

LABORATORIO SIN AULAS DE BAJO COSTO MEDIANTE TECNOLOGÍAS APLICADAS AL CONOCIMIENTO PARA FORMAR INGENIEROS

S. C. Zúñiga Martínez¹
E. Zermeño Pérez²
O. A. Briones Rico³
N. Moreno Martínez⁴

RESUMEN

Se muestra una propuesta de cómo pueden ser usadas las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TACs) en la implementación de un laboratorio sin aulas y de bajo costo, dentro de un curso de física básico para ingenieros, llamado Dinámica. Se plantean y describen de manera concreta el desarrollo de una práctica de laboratorio relacionada con el tema de Colisiones Inelásticas, en la cual, los estudiantes pueden a través de video grabar un sistema real y realizar el análisis dinámico del mismo mediante un software de acceso libre llamado TRACKER, mejorar el aprendizaje al respecto de los conceptos relacionados, además de desarrollar algunas de las competencias o atributos dentro de su formación como ingenieros.

ANTECEDENTES

Las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen un gran reto al tratar de mantenerse a la par del acelerado ritmo del avance tecnológico, el cual también se ve reflejado en el desarrollo de las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TACs). Existen hoy en día, aplicaciones, software, simuladores y una gran variedad de herramientas que pueden ser usadas en el aula con fines académicos para mejorar el aprendizaje de los estudiantes, esto se ve magnificado si hablamos de las áreas de ciencias e ingeniería, donde la necesidad de la actividad experimental nos da el marco ideal para el empleo de estas. El desafío para los profesores no solo a nivel universitario sino en todos niveles es la innovación educativa, el crear secuencias didácticas, actividades de aprendizaje, prácticas de laboratorio y cualquier otra herramienta que, por ejemplo, mediante el uso de las TACs, logre que los estudiantes aprendan de manera significativa y apoye en la construcción del conocimiento, como en el caso reportado por Garza, Hinojosa y Treviño (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.

Actualmente, 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 de factores productivos. Uno de los indicadores de la búsqueda de las IES por dicha

¹ Profesor de Asignatura, Departamento Físico Matemático. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. soraida_zuniga@hotmail.com

² Profesor Investigador de Tiempo Completo, Área Mecánica y Eléctrica. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. enrique.zermeño@uaslp.mx

³ Profesor de Asignatura. Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. osc_br@hotmail.com

⁴ Profesor Investigador de Tiempo Completo. Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. nehemias_moreno@live.com

globalización, son las certificaciones y acreditaciones de las carreras en las áreas 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 internacionalmente.

La FI-UASLP, al ser una de las mejores universidades del país y 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 Engineering Accreditation Commission (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 son desarrollados en las diferentes materias y actividades que los estudiantes llevan a lo largo de toda su carrera. En un esfuerzo académico por parte de los profesores y de las autoridades se ha exhortado a los titulares de las diferentes materias para evidenciar el desarrollo del mayor número de competencias posibles, siendo que en algunas ocasiones se ha mal entendido el hecho de que, solo las materias de últimos semestres pueden desarrollar competencias o atributos propios de los futuros ingenieros. Es por esta razón que, dentro de la materia de “Dinámica”, la cual corresponde al 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 e Ingeniería Mecánica Eléctrica, se ha propuesto el evidenciar el desarrollo de las primeras 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 multidisciplinares. 4) Capacidad para comunicarse de manera efectiva.

Para evidenciar dichas competencias, se ha desarrollado dentro del curso de la materia de dinámica, un laboratorio sin aulas de bajo costo mediante el uso de las TACs, 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, en la cual se hace uso de un software libre llamado TRACKER (<https://physlets.org/tracker/>), para el análisis de un sistema dinámico, y así, obtener resultados de acuerdo con lo que se les solicita donde se hace utilizan los modelos matemáticos y físicos relacionados al tema de colisiones inelásticas dentro del curso. Es importante mencionar que dicha materia no cuenta con un laboratorio como un aula específica o área para realizar prácticas, y siendo una materia teórico-experimental existe la necesidad de que se contextualicen de manera real los conceptos estudiados en la misma.

Hoy en día, debido al acelerado avance tecnológico es mucho más accesible la tecnología para cualquier persona y, por supuesto, el ámbito académico no es la excepción, nuestros estudiantes actuales son nativos tecnológicos, por lo cual se sienten muy cómodos al usar las nuevas tecnologías, además de tener habilidades muy desarrolladas ante el uso de estas.

Se plantea como **problema** de investigación mejorar el aprendizaje relacionado con el tema de colisiones inelásticas en la materia de Dinámica para estudiantes de ingeniería en el Área Mecánica Eléctrica de la FI-UASLP mediante el uso de un laboratorio sin aulas de bajo costo y con las TACs.

Los **objetivos** de la investigación son: 1) Diseñar e implementar una práctica de laboratorio donde se explore el concepto de colisiones inelásticas y se obtenga experimentalmente el coeficiente de restitución de choques entre bolas de billar y con pelotas plásticas, 2) Hacer uso de las TACs para analizar experimentalmente a partir de la grabación de video de los sistemas mediante el uso del software libre TRACKER, 3) Crear evidencias del desarrollo de algunas de las competencias o atributos de los estudiantes mediante la implementación de las prácticas.

METODOLOGÍA

Esta propuesta de innovación educativa para la mejora en el aprendizaje del concepto de colisiones inelásticas en el curso de Dinámica para ingenieros mediante el desarrollo de una práctica, usando a las TACs, se basa en la combinación de dos estrategias según Calderón, Núñez, Di Laccio, Iannelli y Gil (2015):

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 TACs. 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 TACs 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 enfoque cognitivo, 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).

Algunas características distintivas de este enfoque son (Quiroz, 2007):

- 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 cantidad de movimiento lineal y las colisiones inelásticas en los cursos de física introductorios 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 cantidad de movimiento lineal y colisiones, en el cual se abarcan los casos más extremos de éstas que son las colisiones elásticas (donde se conserva la energía) y las perfectamente inelásticas o plásticas, en donde la pérdida de energía es la máxima posible, sin embargo no se desarrolla el caso de las colisiones inelásticas que es el caso más común de manera real.

Este curso 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 de la materia.

La necesidad de contar con un laboratorio para una materia teórico-práctica como lo es Dinámica es evidente y necesario, sin embargo, al no contar físicamente con un aula, y al ser institucionalmente complicado el crear o compartir un aula para desarrollar prácticas relacionadas con la materia, motivan al docente a generar la labor experimental sin usar instrumentos complicados de laboratorio, ni el aula misma destinada para ello.

Laboratorio sin aulas, de bajo costo y con uso de las TACs.

Para la propuesta se desarrollaron en total 4 prácticas para el curso de dinámica, las cuales se encuentran en la Tabla 1, todas mediante el uso de TACs, las prácticas se realizan en equipos de trabajo, los cuales cabe mencionar están formados por diferentes estudiantes de la 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 la última de ellas llamada “Colisiones Inelásticas” que comprende en realidad de dos experimentos: Colisionándonos (colisiones entre personas usando pelotas plásticas grandes) y colisiones entre bolas de billar.

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

Parcial	Nombre de la práctica	Tema	TACs usadas
1	Calculo de la aceleración de la gravedad	Tiro Parabólico	Software TRACKER
2	Rotación	Reductores de velocidad	Simulador Gear Sket
3	Fuerzas variables en un elevador	Aplicaciones de la segunda ley	Aplicación Spark Vue de Pasco
4	Colisiones Inelásticas	Conservación de la cantidad de movimiento lineal y colisiones	Software TRACKER

Fuente: Elaboración propia

Choque inelástico y el coeficiente de restitución “e”

En un choque inelástico, las fuerzas internas hacen trabajo, por lo que la energía cinética del sistema ya no permanece constante, aunque el momento lineal sigue conservándose. Si el trabajo de las fuerzas internas es negativo, la energía cinética del sistema disminuirá durante la colisión. El grado de inelasticidad de un choque viene determinado por el coeficiente de restitución “e” que puede tomar valores entre cero y uno. El coeficiente de restitución establece una relación entre la velocidad relativa de las dos partículas (1 y 2) antes V_1 , V_2 y después de la colisión V'_1 , V'_2 .

$$e = -\frac{v'_2 - v'_1}{v_2 - v_1}$$

Para un choque elástico $e = 1$, y para uno totalmente inelástico o plástico $e = 0$ (las masas quedan unidas después del choque). El coeficiente de restitución en un choque inelástico es un número $0 \leq e \leq 1$.

Planteamiento de la práctica de Colisiones Inelásticas

El objetivo de ambas prácticas es obtener de manera experimental el coeficiente de restitución entre dos objetos que chocan en una colisión central en una dimensión. La práctica se divide en dos experimentos sencillos, los cuales se analizan a partir de la grabación de un video.

Experimento 1: “Colisionándonos”, colisiones entre estudiantes usando pelotas plásticas.

Experimento 2: Colisiones entre bolas de billar

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

1. Los estudiantes video graban los experimentos mediante el uso de sus teléfonos celulares, y estos mismos se realizan fuera del aula. En el caso del experimento 1, el profesor proporciona las pelotas de plástico de gran tamaño y realizan el experimento en las áreas verdes de la FI-UASLP, donde pueden caer al suelo (en el caso que así sea) sin lastimarse. En el caso del experimento 2, los estudiantes acuden a algún billar local para grabarlo.
2. Se analizan los videos mediante el uso del software libre TRACKER, el cual se debe descargar a una computadora, después se cargan los videos al programa, para posteriormente analizarlos. 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 partículas (bolas de billar y pelotas) para obtener las velocidades de las dos partículas colisionantes antes y después del impacto.
3. Después de haber calculado las velocidades antes y después del impacto central experimentalmente, mediante el software TRACKER, se determina cual es el coeficiente de restitución obtenido para cada uno de los dos casos.
4. Se les pide a los alumnos hacer una reflexión acerca de ¿Cuál coeficiente de restitución tienen un valor más alto? ¿Por qué es así comparado con el otro?

RESULTADOS

Resultados de los estudiantes al realizar la práctica

La propuesta de prácticas de laboratorio para la materia Dinámica, se ha implementado desde 2016 en dos grupos por cada semestre. A continuación, se muestran algunos resultados obtenidos para los alumnos del semestre agosto-diciembre de 2018, en la práctica de laboratorio anteriormente mencionada. La Figura 1 muestra imágenes de evidencia de la grabación de los videos de los experimentos. En la Figura 2 se muestra un ejemplo del tipo de gráficas que se obtienen mediante el uso del software TRACKER, la gráfica mostrada corresponde a la velocidad de las partículas que colisionan (eje vertical) contra el tiempo (eje horizontal)

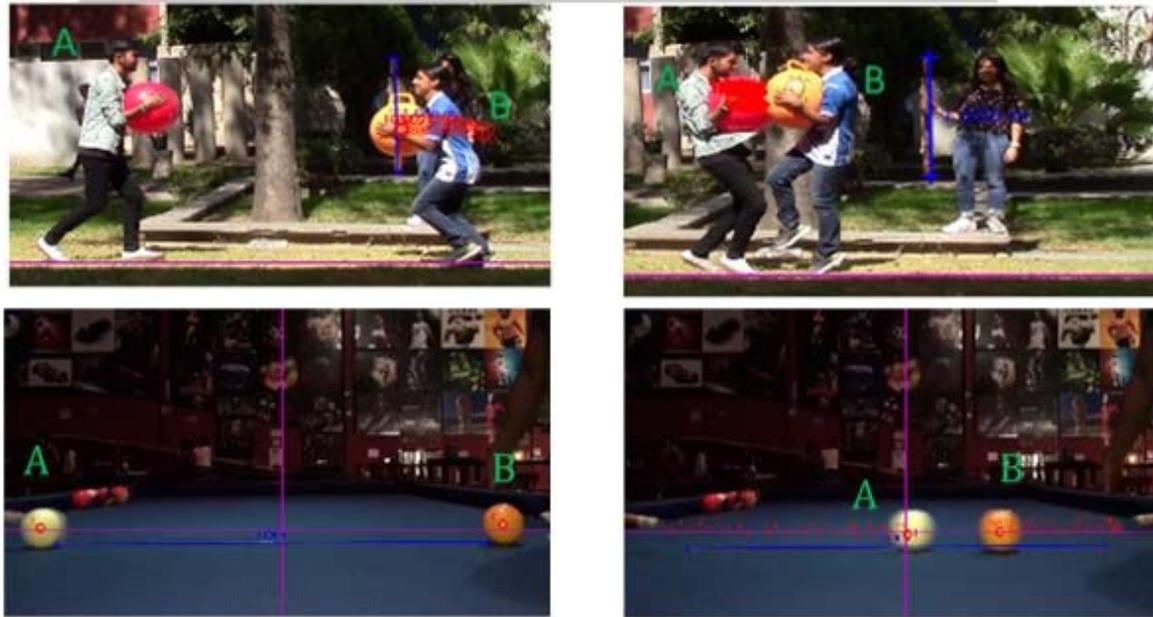


Figura 1. Evidencia de la videograbación de la práctica de Colisiones Inelásticas por los estudiantes, las imágenes superiores corresponden al experimento 1 colisionándonos, las imágenes inferiores corresponden al experimento 2 colisiones entre bolas de billar.
Elaboración propia.

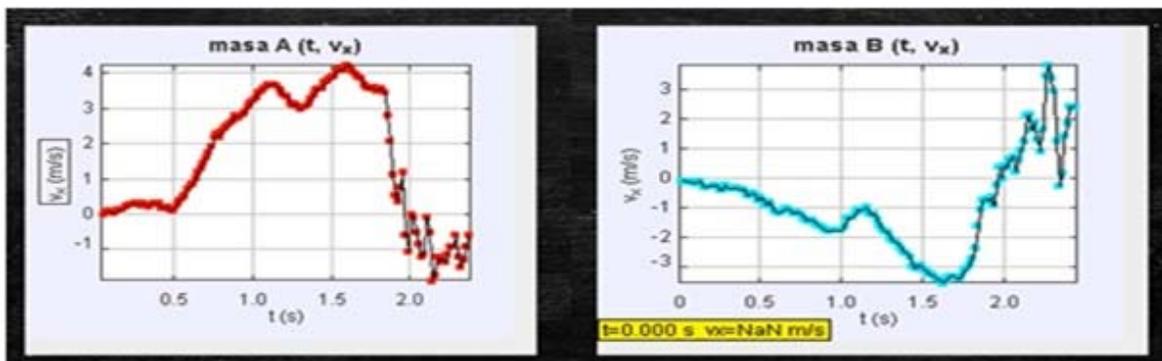


Figura 2. Gráficas velocidad en la línea de impacto contra el tiempo, para antes y después de las colisiones de las masas A y B, las gráficas corresponden al experimento 1, colisionándonos.
Elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos del análisis mediante el software TRACKER, es decir, de los valores de la velocidad antes y después de la colisión para cada una de las dos partículas colisionantes, se calculan los coeficientes de restitución, Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Ejemplo de resultados en el experimento 1 de la práctica de colisiones Inelásticas.

<i>Experimento 1 Colisionándonos, colisiones usando pelotas plásticas</i>	
<i>Tipo de Velocidad</i>	<i>Velocidad (m/s)</i>
$V_{Masa A \text{ Antes del Impacto}}$	3.563 m/s
$V_{Masa B \text{ Antes del Impacto}}$	-2.671 m/s
$V_{Masa A \text{ Despues del Impacto}}$	-0.528 m/s
$V_{Masa B \text{ Despues del Impacto}}$	1.282 m/s
$e = \frac{V_{Masa B \text{ Despues del Impacto}} - V_{Masa A \text{ Despues del Impacto}}}{V_{Masa A \text{ Antes del Impacto}} - V_{Masa B \text{ Antes del Impacto}}} = \frac{1.282 + 0.528}{3.563 + 2.671} = 0.29$	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Ejemplo de resultados en el experimento 2 de la práctica de colisiones Inelásticas.

<i>Experimento 2 Colisiones entre bolas de billar</i>	
<i>Tipo de Velocidad</i>	<i>Velocidad (m/s)</i>
$V_{Masa A \text{ Antes del Impacto}}$	2.089 m/s
$V_{Masa B \text{ Antes del Impacto}}$	-1.103 m/s
$V_{Masa A \text{ Despues del Impacto}}$	-1.071 m/s
$V_{Masa B \text{ Despues del Impacto}}$	1.993 m/s
$e = \frac{V_{Masa B \text{ Despues del Impacto}} - V_{Masa A \text{ Despues del Impacto}}}{V_{Masa A \text{ Antes del Impacto}} - V_{Masa B \text{ Antes del Impacto}}} = \frac{1.993 + 1.071}{2.089 + 1.103} = .95$	

Fuente: Elaboración propia

Encuesta aplicada a los estudiantes acerca de las prácticas dentro del curso Dinámica.

Se realizó una encuesta a los 45 estudiantes que llevaron el curso de dinámica en el periodo agosto-diciembre 2018, con respecto a su percepción acerca del desarrollo de las prácticas propuestas dentro del curso de Dinámica, las preguntas y sus respuestas promedio en la muestra mencionada se presentan a continuación en la Tabla 4.

Las respuestas a la encuesta se dan en la escala Likert del 1 al 5, donde 5 es “totalmente de acuerdo”, 4 es “de acuerdo”, 3 es “ni de acuerdo, ni en desacuerdo”, 2 es “en desacuerdo” y 1 es “totalmente en desacuerdo”, cada estudiante es libre de dar su respuesta acorde a su percepción personal. Los resultados promedio de las respuestas son mostrados en la Tabla 4.

Tabla 4. Preguntas de la encuesta aplicada a los estudiantes acerca de su percepción de las prácticas propuestas dentro del curso de Dinámica, así como los resultados promedio de las respuestas de los estudiantes.

No.	Pregunta	Resultados promedio
P1	La realización de las prácticas mejoró mi capacidad para aplicar conocimientos en las áreas de matemáticas, ciencia e ingeniería.	4.2
P2	La realización de las prácticas mejoró mi capacidad para diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar información.	4.5
P3	Realizar experimentos con estudiantes de diferentes carreras mejoró mi capacidad para adaptarse en el trabajo de equipos multidisciplinarios.	4.0
P4	La realización de las prácticas mejoró mi capacidad para comunicarse de manera efectiva.	4.3
P5	Es muy importante la realización de prácticas de laboratorio, para desarrollar la capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.	3.8
P6	Realizar prácticas sin aulas, de bajo costo y mediante el uso de las TACs como las usadas en la materia de Dinámica, es tan efectivo como realizarlas de manera tradicional en un aula de laboratorio.	4.8
P7	Prefiero realizar prácticas sin aulas, de bajo costo y mediante el uso de las TACs como las usadas en la materia de Dinámica, que realizarlas de manera tradicional en un aula de laboratorio	4.2

Nota Fuente: Elaboración propia

La pregunta 1 está relacionada con la competencia 1 que es la capacidad para aplicar conocimientos en matemáticas, ciencia e ingeniería. La pregunta 2 está relacionada con la competencia 2 que es la capacidad para diseñar y conducir experimentos, así como analizar e interpretar información. La pregunta 3 está relacionada con la competencia 3 que es la capacidad para adaptarse en el trabajo de equipos multidisciplinarios. La pregunta 4 está relacionada con la competencia 4 que es capacidad para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica de laboratorio de colisiones inelásticas, usando un laboratorio sin aulas de bajo costo y mediante el uso de TACs, se observa que los estudiantes cumplen el objetivo de profundizar el conocimiento referente al tema de conservación de la cantidad de movimiento lineal y colisiones, ya que logran en su mayoría, calcular de manera correcta y cercana al valor real los coeficientes de restitución en los dos experimentos diferentes planteados. Cabe mencionar que lo esperado en teoría es que el coeficiente de restitución entre las bolas de billar sea alrededor de 0.9, y el de las pelotas entre 0.2 y 0.4, lo cual está de acuerdo en la mayoría de los resultados obtenidos por los estudiantes. Además, de lograr argumentar de manera correcta porque los valores de estos son diferentes y relacionarlos con los conceptos dinámicos involucrados.

De los resultados de la encuesta podemos afirmar que la percepción de los estudiantes acerca del desarrollo de las 4 competencias anteriormente mencionadas para el curso de Dinámica es buena, ya que en los resultados de esta se encuentran valores de entre 4.0 hasta 4.5 (preguntas del 1 al 4), donde el valor máximo es 5. Se puede afirmar también, que el valor más alto obtenido en las respuestas corresponde a la pregunta 6 que es “realizar prácticas sin aulas, de bajo costo y mediante el uso de las TACs como las usadas en la materia de Dinámica, es tan efectivo como realizarlas de manera tradicional en un aula de laboratorio”, por lo cual podemos concluir que los estudiantes perciben que la realización de las prácticas propuestas en este trabajo son tan efectivas como las que se realizan de manera tradicional.

Queda como trabajo en proceso y próximo a reportar, el análisis del impacto que las prácticas de laboratorio 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. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Volumen 12 (1), pp 212-226. Recuperado de: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2912/2608>
- 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*, Vol. 8, pp 1-9. Recuperado de: <http://www.anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/view/443/1091>
- McDermott, L. (2014) Melba Newell Phillips Medal Lecture 2013: Discipline-Based Education Research – A View from Physics. *American Journal of Physics*, Vol 82, pp 729-741. Recuperado de: <https://aapt.scitation.org/doi/abs/10.1119/1.4874856>
- Novak, J., D. & Gowin, D., B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Ediciones Martínez Roca. Recuperado de: [http://www.terras.edu.ar/biblioteca/3/3EEDU_Novak-Gowin_Unidad_1\(1\).pdf](http://www.terras.edu.ar/biblioteca/3/3EEDU_Novak-Gowin_Unidad_1(1).pdf)
- Porlán, R. (1995). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla. Díada Editora.
- 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. Barcelona, España.