

VARIACIONES DE LA ACELERACIÓN-FUERZA EN UN ELEVADOR, PRÁCTICA DE BAJO COSTO USANDO UN CELULAR

ACCELERATION-FORCE VARIATIONS INSIDE AN ELEVATOR, LOW COST PRACTICE USING A CELLPHONE

S. C. Zúñiga Martínez¹

E. Zermeno Pérez²

N. Moreno Martinez³

RESUMEN

Se plantea una propuesta didáctica para usar las Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TAC) en la implementación de una práctica de laboratorio de bajo costo y dentro de un curso de mecánica básico para Ingenieros Civiles llamado Cinética. Se describe de manera concreta el desarrollo de una práctica de laboratorio relacionada con el tema de Leyes de Newton, en la cual, los estudiantes pueden trabajar colaborativamente, haciendo uso de una aplicación para teléfonos inteligentes llamada Sparvue de Pasco, la cual convierte a un celular en un dispositivo para medir la aceleración o acelerómetro, con la finalidad de mejorar el aprendizaje al respecto de los conceptos de fuerza y aceleración, además de desarrollar algunas de las competencias o atributos dentro de su formación como ingenieros.

ABSTRACT

A didactic approach is proposed to use the Technologies Applied to Knowledge (TAC) in the implementation of a low-cost laboratory practice and within a basic mechanics course for Civil Engineers called Kinetics. The development of a laboratory practice related to the subject of Newton's Laws is described in a concrete way, in which students can work collaboratively, using an application for smartphones called Sparvue by Pasco which converts a cell phone into a device to measure acceleration or an accelerometer, in order to improve learning about the concepts of force and acceleration, in addition to developing some of the skills or attributes within their training as engineers.

ANTECEDENTES

El ámbito educativo al igual que la sociedad se encuentran en un momento muy particular, al transcurrir dos años la pandemia (2020-2021) generada por la enfermedad del COVID-19 y regresando a la presencialidad en las aulas. Ahora, tanto docentes como estudiantes deben reintegrarse al esquema físico y real de las aulas, sin embargo, resulta importante para los docentes el integrar todas las herramientas y aprendizajes tecnológicos obtenidos durante este periodo a la reinstaurada práctica docente presencial. Uno de los beneficios que generó el periodo de la pandemia COVID-19 fue un aumento en grandes proporciones de Tecnologías Aplicadas al Conocimiento (TAC), como lo son: el uso de simuladores, aplicaciones y software para llevar a cabo la labor educativa experimental, que en muchos casos estos reemplazaron al uso de laboratorios físicos.

Las Instituciones de Educación Superior (IES) y sus docentes tienen el gran reto de mantenerse a la par del acelerado ritmo del avance tecnológico logrado. El desafío para los profesores, no solo a nivel universitario, sino en todos niveles hoy en día es la innovación

¹ Profesor de Asignatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Ingeniería y Departamento Físico Matemático. soraida.zuniga@uaslp.mx

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

³ Profesor de Tiempo Completo, Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. nehemias.moreno@uaslp.mx

educativa, la cual puede ser desarrollada al explorar y explotar las TAC antes mencionadas, con las cuales el docente puede crear secuencias didácticas, actividades de aprendizaje, prácticas de laboratorio o cualquier recurso que logre que los estudiantes aprendan de manera significativa y apoyen 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 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.

Todas las materias que incluye el plan estudios de cada una de las ingenierías pueden desarrollar algunas o varias de las competencias o atributos propios de los futuros ingenieros. Por esta razón, dentro de la materia de Cinética, la cual corresponde a una materia de quinto semestre para la carrera de Ingeniería Civil se ha propuesto evidenciar el desarrollo de tres de ellas, 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 y 4) Capacidad para comunicarse de manera efectiva.

Para evidenciar dichas competencias se ha desarrollado dentro del curso de la materia de Cinética, un laboratorio que puede trabajarse en línea o presencial, sin aulas, 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.

La práctica que se describe en la presente investigación educativa está relacionada con el tema de Leyes de Newton, en la cual se hace uso de la aplicación para dispositivos móviles

SPARKvue de la compañía Pasco (<https://www.pasco.com/downloads/sparkvue>), la cual usa el sensor de aceleración del dispositivo móvil (celular), para convertirlo en un “acelerómetro”, es decir, un medidor de la aceleración en unidades de m/s^2 , en los ejes x, y & z. El celular convertido en un medidor de aceleración o acelerómetro sirve para medir las variaciones en el valor de la aceleración en el eje vertical, mientras un elevador sube y baja, los cual refleja el comportamiento de las fuerzas presentes en el mismo sistema.

Es importante mencionar que, la presente investigación se **justifica**, ya que, la materia de Cinética 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, lo cual se puede hacer mediante el uso de prácticas de laboratorio.

Se plantea como **problema** de investigación mejorar el aprendizaje relacionado con el tema de fuerza y aceleración (Leyes de Newton) de la materia de Cinética para estudiantes de Ingeniería Civil de la FI-UASLP, mediante el uso de una práctica de laboratorio a distancia, de bajo costo y con uso de las TAC.

El **objetivo** es mostrar los resultados de una práctica de bajo costo y sin aulas, que puede realizarse en equipos de estudiantes, para medir y analizar las variaciones de la aceleración en un elevador mientras sube y baja usando un celular.

Los **objetivos específicos** de la investigación son: 1) Diseñar e implementar una práctica de laboratorio donde se explore el concepto de aceleración y fuerza, así como, las Leyes del movimiento o de Newton, 2) hacer uso de las TAC para analizar experimentalmente las variaciones de la aceleración y por tanto de las fuerzas usando como instrumento un celular convertido en un acelerómetro, mediante el uso de la aplicación SPARKvue de la compañía Pasco, 3) generar evidencias del desarrollo de algunas de las competencias o atributos de los estudiantes mediante la implementación de la práctica.

METODOLOGÍA

La propuesta de innovación educativa en esta investigación es para la mejora en el aprendizaje del concepto Leyes del movimiento o Leyes de Newton en el curso llamado “Cinética”, que forma parte de los cursos de mecánica para Ingenieros Civiles, mediante el desarrollo de una práctica sin aulas, de bajo costo y usando las TAC, la cual se basa en la combinación de dos estrategias: el aprendizaje por inmersión y el desarrollo de laboratorios sin aulas, según Calderón, *et al.* (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 TAC. Estos ámbitos son recursos muy valiosos o quizás imprescindibles para el aprendizaje de las ciencias en

general. La idea 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 y Giordan, 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, Vygotsky, 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:

- 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 (Silva, 2007).

El tema de Leyes de Newton o Leyes del movimiento en los cursos de Física para ingenieros.

Los futuros ingenieros que estudian en la FI-UASLP llevan al menos un curso introductorio de Física en sus primeros semestres de carrera y dentro de este primer curso para ingenieros llamado “Física A” se toca el tema de Leyes del movimiento o Leyes de Newton, en donde se estudian cada una de las tres Leyes de Newton, así como el concepto de aceleración, además de las implicaciones de estos dentro de diferentes sistemas físicos.

El curso Física A es impartido a estudiantes de muchas carreras, no solo de los estudiantes de Ingeniería Civil, todos los estudiantes del curso mencionado cuentan con un laboratorio que acompaña al curso. Sin embargo, los estudiantes de la materia de Cinética, en la cual se desarrolla esta investigación, 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 Cinética es evidente y necesario, sin embargo, al ser institucionalmente complicado crearlo, esto motiva al docente a desarrollar prácticas experimentales relacionadas con la materia, que lleven al estudiante a profundizar y validar los conceptos vistos en clase, sin necesidad de un aula y sin instrumentos complicados de laboratorio (por ejemplo, usando un celular), el entorno se convierte en el laboratorio.

Laboratorio sin aulas de bajo costo y con uso de las TAC.

Para la propuesta de prácticas de laboratorio sin aulas de bajo costo y mediante el uso de TAC se desarrollaron en total 3 prácticas para el curso de Cinética, las cuales se encuentran en la Tabla 1. Algunas de las prácticas de laboratorio se han implementado desde 2018 en grupos de otra materia llamada Dinámica del área mecánica eléctrica de la FI-UASLP, la cual comparte con la materia de Cinética muchos de los contenidos del curso, como se muestra en los reportes de Zúñiga, *et al.* (2019) y Zúñiga, *et al.* (2021).

Las prácticas mostradas en la Tabla 1 se realizan en equipos de 3 a 4 estudiantes. En un artículo anterior de los autores, Zúñiga, *et al.* (2021), se muestran los resultados de la práctica “Pérdida de energía en una pelota que rebota” que desarrolla el tema de Conservación de la Energía, en la cual se usan dos pelotas (grande y pequeña) junto con el Software TRACKER. En otro trabajo de investigación de Zúñiga, *et al.* (2019) también se ha mostrado más a detalle los resultados relacionados con la práctica “Colisiones Inelásticas”.

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

Parcial	Nombre de la práctica	Tema	TAC
1	Variación de la aceleración-fuerza en un elevador	Leyes de Newton	SPARKvue de Pasco (aplicación para celular)
2	Pérdida de energía en una pelota que rebota	Conservación de la energía	Software TRACKER
3	Colisiones Inelásticas	Conservación de la cantidad de movimiento lineal y colisiones	Software TRACKER

Acelerómetro en los celulares y la aplicación SPARKvue de Pasco

El acelerómetro es un componente mecánico muy parecido a un chip de un tamaño reducido gracias a su nanotecnología, y fabricado en silicio. El acelerómetro sirve para que el teléfono móvil sepa en qué orientación está colocado, de manera que, el dispositivo pueda saber cuándo lo están mirando en horizontal o en vertical, incluso cuando lo están colocando boca abajo. El acelerómetro de un celular consta de una parte móvil que se mueve dependiendo de la aceleración que le es aplicada y de otra fija que interpreta el voltaje resultante de este movimiento para determinar la velocidad a la que lo hace y su orientación. En los celulares suelen estar compuestos de tres ejes para medir el movimiento en un espacio tridimensional, ver Figura 1 (izquierda).

La aplicación SPARKvue de Pasco (<https://www.pasco.com/downloads/sparkvue>) usa el acelerómetro integrado en los dispositivos celulares para convertirlos en un instrumento de medición de aceleración en los ejes x, y & z, ver Figura 1 (derecha). La aplicación es gratuita

y disponible para dispositivos móviles con Android o IOS. Se puede configurar para medir la aceleración en unidades de m/s^2 .



Figura 1. Izquierda: esquema que representa la distribución espacial de los ejes coordenados x , y & z en el acelerómetro de los celulares. Derecha: captura de la pantalla de visualización de las mediciones de la aceleración en la aplicación SPARKvue de Pasco

Planteamiento de la práctica “Variación de la aceleración-fuerza en un elevador”

El **objetivo** de la práctica es medir y analizar las variaciones de la aceleración en un elevador mientras sube y baja. Para lograr lo anterior, se usa como medidor de aceleración o acelerómetro un celular con la aplicación Sparvue de Pasco, la cual nos permite, además de medir la aceleración, guardar la información y representarla en forma de una tabla o gráfica acorde a lo que se configure en la misma. Posteriormente, los estudiantes hacen el análisis de los datos obtenidos y los relacionan con los conceptos de fuerza, aceleración y con las Leyes de Newton, describiendo el comportamiento de cada parte de las gráficas obtenida, mientras el elevador sube o baja.

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

1. Los estudiantes deben descargar previamente la aplicación SPARKvue de Pasco a sus celulares y explorarla para entender su funcionamiento, así como, aprender a grabar los datos de las mediciones de la aceleración.
2. Los estudiantes trabajan en equipos de 3 a 4 estudiantes suben a un elevador en el piso más bajo y colocan su celular en el suelo después seleccionan el piso más alto, poner a grabar al acelerómetro y hasta que llegan al reposo de nuevo en el piso más alto, entonces detienen la grabación. Es importante que los estudiantes coloquen el celular en el piso y no lo mantengan en sus manos, ya que, aunque se trate de mantener el celular en la misma posición en la mano (reposo), no es posible hacerlo y esto provocaría errores en la medición de los datos.
3. La experiencia se realiza de subida y después de bajada, obteniendo y registrando los datos en ambos casos.
4. Los datos se registran y graban en la aplicación SPARKvue de Pasco y después se exportan como archivo de datos, de manera que, pueden ser usados en algún otro programa de cómputo para recuperar las gráficas aceleración tiempo en eje vertical o eje z contra el tiempo.
5. Se les pide a los alumnos hacer una reflexión acerca de
 - a. ¿Qué representan cada una de las partes del comportamiento de las gráficas obtenidas (subida y bajada)?

- b. ¿Porque son diferentes o iguales las gráficas de subida y bajada?
- c. ¿Cómo se relacionan dichas gráficas aceleración tiempo con los cambios en las fuerzas en el movimiento del elevador?

Los estudiantes entregan como producto final de la práctica un reporte final impreso, además de anexar fotografías del desarrollo de la práctica dentro del mismo.

RESULTADOS

Resultados de los estudiantes al realizar la práctica

A continuación, se muestran algunas evidencias obtenidas para los alumnos del semestre agosto-diciembre de 2021, en la práctica de laboratorio anteriormente mencionada. La Figura 2 muestra imágenes como evidencia de la realización de la experiencia en el elevador.

Después en la Figura 3 se muestra un ejemplo del tipo de gráficas que se obtienen mediante el uso de la aplicación SPARKvue de Pasco, las gráficas mostradas corresponden a la aceleración en m/s^2 en el eje z (eje vertical) contra el tiempo en segundos (eje horizontal). La gráfica de la izquierda en la Figura 3 corresponde a la experiencia de subida y la de la derecha es la experiencia de bajada. Se puede observar que las gráficas son simétricas al presentar dos picos y secciones donde la aceleración es constante lo que es representado por una línea horizontal. Los picos representan lapsos en los que la aceleración se incrementa o decrece.

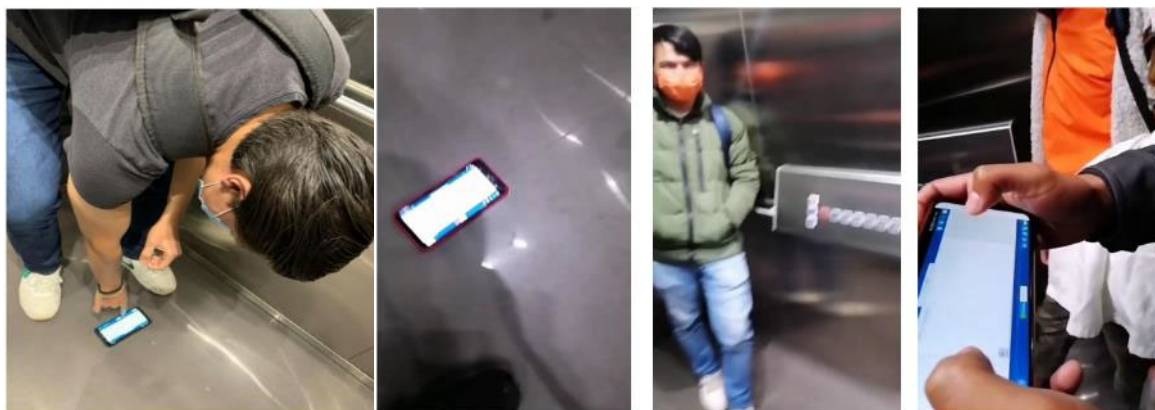


Figura 2. Evidencia de la realización de la práctica “Variación de la aceleración-fuerza en un elevador”, usando un celular como medidor de la aceleración

A continuación, en la Figura 3 se muestra un ejemplo del tipo de gráficas que se obtienen mediante el uso de la aplicación SPARKvue de Pasco, las gráficas mostradas corresponden a la aceleración en m/s^2 en el eje z (eje vertical) contra el tiempo en segundos (eje horizontal). La gráfica de la izquierda en la Figura 3 corresponde a la experiencia de subida y la de la derecha es la experiencia de bajada. Se puede observar que las gráficas son simétricas al presentar dos picos y secciones donde la aceleración es constante lo que es representado por una línea recta horizontal. Los picos representan lapsos en los que la aceleración se incrementa o decrece.

En la Figura 3, para la gráfica aceleración-tiempo correspondiente a la experiencia de subida del elevador se muestra cómo al inicio de la toma de datos la gráfica es horizontal e igual al

valor de la aceleración de la gravedad $g=9.8\text{m/s}^2$ aproximadamente, lo cual representa el lapso en que el celular permanece en el suelo en reposo antes de que se inicie su movimiento hacia arriba. Cuando se inicia el movimiento hacia arriba hay un incremento en el valor de la aceleración, lo cual se manifiesta en el primer pico de la gráfica después la gráfica de nuevo se vuelve horizontal lo que representa que el elevador llega a una rapidez de crucero, es decir, una rapidez constante mientras se mueve, por lo cual, la aceleración es igual a $g=9.8\text{m/s}^2$. Finalmente, al llegar al piso más alto el elevador comienza a frenarse, por lo cual, el valor de la aceleración decrece, lo que se manifiesta como un segundo pico en la gráfica (el cual está invertido con relación al primero) después la gráfica vuelve a ser horizontal cuando el elevador llega al reposo en el piso más alto.

En la Figura 3, para la gráfica aceleración-tiempo correspondiente a la experiencia de bajada del elevador se muestra como al inicio de la toma de datos la gráfica es horizontal e igual al valor de la aceleración de la gravedad $g=9.8\text{m/s}^2$ aproximadamente, lo cual representa el lapso en que el celular permanece en el suelo en reposo antes de que se inicie su movimiento hacia abajo. Cuando se inicia el movimiento hacia abajo hay un decremento en el valor de la aceleración, lo cual se manifiesta en el primer pico de la gráfica después la gráfica de nuevo se vuelve horizontal lo que representa que el elevador llega a una rapidez de crucero, es decir, una rapidez constante mientras se mueve, por lo cual, la aceleración es igual a $g=9.8\text{m/s}^2$. Finalmente, al llegar al piso más bajo el elevador comienza a frenarse, por lo cual, el valor de la aceleración se incrementa, lo que se manifiesta como un segundo pico en la gráfica (el cual está invertido con relación al primero) después la gráfica vuelve a ser horizontal cuando el elevador llega al reposo en el piso más bajo.

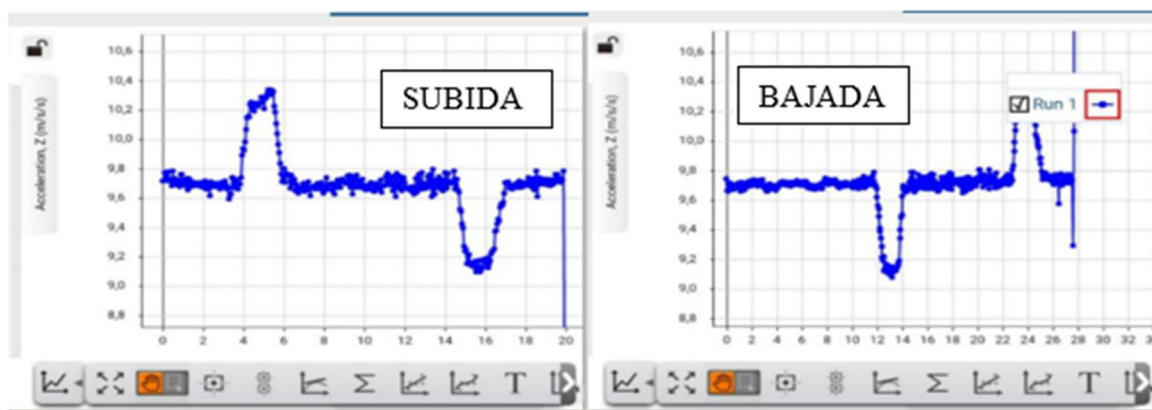


Figura 3. Gráficas tipo que se obtienen del software TRACKER, la mostrada corresponde a la altura de la partícula respecto al suelo (eje vertical) contra el tiempo (eje horizontal).

El beneficio logrado después de la realización de la práctica planteada es que, los estudiantes logran obtener los resultados correctos de la gráficas aceleración tiempo, así como, la interpretación de cada una de sus partes y como se relacionan estas con la experiencia ocurrida en el elevador, lo cual es un apoyo para la comprensión del tema. También, logran dar respuestas adecuadas a las preguntas de reflexión que se plantean al final de la misma y que se expresan textualmente en la entrega del reporte, lo que evidencia una mejora en el aprendizaje de los conceptos de aceleración-fuerza.

Impacto de la metodología propuesta en la experiencia de los estudiantes

En una investigación que antecede a la presente por los mismos 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) y Zúñiga, *et al.* (2021), algunos de los resultados más importantes fueron que: los estudiantes dieron una calificación de 4.4/5 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 4.7/5 a que “Realizar prácticas sin aulas de bajo costo y mediante el uso de las TAC como las usadas en la materia de Cinética 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”.

Así mismo, los estudiantes logran identificar las causas en las variaciones de la aceleración en el movimiento de un elevador mientras sube o baja y lo asocian con el concepto de fuerza y las Leyes de Newton, lo cual, además de profundizar su aprendizaje al respecto del tema, eleva su motivación al respecto de estudiar un sistema físico real de manera práctica y mediante el uso de una herramienta de uso cotidiano como lo es el celular.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el desarrollo de la práctica de laboratorio de “Variación de la aceleración-fuerza en un elevador”, usando un laboratorio sin aulas de bajo costo y mediante el uso de TAC se observa que los estudiantes logran profundizar y verificar de manera experimental los conceptos relacionados con el tema de la aceleración y la fuerza a través del desarrollo de la práctica, ya que, logran obtener las gráficas aceleración-tiempo correctas, que representan el fenómeno que ocurre mientras el elevador sube o baja y argumentan las causas que lo provocan.

El planteamiento de la práctica se puede realizar en la modalidad de curso en línea o presencial, lo cual resulta ser conveniente en este nuevo contexto educativo, en el cual regresamos a clases presenciales después de la pandemia causada por el COVID19, pero sin dejar de mano el enorme avance tecnológico que tuvimos durante los últimos años. Además, los estudiantes pueden, trabajando en equipos, llevar a cabo una actividad experimental lo cual promueve el trabajo colaborativo, la interacción entre pares de estudiantes, la adaptación al trabajo en grupos, 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 aplicada a los estudiantes que estos tienen una experiencia positiva ante el uso de la práctica de laboratorio planteada.

BIBLIOGRAFÍA

Calderón, S., Núñez, P., di Laccio, J., Mora, L. y Gil, S. (2015). Aulas-laboratorios de bajo costo, usando TIC, *vol. 12(1). Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las*

Ciencias, Volumen 12 (1), pp 212-226.
<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2912/2608>

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. <https://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(729), pp 729-741. <https://aapt.scitation.org/doi/abs/10.1119/1.4874856>

Novak, J. y Gowin, D. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Ediciones Martínez Roca. [http://www.terras.edu.ar/biblioteca/3/EEDU_Novak-Gowin_Unidad_1\(1\).pdf](http://www.terras.edu.ar/biblioteca/3/EEDU_Novak-Gowin_Unidad_1(1).pdf)

Porlán, R. y Giordan, A. (1995). *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de aprendizaje basado en la investigación*. Díada Editora, S. L. <https://www.agapea.com/libros/Constructivismo-y-escuela-hacia-un-modelo-de-ensenanza-aprendizaje-basado-en-la-investigacion-9788487118654-i.htm>

Silva, J. (2007). *Las interacciones en un entorno virtual de aprendizaje para la formación continua de docentes de enseñanza básica*. [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona], <https://www.tdx.cat/handle/10803/2918#page=1>

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*, Vol. 11. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/572>

Zúñiga, S., Zermeño, E., Moreno, N., y Nieto, P. (2021). Práctica de laboratorio de bajo costo, usando TAC en la nueva normalidad. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, Vol. 13. <https://www.anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/766>