

PRÁCTICA DE LABORATORIO DE BAJO COSTO, USANDO TAC EN LA NUEVA NORMALIDAD

LOW-COST LAB PRACTICE, USING TAK IN THE NEW NORMALITY

S. C. Zúñiga Martínez¹
E. Zermeño Pérez²
N. Moreno Martínez³
P. G. Nieto Delgado⁴

RESUMEN

Se muestra una propuesta para usar las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TAC) en la implementación de una práctica de laboratorio en la nueva normalidad de bajo costo y dentro de un curso de mecánica básico para los ingenieros llamado Dinámica. Se plantean y describe de manera concreta el desarrollo de una práctica de laboratorio relacionada con el tema de Conservación de la Energía, en la cual los estudiantes pueden trabajar a distancia a través de videogravar un sistema real y realizar el análisis dinámico del mismo mediante un software de acceso libre llamado TRACKER, con la finalidad de mejorar el aprendizaje al respecto de los conceptos relacionados, además de desarrollar algunas de las competencias o atributos dentro de su formación como ingenieros.

ABSTRACT

It is show how to use the Technologies Applied to Knowledge (TAK) in the implementation of a laboratory practice in the new normality, with low cost within a basic mechanic's course for engineers called Dynamics. The development of a laboratory practice related to the topic of Energy Conservation is proposed and described in a concrete way, in which students can work remotely, through videorecording a real system and carrying out its dynamic analysis by means of an open access software called TRACKER, improving learning about related concepts, in addition to developing some of the skills or attributes within their training as engineers.

ANTECEDENTES

Las condiciones actuales debidas a la pandemia del COVID-19 han cambiado la labor docente, con lo cual se plantea el reestructurar, modificar o replantear las estrategias en el aula, la cual es hoy en día online o a distancia. Sin embargo, lo anterior no quiere decir que se deba desechar todo el material, actividades e instrumentos que ya se habían generado para las clases presenciales, estas sirven como punto de partida y en otros casos se pueden usar reformulándolas o modificándolas. El panorama actual presenta grandes retos para todos en el ámbito educativo: instituciones, profesores y alumnos, pero es muy importante es ser resilientes y dar el mejor esfuerzo por alcanzar la excelencia educativa en este nuevo esquema online que llegó de manera repentina y abrupta.

Las Instituciones de Educación Superior (IES) por su parte tienen un gran reto al tratar de mantenerse a la par del acelerado ritmo del avance tecnológico, además de las actuales

¹ Profesor de Asignatura de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

soraida.zuniga@uaslp.mx

² Profesor Investigador de Tiempo Completo de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

enrique.zermeno@uaslp.mx

³ Profesor de Tiempo Completo de la Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

nehemias.moreno@uaslp.mx

⁴ Profesor de Asignatura de la Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

guillermo.nieto@uaslp.mx

condiciones de la nueva normalidad, lo cual también se ve reflejado en el desarrollo de las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TAC). Existen hoy en día, gran diversidad de aplicaciones, software, simuladores y muchas herramientas que pueden ser usadas en el aula con fines académicos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, y si hablamos del área de ciencias e ingeniería, donde la necesidad de la actividad experimental es imperativa, esto nos da el marco ideal para el empleo de estas mismas.

El desafío para los profesores, no solo a nivel universitario, sino en todos niveles hoy en día es la innovación educativa, el crear secuencias didácticas, actividades de aprendizaje, prácticas de laboratorio o cualquier herramienta que logre que los estudiantes aprendan de manera significativa y apoye en la construcción del conocimiento; como en el caso reportado por Garza *et al.* (2018), donde se analiza la efectividad de secuencias didácticas y el aprendizaje activo en cursos de electrónica digital.

La innovación educativa es un tema importante para la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), en la cual desde hace muchos años se hace énfasis en el uso extendido de las herramientas y metodología educativas de vanguardia, en especial en la Facultad de Ingeniería (FI-UASLP), donde los profesores se encuentran altamente comprometidos con innovar y mejorar de manera continua su práctica docente.

En la actualidad, las IES se encuentran ante un escenario de competencia mundial, en donde los egresados deben tener los atributos, actitudes y habilidades requeridas en el mercado global. Uno de los indicadores de la búsqueda de las IES por dicha globalización son las certificaciones y acreditaciones por parte de las carreras del área de ingeniería, las cuales son evaluadas empleando como referencia parámetros internacionales, que logran ser estandarizados con base en la comparación entre los diferentes contextos académicos, tecnológicos y sociales de diversos países. Uno de los rubros importantes en estas acreditaciones es el cumplimiento de los atributos o competencias que deben tener los ingenieros al egresar de su carrera, de manera tal que el egresado de cualquier carrera de ingeniería acreditada es competente de manera internacional.

La UASLP al ser una de las mejores universidades del país y la FI-UASLP en un esfuerzo por formar ingenieros que sean competentes en el campo laboral actual ha logrado acreditaciones de dos organismos internacionales: el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A.C. (CACEI) y la Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET), por lo cual se han establecido los atributos o competencias que deben tener todos sus egresados de las 16 carreras pertenecientes a dicha facultad. Dichas competencias o atributos generales son:

- 1) Capacidad para aplicar conocimientos en matemáticas, ciencia e ingeniería.
- 2) Capacidad para diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar información.
- 3) Capacidad para adaptarse en el trabajo de equipos multidisciplinarios.
- 4) Capacidad para comunicarse de manera efectiva.
- 5) Capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
- 6) Capacidad para diseñar un sistema, componente, o proceso que cumpla con las necesidades deseadas considerando aspectos tales como: económico, ambiental, social, etcétera.

- 7) Responsabilidad ética y profesional.
- 8) Una amplia educación necesaria para entender el impacto de las soluciones de ingeniería en un contexto global (económico, ambiental y social).
- 9) Reconocimiento de la necesidad y la capacidad de participar en un aprendizaje permanente.
- 10) Conocimiento de temáticas contemporáneas
- 11) Capacidad para el uso de técnicas, habilidades y herramientas modernas de ingeniería necesarias para la práctica de la ingeniería.
- 12) Disposición a asumir papeles y responsabilidades de liderazgo.

Los anteriores atributos o competencias enlistados son desarrollados en las diferentes materias y actividades que los estudiantes llevan a lo largo de toda su carrera en la FI-UASLP. Todas las materias que incluye el plan estudios de cada una de las ingenieras pueden desarrollar algunas o varias de las competencias o atributos propios de los futuros ingenieros.

Por esta razón dentro de la materia de “Dinámica”, la cual corresponde a una materia de tercer semestre y que es impartida a los estudiantes de las 5 carreras del Área Mecánica Eléctrica (AME) de la FI-UASLP, las cuales son Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Administrativa, Ingeniería en Mecatrónica, Ingeniería en Electricidad y Automatización, Ingeniería Mecánica Eléctrica, se ha propuesto el evidenciar el desarrollo de las primera 4 competencias del listado anterior que son las siguientes: 1) Capacidad para aplicar conocimientos en Matemáticas, Ciencia e Ingeniería. 2) Capacidad para diseñar y conducir experimentos, así como, analizar e interpretar información. 3) Capacidad para adaptarse en el trabajo de equipos multidisciplinarios. 4) Capacidad para comunicarse de manera efectiva.

Para evidenciar dichas competencias, se ha desarrollado dentro del curso de la materia de Dinámica, un laboratorio a distancia de bajo costo y mediante el uso de las TAC, con lo cual se pretende que los estudiantes refuercen y profundicen el aprendizaje generado en el aula mediante la realización de prácticas-experimentos, de las cuales se toma en específico una para el presente artículo de investigación, en la cual se hace uso de un software libre llamado TRACKER (<https://physlets.org/tracker/>), para el análisis de un sistema dinámico, en donde se hace uso de los modelos matemáticos y físicos relacionados al tema de Conservación de la Energía.

Es importante mencionar la materia no cuenta con un laboratorio, y siendo del tipo teórico-experimental existe la necesidad de que se contextualicen de manera real los conceptos estudiados en la materia.

Se plantea como **problema** de investigación mejorar el aprendizaje relacionado con el tema de conservación de la energía de la materia de Dinámica para estudiantes de ingeniería en el Área Mecánica Eléctrica de la FI-UASLP, mediante el uso de una práctica de laboratorio a distancia de bajo costo y con uso de las TAC.

Los **objetivos** de la investigación son: 1) Diseñar e implementar una práctica de laboratorio, donde se explore el concepto de conservación de la energía y se obtenga experimentalmente el porcentaje de pérdida de energía en cada uno de los rebotes de una pelota, 2) hacer uso de las TAC para analizar experimentalmente a partir de la grabación de video de los sistemas

mediante el uso del software libre TRACKER, 3) generar evidencias del desarrollo de algunas de las competencias o atributos de los estudiantes mediante la implementación de estas.

METODOLOGÍA

La propuesta de innovación educativa a distancia en esta investigación es para la mejora en el aprendizaje del concepto de conservación de la energía en el curso llamado “Dinámica”, mediante el desarrollo de una práctica de bajo costo y usando las TAC, la cual se basa en la combinación de dos estrategias según Calderón *et al.* (2014):

El aprendizaje por inmersión. Se asume que es posible el aprendizaje de las ciencias en las instituciones educativas a través de la realización de mini-proyectos de investigación o prácticas de laboratorio, buscando la integración de saberes y habilidades de distintas disciplinas. La idea consiste en incorporar en los cursos relacionados con ciencias e ingeniería, la realización de pequeñas prácticas, acotados en tiempo y que puedan ser abordados con el nivel de conocimiento y habilidad que los estudiantes puedan lograr con un esfuerzo moderado y acorde al nivel del curso. La idea es que los estudiantes se familiaricen con el tipo de preguntas y metodología de indagación en ciencias.

Desarrollo de laboratorios “sin aulas” de bajo costo usando las TAC. Estos ámbitos son recursos muy valiosos o quizás imprescindibles para el aprendizaje de las ciencias en general. La idea aquí es utilizar las posibilidades que brindan las TAC para mejorar los laboratorios tradicionales, o bien utilizando estas herramientas generales en vez de los laboratorios tradicionales.

La estrategia de trabajo elegida es con un enfoque constructivista. Según el cual, el desarrollo del conocimiento implica una reorganización de las estructuras mentales producto de las interacciones de los individuos con su medio ambiente. Las personas poseen conceptos organizados de una determinada manera en la memoria y construyen nuevos significados a partir de los preexistentes en interacción con su experiencia física, social y cultural (Porlán, 1995).

Desde la perspectiva cognitiva aprender es construir modelos para interpretar la información que se recibe. Si bien no existe un enfoque único del constructivismo, se puede decir que hay muchos rasgos comunes en la concepción del aprendizaje desarrollado por varios autores, entre los que se destacan: Piaget, Ausubel, Vygostsky, etc. (Novak y Gowin, 1988), o como en los trabajos del grupo de la University of Washington «metodologías basadas en la indagación» (McDermott, 2014).

Según Silva (2007), algunas características distintivas de este enfoque son:

- El nuevo conocimiento es construido sobre los conocimientos relevantes que tiene el alumno y no por simple transmisión.
- La construcción del nuevo conocimiento es el resultado de una actividad, el nuevo conocimiento está incluido en la actividad y se le presenta al alumno o lo descubre en el proceso.

- Quien enseña debe tener en cuenta los conocimientos previos de los estudiantes. Para que haya aprendizaje significativo debe existir una interacción entre los conocimientos que posee el alumno y los conocimientos nuevos. Los nuevos conocimientos adquieren significado para los estudiantes y se cambian los conocimientos previos logrando un aprendizaje. Desde este punto de vista, el estudiante no se considera como un receptor pasivo de conocimiento, sino como un constructor activo. En este proceso, las nuevas ideas presentadas por el profesor se relacionan con las ideas que ya existen en la estructura cognitiva del alumno.

El tema de conservación de la energía en los cursos introductorios de física y mecánica para ingenieros.

Los ingenieros de la FI-UASLP llevan al menos un curso introductorio de Física y dentro del primer curso para ingenieros llamado “Física A” se toca el tema de conservación de la energía en un esquema ideal, usando el caso del sistema aislado y no aislado. Para el caso del sistema no aislado se considera la transformación de la energía (o pérdida) debido a la fuerza de fricción o rozamiento entre superficies, sin embargo, existen otras fuerzas o condiciones en las cuales se pueden presentar dichas transformaciones o pérdidas de energía, incluyendo aquellos casos en los cuales actúan fuerzas o constantes llamado sistema no aislado.

El curso Física A es impartido a estudiantes de muchas carreras, incluyendo las que no forman parte del AME de la FI-UASLP, los cuales son de entre las diferentes carreras, los que llevan estudios más profundos en el área de la Física conocido como Mecánica, por lo cual dicho tema es considerado como parte del estudio de la materia de Dinámica, que es impartida solo a estudiantes del AME, en la cual se realiza este trabajo de investigación.

Cabe mencionar también que, los estudiantes del curso de Física A cuentan con un laboratorio que acompaña al curso. Sin embargo, los estudiantes de la materia de Dinámica no tienen de manera institucional un laboratorio, ni prácticas experimentales.

La necesidad de contar con un laboratorio para una materia teórico-práctica como lo es Dinámica es evidente y necesario, sin embargo, al ser institucionalmente complicado el crearlo, motiva al docente a desarrollar prácticas experimentales relacionadas con la materia, que motiven al estudiante a profundizar y validar los conceptos vistos en clase, en una modalidad a distancia y sin usar instrumento complicados de laboratorio.

Laboratorio a distancia de bajo costo y con uso de las TAC

Para la propuesta de prácticas de laboratorio a distancia de bajo costo y mediante el uso de TAC se desarrollaron en total 4 prácticas para el curso de Dinámica, las cuales se encuentran en la Tabla 1. Dicha propuesta de prácticas de laboratorio se ha implementado desde 2018 en dos grupos por cada semestre, como se muestra en Zúñiga *et al.* (2019). Sin embargo, la presente práctica surge como una necesidad de reemplazar una de las ya existentes para poder realizarla a distancia, debido a las condiciones presentes en la nueva normalidad.

Las prácticas se realizan en equipos de 2 a 3 personas, los cuales son estudiantes de las 5 carreras del AME de la FI-UASLP, así que podemos considerarlos como grupos multidisciplinarios, de entre estas cuatro prácticas, se muestran en el presente artículo los resultados para tercera de ellas llamada “Pérdida de energía en una pelota que rebota” que

desarrolla el tema de Conservación de la Energía y comprende el uso de dos pelotas (grande y pequeña) junto con el Software TRACKER.

En un trabajo de investigación anterior de los autores Zúñiga *et al.* (2019) se han mostrado más a detalle los resultados relacionados con la práctica cuatro “Colisiones Inelásticas”.

Tabla 1. Dosificación de las prácticas propuestas para el curso de Dinámica

Parcial	Nombre de la práctica	Tema	TACs
1	Cálculo de la aceleración de la gravedad	Tiro Parabólico	Software TRACKER
2	Rotación	Reductores de velocidad	Simulador Gear Sket
3	Pérdida de energía en una pelota que rebota.	Conservación de la energía	Software TRACKER
4	Colisiones Inelásticas	Conservación de la cantidad de movimiento lineal y colisiones	Software TRACKER

Conservación de la Energía

La Ley de la conservación de la energía establece que, para un sistema aislado sin fuerzas no conservativas en acción (Ej. la fuerza de fricción). La energía mecánica en tal sistema se conserva: la suma de las energías cinética y potencial permanece constante.

La energía cinética es la energía asociada al movimiento de traslación o lineal de un objeto, es calculada mediante la ecuación $K = \frac{1}{2}mv^2$, donde “m” es masa y “v” es la rapidez lineal o traslacional. La energía potencial gravitacional es la asociada a un cuerpo que se encuentra a una cierta altura “h” de un punto considerado el cero de potencial gravitacional, se calcula mediante la ecuación $U_g = mgh$, donde “m” es masa y “g” es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

Planteamiento de la práctica “Pérdida de energía en una pelota que rebota”

El objetivo de la práctica es calcular la energía cinética y potencial en los diferentes rebotes que tienen una pelota con el suelo y que es lanzada con desde una altura inicial, se consideran solo los primeros tres rebotes. Lo anterior se realiza para los casos: pelota grande y pelota pequeña. Después de calcular dichas energías se realiza el cálculo de la pérdida de energía en cada uno de los rebotes, lo cual nos habla acerca de la energía que sale del sistema o se transforma por la acción de fuerzas no conservativas como lo es la fuerza de rozamiento o fricción.

Dentro del desarrollo de las prácticas se deben realizar los siguientes pasos:

1. Los estudiantes usan dos pelotas de diferentes tamaños una grande y otra pequeña, y deben lanzar las pelotas desde aproximadamente la misma altura inicial h_0 y con una pequeña velocidad horizontal, de manera tal que la pelota al rebotar con el suelo describa una trayectoria parabólica.
2. Los estudiantes graban cada uno de los anteriores experimentos mediante el uso de su teléfono celular, el cual deberán mantener fijo, para así evitar que el video se mueva. Al grabar los videos es importante cuidar algunos aspectos como lo son; tener una buena calidad de imagen, buena iluminación, buen contraste entre la pelota y el

- fondo, poner algún objeto como una regla o metro para usarlo posteriormente al calibrar las mediciones en el software. El formato del video debe ser mp4.
3. Se analizan los videos mediante el uso del software libre TRACKER (<https://physlets.org/tracker/>), el cual se debe descargar a una computadora, después se cargan los videos al programa para posteriormente analizarlo. Los pasos para el análisis cinemático de las partículas en el software son muy simples y solo se brinda asesoría por parte del profesor a los estudiantes. Mediante el software se analizan las trayectorias de las pelotas para obtener las velocidades y alturas de cada una antes y después de cada uno de los rebotes con el suelo.
 4. Después de haber calculado las velocidades y altura, antes y después de cada uno de los rebotes con el suelo mediante el software, se determina cual es el valor de la energía potencial gravitacional en los puntos más altos de la trayectoria y la energía cinética antes y después de cada rebote. De lo anterior se pueden obtener la pérdida de energía para cada uno de los rebotes.
 5. Se les pide a los alumnos hacer una reflexión acerca de
 - a. ¿Por qué son diferentes o iguales las pérdidas porcentuales promedio mediante el análisis por energía potencial gravitacional comparado con el de energía cinética para cada una de las pelotas?
 - b. ¿Cómo se relaciona el porcentaje de pérdida promedio en cada uno de los rebotes de cada pelota con el sistema y las características de los mismos?

Los estudiantes entregan como producto de la práctica un reporte final por escrito, además, de un video de evidencia que reúna toda la información contenida en el reporte.

RESULTADOS

Resultados de los estudiantes al realizar la práctica

A continuación, se muestran algunos resultados obtenidos para los alumnos del semestre agosto-diciembre de 2020, en la práctica de laboratorio anteriormente mencionada. La Figura 1 muestra imágenes como evidencia de la videograbación de los videos de los experimentos. A continuación, en la Figura 2 se muestran un ejemplo del tipo de gráficas que se obtienen mediante el uso del software TRACKER, la gráfica mostrada corresponde a la altura de la partícula respecto al suelo (eje vertical) contra el tiempo (eje horizontal)

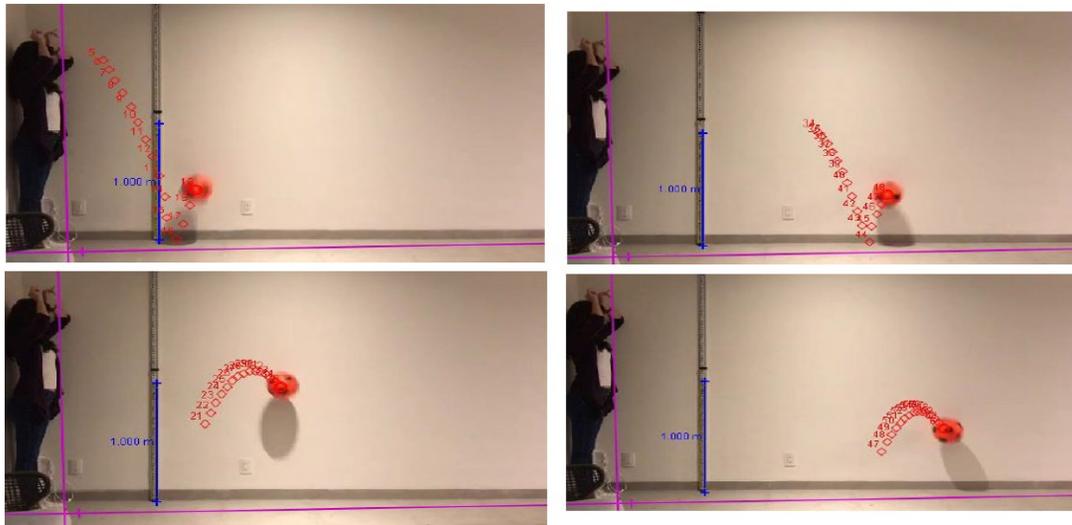


Figura 1. Evidencia de la videograbación de la práctica de Pérdida de energía en una pelota que rebota, se puede observar a la pelota en diferentes puntos dentro de su trayectoria parabólica

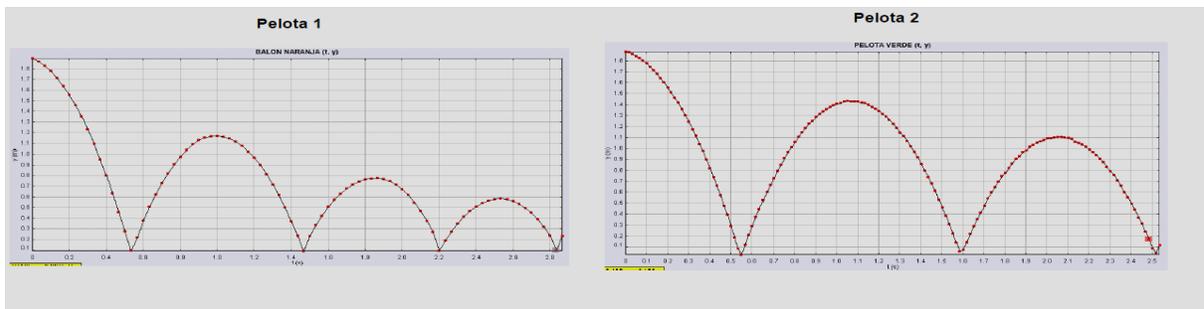


Figura 2. Gráficas tipo que se obtienen del software TRACKER, la mostrada corresponde a la altura de la partícula respecto al suelo (eje vertical) contra el tiempo (eje horizontal)

A partir de los datos obtenidos del análisis mediante el software TRACKER, es decir, de los valores de las alturas máximas y velocidades antes y después de cada uno de los rebotes se obtienen los valores de la energía potencial gravitacional (Tabla 2) y energía cinética (Tabla 3). Con estos datos se puede calcular los porcentajes de pérdida de energía para cada uno de los rebotes, se consideran solo los primeros tres rebotes.

Tabla 2. Ejemplo de resultados para una pelota (grande) y los cálculos de la pérdida de energía para cada rebote, usando el análisis por energía potencial gravitacional

PELOTA GRANDE (m=0.45 kg)				
Análisis por energía potencial gravitacional				
Rebote	Y(m) Altura máxima	t(s) tiempo	Energía Potencial Gravitacional (J) $U_g = mgh$	% Pérdida de energía potencial gravitacional
h0	1.899	0	8.383	
1	1.168	1	5.156	38.5
2	0.776	1.867	3.426	33.56
3	0.548	2.533	2.419	29.4
				Promedio: 33.82%

Tabla 3. Ejemplo de resultados para una pelota (grande) y los cálculos de la pérdida de energía para cada rebote, usando el análisis por energía cinética

PELOTA GRANDE (m=0.45 kg)				
Análisis por energía cinética.				
Rebote		Velocidad (m/s)	Energía cinética (J) $K = \frac{1}{2}mv^2,$	% Pérdida de energía cinética
1	Antes	-5.393	6.544	38.97
	Después	4.213	3.994	
2	Antes	-4.159	3.892	30.67
	Después	3.463	2.698	
3	Antes	-3.184	2.281	29.06
	Después	2.682	1.618	
				Promedio: 33%

Como se puede observar de los resultados de las Tablas 2 y 3, las pérdidas de energía promedio para la pelota del ejemplo es casi la misma (33.82% y 33%) calculadas mediante dos análisis de energía diferentes, que son, por medio de la energía potencial gravitacional y por la energía cinética.

Impacto de la metodología propuesta en la experiencia de los estudiantes

En una investigación que antecede a la presente por algunos de los autores, se mostraron resultados positivos de la experiencia de los estudiantes ante el uso de las prácticas de laboratorios de bajo costo y mediante el uso de las TAC, de la cual forma parte la presente investigación. Lo anterior se realizó mediante la aplicación de una encuesta tipo formulario a los estudiantes, en donde ellos emitieron su opinión de manera anónima. Dicho comportamiento se mantiene ante el uso de la práctica mostrada en esta investigación.

Retomando la encuesta planteada en la investigación mencionada de Zúñiga *et al.* (2019), algunos de los resultados más importantes fueron que: los estudiantes dieron una calificación de 4.5/5 a que “La realización de las prácticas mejoró mi capacidad para diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar información” y dan una calificación de 4.8/5 a que “Realizar prácticas sin aulas, de bajo costo y mediante el uso de las TAC como las usadas en la materia de Dinámica, es tan efectivo como realizarlas de manera tradicional en un aula

de laboratorio”, considerando un escala Likert en la cual 5 es “totalmente de acuerdo” y 1 “es totalmente en desacuerdo”.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica de laboratorio de “Pérdida de energía en una pelota que rebota”, usando un laboratorio a distancia de bajo costo y mediante el uso de las TAC se observa que, los estudiantes logran profundizar y verificar de manera experimental los conceptos relacionados con el tema de la conservación de la energía a través del desarrollo de la práctica, ya que logran en su mayoría calcular de manera correcta los porcentajes de pérdida de energía por los dos análisis energéticos planteados y argumentan las causas que lo provocan. Cabe mencionar también que, aquellos estudiantes que no logran llegar a valores de pérdida de energía iguales o semejantes, que son lo esperado como resultado, hacen una reflexión acerca de las causas por las que no lo lograron y es así como identifican los fallos en su trabajo.

El planteamiento de la práctica resulta ser conveniente en este nuevo contexto educativo, ya que los alumnos pueden trabajar en equipos, pero respetando la distancia requerida en esta nueva normalidad. Además, los estudiantes pueden llevar a cabo una actividad experimental como lo es una práctica de laboratorio, en la cual se dividen algunas de las actividades y otras las realizan de manera colaborativa pero siempre a distancia, se promueve el trabajo colaborativo, la interacción entre pares de estudiantes, la adaptación al trabajo en grupos multidisciplinarios, la capacidad de comunicarse de manera efectiva, así como se refuerzan y afirman los conceptos vistos en la clase. Puede afirmarse debido a los resultados de una encuesta a aplicada a los estudiantes, que estos tienen una experiencia positiva ante el uso de la práctica de laboratorio planteada.

Como trabajo en proceso, continua la aplicación de dichas prácticas de laboratorio a distancia dentro del curso planteado, así como el análisis del impacto que las mismas tienen usando otros parámetros como el aprendizaje conceptual o el índice de aprobación de la materia, por ejemplo.

BIBLIOGRAFÍA

- Calderón, S., Núñez, P., Di Laccio, J., Iannelli, L. y Gil, S. (2014). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Volumen 12 (1), pp 212-226. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2912>
- Garza, J., Hinojosa, M. y Treviño, A. (2018). Efectividad de secuencias didácticas y técnicas de aprendizaje activo en cursos de electrónica digital. *Revista ANFEI Digital*, núm. 8. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/443>
- McDermott, L. (2014) Melba Newell Phillips Medal Lecture 2013: Discipline-Based Education Research – A View from Physics. *American Journal of Physics*, vol 82(8). <https://aapt.scitation.org/doi/pdf/10.1119/1.4874856>
- Novak, J. & Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona. Ediciones Martínez Roca

Porlán, R. (1995). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de aprendizaje basado en la investigación*. Díada Editorial S. L.

Silva, J. (2007). *Las interacciones en un entorno virtual de aprendizaje para la formación continua de docentes de enseñanza básica*. [Tesis doctoral Universitat de Barcelona]. <http://hdl.handle.net/10803/2918>

Zúñiga, S., Zermeño, E., Briones, O. y Moreno, N. (2019). Laboratorio sin aulas, de bajo costo mediante Tecnologías Aplicadas al Conocimiento para formar ingenieros. *Revista Electrónica ANFEI Digital*. Núm. 11. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/572/1212>