino de una disminución de la energía...]

Pregunta F

Como puede observarse sólo 6 estudiantes contestaron de manera correcta, indicando que la pregunta causa confusión, pues, si el trabajo neto es cero, la velocidad sería cero y no hay desplazamiento del objeto por lo tanto no se mueve el objeto y no hay energía cinética.

Sin embargo, se debió considerar que el trabajo es el cambio en la energía cinética, por lo que, si el trabajo es cero, la energía cinética es fija y la velocidad también es fija.



Pregunta G

Ésta pregunta se realizó en el diagnóstico. Considerando que los estudiantes ya han realizado el experimento y también han generado gráficas con la herramienta Tracker, aún con ello sólo 15 estudiantes contestaron correctamente la pregunta, argumentando de que al estar en un plano vertical se asemeja a experimentos que realizaron y gracias a las gráficas generadas pueden observar que la velocidad en la parte superior es mínima [...pues llega un momento en que el objeto se detiene y pierde la velocidad cuando llega a su punto más alto y al momento que llega al punto más bajo también pierde velocidad y con ello se obtiene un valor mínimo de la energía cinética...]

Los estudiantes consideraron la modelación: matemática, gráfico y física que se muestra en modo resumen en la figura 4.

Tabla 6. Modelos: físico y matemático de la experimentación

Modelo matemático	Modelo físico
<p>El modelo matemático se determinó por medio de las ecuaciones de:</p> <p>Energía cinética: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, donde los estudiantes lo relacionan con el movimiento de los juguetes tradicionales y la velocidad, que ocurre cuando suben, bajan y se detienen.</p> <p>Energía potencial: $E_p = mgh$, que tiene que ver con la altura, experimentado con las canicas, el balero y el yoyo.</p> <p>Energía cinética rotacional: este tipo de energía hace referencia al juguete tradicional de trompo, de donde se define la ecuación matemática $E_k = \frac{1}{2}m\omega^2$, considerando la velocidad angular y el eje de rotación del trompo.</p>	<p>Representado por el experimento realizado, donde los estudiantes observaron lo que ocurría con los juguetes tradicionales en los movimientos arriba y abajo en cada interacción en el caso del yoyo y del balero, durante las observaciones notaron que al momento de la subida de estos juguetes se “detienen” y ocurre la transformación de la energía cinética a potencial.</p> <p>Mientras que, en el trompo, lo que observaron es que el movimiento es circular, por lo que les permitió asociar una velocidad angular, que les permitió analizar la energía cinética rotacional.</p>

Nota: El cuadro muestra un comparativo entre el modelo físico (experimentos con juguetes tradicionales) y el modelo matemático mediante ecuaciones de energía.

Modelo gráfico (los estudiantes expusieron la gráfica representativa de su experimento con el juguete tradicional).

Yogo

Los estudiantes concluyen que la energía cinética se está conservando, mediante la gráfica observan esa transformación de la energía, señalando los puntos azules como la energía cinética, cuando el yoyo lleva movimiento en dirección hacia arriba, alcanzando la energía potencial gravitacional en los puntos señalados con amarillo y esto se da cuando el yoyo “sube” y “baja”. Esa energía potencial gravitatoria se convierte en energía de rotación porque además va girando la cuerda que sujeta al yoyo. Estas conclusiones tuvieron efecto durante la exposición conjuntando los conocimientos del equipo del experimento con el yoyo y los equipos que trabajaron con otros juguetes, de donde encontraron analogías con respecto a su juguete tradicional.

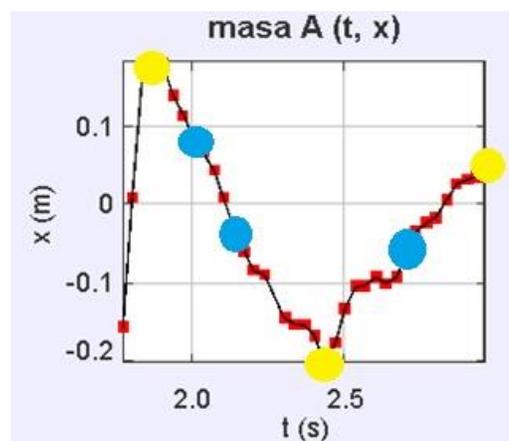


Figura 5. Modelación gráfica del juguete tradicional del yoyo. Nota: La gráfica muestra el modelo que registra un yoyo, a través del análisis con la herramienta tecnológica Tracker.

Balero

Como el experimento del yoyo, el objeto está sujeto de una cuerda, de igual modo el balero también está atado a una cuerda, la cual al aplicar una fuerza realiza movimiento hacia arriba, observando la energía cinética la cual depende de la masa del balero y la energía potencial de la altura que alcance el balero para volver a “caer” sobre el eje, pero en esa “caída”. En la gráfica, se observa una energía rotacional, que se señalan en los puntos más altos como la energía potencial gravitacional y los puntos de movimiento (de subida) como energía cinética que demuestran la Conservación de la energía, al irse transformando de energía potencial a cinética y de cinética a potencial.

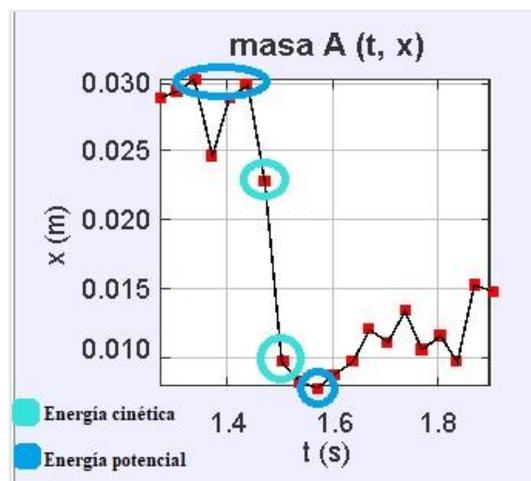


Figura 6. Modelación gráfica del juguete tradicional valer. Nota: La gráfica muestra el modelo que registra un balero, a través del análisis con la herramienta tecnológica Tracker.

Canicas

En el caso de las canicas, los estudiantes argumentan que la energía se conserva, pues una parte de la energía del movimiento se pierde al momento de soltar una de las canicas, aunque la mayor parte de la energía se va transfiriendo de canica en canica, hasta alcanzar a la última canica para ponerla en movimiento, esta situación se repite, hasta que la energía del sistema llega al reposo, relacionando transferencia con la cantidad de movimiento que se conserva a lo largo de la trayectoria de la canica.

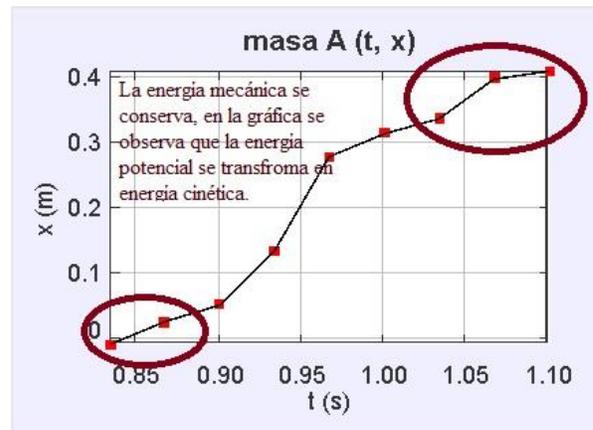


Figura 7. Modelación gráfica del juguete tradicional de canicas. Nota: La gráfica muestra el modelo que registra las canicas, a través del análisis con la herramienta tecnológica Tracker.

Trompo

La observación del principio de la conservación de la Energía, los estudiantes destacan los puntos donde existe la energía cinética y potencial donde constantemente se está transformando, una conclusión a la que también llegan es sobre la energía cinética cuando el plano está en posición vertical y horizontal. Observación durante la experimentación, la masa del trompo está cerca del centro de rotación, la inercia es menor por ello fue más fácil hacerlo girar

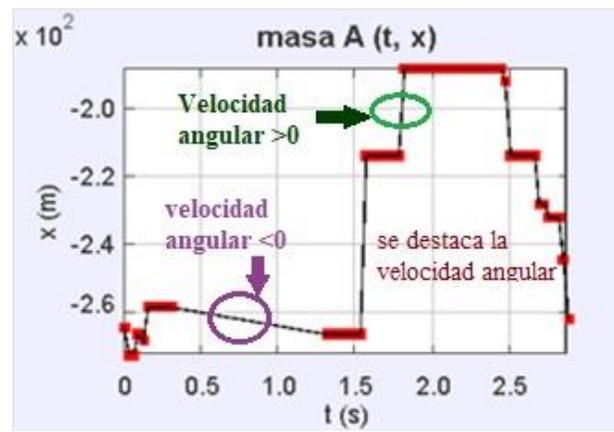


Figura 8. Modelación gráfica del juguete tradicional del trompo. Nota: La gráfica muestra el modelo que registra un trompo, a través del análisis con la herramienta tecnológica Tracker.

Reporte del análisis con Tracker

Equipo No. 1. Estudiantes que realizaron la experiencia con el yoyo

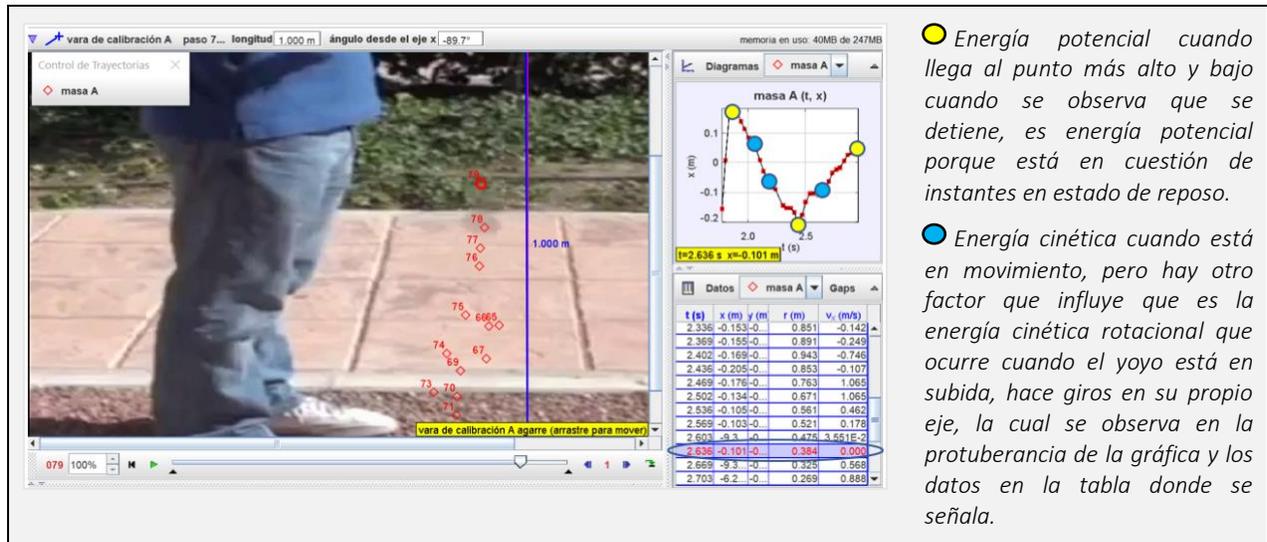


Figura 9. Gráfica de la energía potencial y cinética de un yoyo. Nota: La gráfica muestra el análisis con Tracker del movimiento que realiza el yoyo. Recuperado del trabajo de los estudiantes marzo (2019).

Equipo No. 2. Estudiantes que realizaron la experiencia con el trompo

El trabajo del trompo es un ejemplo que ilustra la energía cinética rotacional, aunque no fue posible que los estudiantes calcularan más porque faltaron algunos datos, los cuales no fueron arrojados por el software.

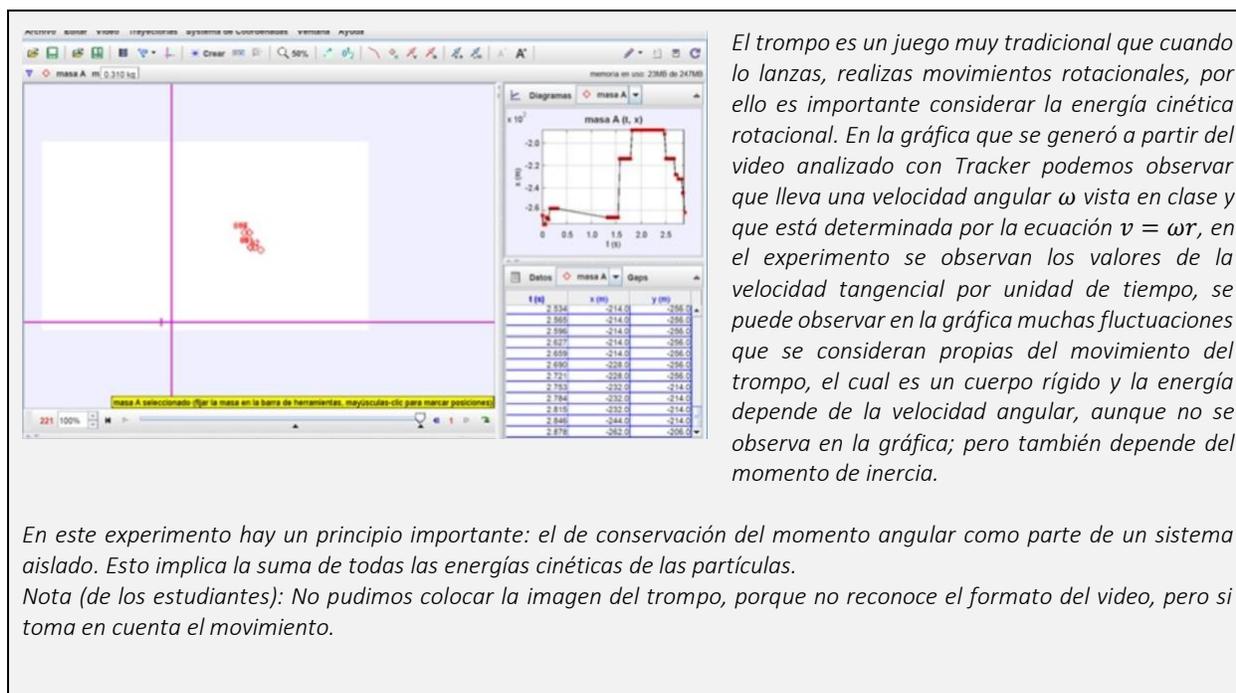


Figura 10. Gráfica de la energía potencial y cinética de un trompo. Nota: La gráfica muestra el análisis con Tracker del movimiento que realiza el trompo. Recuperado del trabajo de los estudiantes marzo (2019).

Equipo No. 3. Estudiantes que realizaron la experiencia con canicas

El juego-experimento está orientado a considerar la energía cinética en colisiones, donde analizan la velocidad y con ello la interpretación de la energía cinética y potencial.

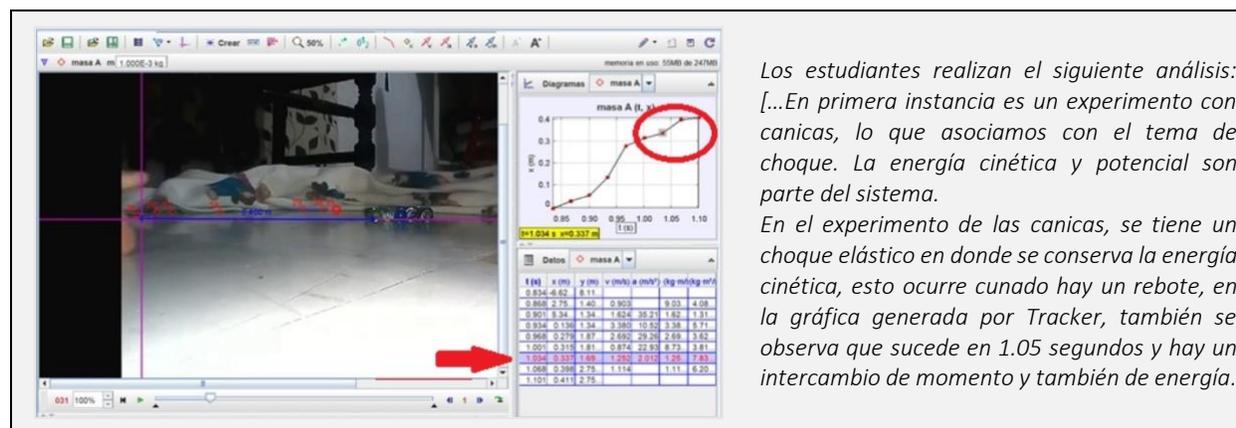


Figura 11. Gráfica de la energía potencial y cinética de las canicas. Nota: La gráfica muestra el análisis con Tracker del movimiento que realiza unas canicas. Recuperado del trabajo de los estudiantes marzo (2019).



Equipo No. 4. Estudiantes que realizaron la experiencia con el balero

Es uno de los trabajos que mayor representatividad gráfica donde se analizó la energía cinética rotacional, cinética, potencial gravitacional.

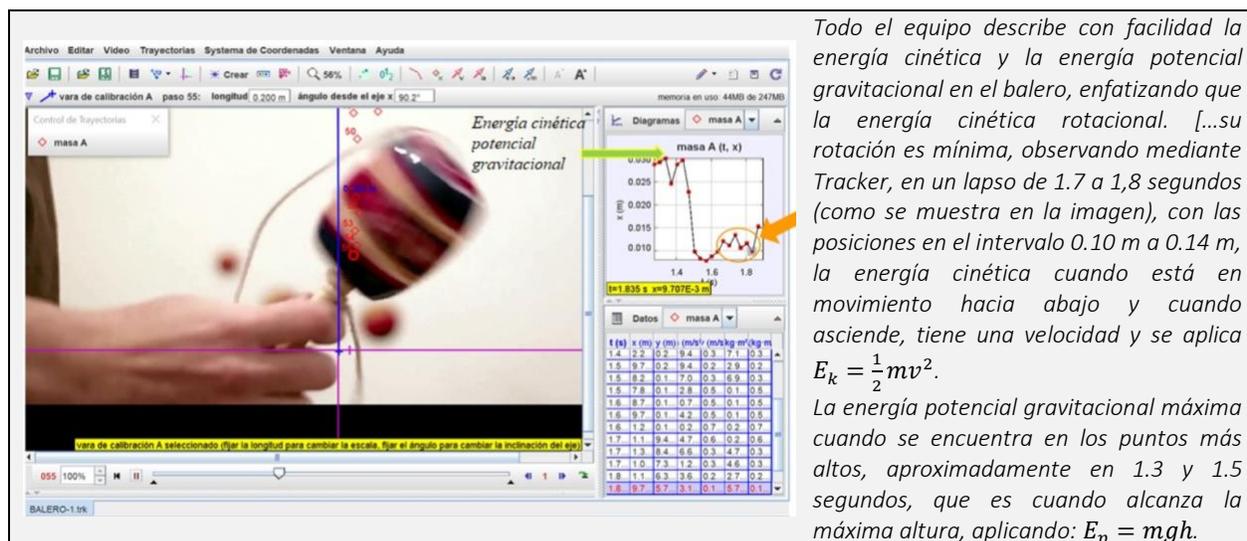


Figura 12. Gráfica de la energía potencial y cinética de un balero. Nota: La gráfica muestra el análisis con Tracker del movimiento que realiza un balero. Recuperado del trabajo de los estudiantes marzo (2019).

6. CONCLUSIONES

Un aspecto importante que mostró este trabajo es el uso de juguetes tradicionales para el aprendizaje de un tema importante de física: la energía, experimentos no tan comunes en el ámbito de la enseñanza, para una interpretación correcta de la modelación tanto gráfica como matemática y con ayuda de herramienta tecnológica las ecuaciones que derivan del modelo del fenómeno físico estudiado, que permiten que se alcancen las competencias exigidas en el programa de estudios de Física. Cada experimento que llevaron a cabo los estudiantes complementa la información de otro equipo de trabajo, esto se logró mediante la exposición que realizaron en clase una vez que habían elaborado el análisis, conjuntando la interpretación del estudiante y empatando con los resultados.

El uso de las gráficas con el apoyo de herramienta tecnológica hace posible que los estudiantes observen el comportamiento de un cuerpo en movimiento, los puntos clave para la relación de la energía y la analogía de las situaciones que llevan movimiento, implicando una interpretación concreta del concepto de energía rotacional en el plano horizontal y vertical.

Una observación importante que se notó en el trabajo fue el obstáculo inicial debido a la falta de asociación de conocimientos previos que tiene el estudiante con el tema de energía y a su vez la

implementación del ABP para el desarrollo de actividades con los juguetes tradicionales, denotó más familiaridad para el estudiante, con la integración de los juguetes tradicionales y la puesta en marcha de herramienta tecnológica para analizar el fenómeno físico y su relación con la energía.

Otra de las limitaciones encontradas fue que la mayoría de los estudiantes no sabían cómo jugar con los juguetes tradicionales lo que fue de gran ayuda que un porcentaje mínimo supiera y colaborara, integrándose en equipos y hacer las primeras pruebas para la experimentación.

Con respecto a los resultados finales, es notable que se alcanzó el objetivo de la investigación pues los estudiantes tienen un avance en la comprensión de la energía, conservación de la energía, trabajo y fuerza, como lo muestra el cuestionario que se propuso y los análisis de gráficas generadas a partir de la herramienta tecnológica, que confluyen en una argumentación científica, relacionada entre el fenómeno físico estudiado con los juguetes tradicionales y el modelo matemático.

En relación con el proceso de la experimentación, consideramos que es necesario seguir aplicando el ABP y los juguetes tradicionales, ampliando a otros juguetes que sean adaptables al análisis de interés; por ejemplo, las marionetas, la perinola y la matraca, debido a que es una impresión inicial para el estudiante y se integra de modo inmediato para la observación y el estudio que repercute en conocimientos sólidos y fundamentados.

7. ANEXOS

Anexo 1 (Del programa y plan de estudios)

https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/progest_teccons_t.pdf

Anexo 2 (De la Rúbrica de evaluación)

https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/R%C3%BAbrica_energ%C3%ADa_cin%C3%A9tica.pdf

Anexo 3 (Del pronóstico, precodificación y cuestionario de evaluación)

https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/Fisica/Documentos/Instrumentos/pro_precod_cuest_mod.pdf

8. REFERENCIAS

Bernardín, M. Sepúlveda, H. (2010). Modelación didáctica al alcance de todos. *Ciencia ahora*, No. 25, año 13. Departamento de Geofísica Universidad de Concepción. Recuperado de: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000100011



- Blank, W. (1997). Authentic instruction. In W.E. Blank & S. Harwell (Eds.), Promising practices for connecting high school to the real world (pp. 15–21). Tampa, FL: University of South Florida. Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?id=ed407586>
- Biggs, J. (2010). *Calidad del aprendizaje universitario*. España: Narcea ediciones.
- Bueche, F. J., Hecht, E., Castellanos, J. H. P. (200). *Física general* (No. 968-422-795-7. 04-A1 LU. CG-08) McGraw-Hill
- Canedo, X. (2007). Enseñanza de la física mediante el uso de juguetes. *Revista Boliviana de Física*, 13(13), 166-167. Recuperado de: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1562-38232007000000016&lng=es&nrm=iso
- Cardozo, L. M. B., Ordoñez, B. C. P., Serrato, M. E. S., Hernández, Y. P. T., & González, M. A. G. (2015). Impacto de los juguetes en los procesos formativos de los niños y niñas. *Paradojas. Plumilla Educativa*, 15(1). Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5920344>
- Diccionario de la lengua española (2005). Concepto de balero. *WordReference.com*. Recuperado de: <https://www.wordreference.com/definicion/balero>
- Driver, R. Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. Enseñanza de las Ciencias, v. 6, n. 2, p. 109-120, 1988. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/51075>
- Elizondo Treviño, M. D. S. (2013). Dificultades en el proceso enseñanza aprendizaje de la Física. *Presencia Universitaria*, 3(5), 70-77. Recuperado de: <https://core.ac.uk/download/pdf/76588071.pdf>
- Giancoli, D. C., Araujo, M. D. L. A., Rella, V. R., & Rodriguez, F. A. (2008). *Física para ciencias e ingeniería [recurso electrónico]*. Pearson Educación.
- Gonzales, G., & Valdivia, S. M. (2017). Aprendizaje basado en proyectos. *Colección Materiales de Apoyo a la Docencia*, 1. Recuperado de: <https://idu.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/2017/08/5.-Aprendizaje-Basado-en-Proyectos.pdf>
- Guevara, D. C. D., & Vitery, F. C. (2014). Análisis de videos y modelado de sistemas físicos sencillos como estrategia didáctica. *Revista Educación en Ingeniería*, 9(18), 190-200.
- Häusermann, G. (2013). La enseñanza de la física a través de los juguetes. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (67), 79-87. DOI: <https://doi.org/10.5377/cultura.v18i59.1052>



- Instituto Politécnico Nacional [IPN] (2014). *Un nuevo modelo educativo del IPN. Materiales de la reforma*. México: Dirección de publicaciones IPN. Recuperado de: https://www.ipn.mx/assets/files/seacademica/docs/RecursosDigitales/MPLR_I3BCD.pdf
- Karlin, M., & Viani, N. (2001). Project-based learning. Medford, OR: Jackson Education Service District. Recuperado de: http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/moodle/pluginfile.php/116826/mod_resource/content/0/tema1/aprendizaje_por_proyectos.pdf
- Leyva, E. (2017). El trompo: juguete milenario de ayer y hoy. *Blastingnews*. Recuperado de: <https://mx.blastingnews.com/ocio-cultura/2017/06/el-trompo-juguete-milenario-de-ayer-y-hoy-001805883.html>
- López, V. (2004). La física de los juguetes. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004), Vol. 1, N° 1*, pp. 17-30.
- Martín, T. (2014). Curso de Física básica. Universidad Politécnica de Madrid (UPN), España. Recuperado de: <http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/dinam1p/conservativas.html>
- Melo, M., Hernández, R. (2014). El juego y sus posibilidades en la enseñanza de las ciencias naturales. *Innovación educativa (México, DF), 14(66)*, 41-63. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732014000300004
- Gil, D., Peña, Vilches, A., González, E., & Alcantud, J. (2004). El estudio de la energía en la educación tecnológica: una ocasión privilegiada para analizar la situación del mundo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (18), 81-104. Recuperado de: <https://ojs.uv.es/index.php/dces/article/view/2902>
- Prado, N. N. G., & Zambrano, C. A. T. (2017). La modelación con apoyo de software libre y los cambios en los procesos de aprendizaje en matemáticas en los estudiantes de primero de bachillerato. *Educación y Desarrollo Social*, 11(1), 64-73. DOI: <https://doi.org/10.18359/reds.1506>
- Ramírez, M. & Fajardo, J. (2014). El aprendizaje basado en proyectos y el aprendizaje de conceptos de calor y temperatura mediante aplicaciones en cerámica. *Innovación educativa (México, DF), 14(66)*, 65-89. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/ie/v14n66/v14n66a5.pdf>
- Posner, G. J.; Strike, K. A.; Hewson, P. W.; Gertzog, W. A. (1982) Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>



- Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista, M. D. (2010). Metodología de la investigación (quinta edición ed.). Mexico DF: Mc Graw Hill.
- Sandoval, J. D. J. B., Hernández, S. G. (2014) *Modelación física y matemática de procesos siderúrgicos*. Researchgate. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/271442674_Modelacion_Fisica_y_Matematica_de_Procesos_Siderurgicos/link/54c7a6000cf238bb7d0af146/download
- Souto, M. (2009). *Imaginario grupal y formaciones grupales en torno al saber, en Educação: Revista do Centro de Educação UFSM*. Santa María, Brasil (34:3. 437-452). (2003). Hacia una didáctica de lo grupal. Buenos Aires: Miño y Dávila. DOI: [10.5902/198464441607](https://doi.org/10.5902/198464441607)
- Malumbres, G. (2010). Colección de juegos infantiles: La peonza. *Museo del juego*. Recuperado de: http://museodeljuego.org/wp-content/uploads/contenidos_0000000781_docu1.pdf
- MEC. Proyecto Newton. (2017). *Inmaculada Sevilla*. Recuperado de: http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/trabajoyenergia/aulatrabajoyenergia.pdf

Para citar este artículo:

Ramírez Díaz, M. H., y Ávila García, G. (2020). La enseñanza de la energía cinética a través de juguetes tradicionales y la modelación en el bachillerato en México. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (72), 88-111. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.71.1559>

