

Análisis de estrategias virtuales en actividades experimentales sobre cinemática en tiempos de pandemia de covid-19

Analysis of virtual strategies in experimental activities about kinematics in times of covid-19 pandemic

Geraldine Chadwick^{1,2*}, Hernán Gerbec² y Guillermo Varone²

¹Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación - CONICET, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Buenos Aires, Puan 480, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, CP 1406, Buenos Aires, Argentina.

²Instituto Superior del Profesorado "Dr. Joaquín V. González", Ayacucho 632, CP 1026, Buenos Aires, Argentina.

*E-mail: geralchad@ccpems.exactas.uba.ar

Resumen

Debido a la extensión de la pandemia de covid-19, los docentes de las instituciones educativas de todos los niveles han sido forzados a la virtualización de gran parte de sus propuestas de enseñanza, siendo las prácticas de laboratorio una de las más afectadas. Este condicionamiento abre ciertos interrogantes acerca de cómo se desarrollan y desarrollarán las actividades experimentales que son necesarias cumplir en la asignatura de física en torno a las temáticas de cinemática en la formación docente y en la escuela. El objetivo principal de este trabajo fue analizar estrategias y herramientas didácticas virtuales a través de encuentros sincrónicos y asincrónicos que optimicen las actividades experimentales de cinemática en el contexto actual. Con este fin, se diseñó una secuencia didáctica implementada de manera remota con estudiantes de profesorado y profesores de física en ejercicio. En particular, se analizó la implementación del software *Tracker* aplicable a experimentos caseros de gran relevancia pedagógica y educativa. La experiencia muestra la importancia de sostener las actividades experimentales en contextos de enseñanza remota de emergencia.

Palabras clave: Enseñanza remota de emergencia; Didáctica de la física; Cinemática; Actividades experimentales; Software Tracker.

Abstract

covid-19 pandemic spread turns out in a way that most teachers have been forced to virtualize their teaching approaches. In particular, experimental activities were the most affected. This conditioning opens up certain questions about how experimental kinematics activities that are necessary to carry out in physics subject are developed. That's why, the main goal that guided this research was to analyze virtual didactic tools and strategies in a way to optimize experimental kinematics activities in the current context. To this end, a didactic virtual sequence was designed and implemented with physics teachers. In particular, Tracker software was implemented in a way to analyze simple experimental activities. Experience shows the importance of sustaining experimental activities in Emergency Remote Teaching contexts.

Keywords: Remote emergency teaching; Physics teaching; Kinematics; Experimental activities; Tracker software.

I. INTRODUCCIÓN

A causa de la pandemia de covid-19 y como medida sanitaria, en marzo de 2020 en Argentina se declaró el Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio (ASPO) (Argentina, 2020). Una de sus consecuencias fue la masiva *educación remota de emergencia* (ERE), dado que no es lo que se consideraba como *Educación a Distancia* o un *Modelo híbrido educativo* sino que es una instancia particular cuyo fin fue garantizar la continuidad educativa. En la gran mayoría de los casos, estas medidas fueron implementadas de manera forzada sin tener recursos robustos que generen buenos resultados. Es importante aclarar que la ERE no es una idea nueva, sino que lo original es la masividad y la implementación obligatoria de los entornos digitales. Es por eso que nos preguntamos: ¿cómo sostener las actividades experimentales escolares en contextos de ERE? A nuestro criterio, es importante mantenerlos porque las actividades experimentales promueven aprendizajes de procedimientos sensorio-motrices e intelectuales relacionados con el quehacer experimental y muy valorados en la escuela, la educación superior, etc. (Idoyaga, Vergas-Badilla, Moya, Montero-Miranda y Garro-Mora, 2020). Por otra parte, Hodson (1994) sostiene algunas justificaciones acerca de la implementación de los Trabajos Prácticos de Laboratorio (TPL) tales como:

- Para motivar mediante la estimulación y el interés.
- Para enseñar las técnicas de laboratorio.
- Para intensificar el aprendizaje de los conocimientos científicos.
- Para proporcionar una idea sobre estrategias científicas y desarrollar la habilidad en su utilización.
- Para desarrollar determinadas *actitudes científicas*, tales como la consideración con las ideas y sugerencias de otras personas, la objetividad y la buena disposición para no emitir juicios apresurados.

Por otra parte, Arias Regalía *et al.* (2011) afirman que entendemos la experimentación como un espacio que posibilita a los estudiantes poner de manifiesto sus ideas sobre el mundo físico, como así también contrastarlas con los datos que observan y con los resultados que obtienen al utilizar la formulación matemática de las teorías. Si bien consideramos que la presencialidad es irremplazable, mediante este trabajo nos proponemos analizar estrategias y herramientas didácticas virtuales eficaces con el fin de mejorar la calidad de las actividades experimentales en torno a las temáticas de cinemática. Para ello, se planificó un taller didáctico a ser implementado en la *Semana de la enseñanza de las Ciencias* promovida por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) de la Universidad de Buenos Aires (UBA). Dicho evento, consiste en brindar una serie de actividades (talleres, mesas redondas, videos online, etc.) pensadas para estudiantes de profesorado y profesores en ejercicio de nuestro país y del extranjero en torno a mejorar la calidad de la enseñanza de las ciencias. La secuencia didáctica fue implementada a través de la modalidad taller y consistió en una serie de actividades didácticas remotas mediante las cuales se analizó un TPL sobre caída libre a través del software *Tracker*. Es importante aclarar que dicha secuencia didáctica fue diseñada de forma tal de comprender las utilidades y potencialidad del programa *Tracker* como herramienta virtual educativa. Por otra parte, se reflexionó sobre las posibles limitaciones y beneficios de la propuesta abordada como así también la importancia de sostener las actividades experimentales de Física en contextos de ERE.

A continuación se describirán la temática propuesta y las principales características de las actividades experimentales implementadas en contextos de ERE. Por consiguiente, se abordarán los aspectos metodológicos en los que se ancla nuestra investigación. Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos y se presentarán las conclusiones del trabajo llevado a cabo.

II. ACTIVIDADES EXPERIMENTALES EN TIEMPOS DE PANDEMIA

La física se caracteriza por construir teorías que pretenden describir y predecir acontecimientos del mundo natural de forma tal que es considerada una ciencia experimental (Arias Regalía *et al.*, 2011). Asimismo, es importante considerar que muchas de estas teorías se expresan en lenguaje matemático y en numerosas ocasiones los formalismos matemáticos, sobre todo en las materias de física básica, producen en los estudiantes la percepción de que las situaciones a analizar son problemas abstractos sin relación alguna con la vida real (Montino *et al.*, 2011). En este contexto y siguiendo a los mismos autores, las actividades experimentales permiten que los estudiantes exhiban sus ideas e interpretaciones sobre las situaciones y problemas físicos escolares a resolver. Por otra parte, es necesario que las actividades experimentales sean un problema; según Gonçalves y otros (2007), esto ocurre cuando:

- Existe una cuestión a solucionar.
- Hay una cierta motivación para buscar la solución.
- No debe ser evidente una estrategia inmediata de resolución.
- No existe una solución única y preestablecida.

Asimismo, Caamaño (2004) clasifica a los TPL según sus objetivos:

- Experiencias: destinadas a obtener una familiarización perceptiva de los fenómenos.
- Experimentos ilustrativos: destinados a interpretar un fenómeno, ilustrar un principio o mostrar una relación de variables.
- Ejercicios prácticos: Destinados a aprender determinados procedimientos, destrezas o ilustrar una teoría.
- Investigaciones: destinadas a resolver problemas teóricos o prácticas.

En este sentido, Domenech Casal (2013) sostiene que el valor didáctico de los TPL es objeto de permanente controversia ya que por un lado, aunque algunos investigadores los presentan como un método valioso y un objeto en sí mismo, otros los cuestionan. Este autor afirma que el análisis sobre el valor didáctico de los TPL suele asociarse a los roles del alumnado en torno al cual se configuran diferentes tipos de prácticas. De esta forma se simplifica mucho otras clasificaciones anteriormente mencionadas tal como pueden ser los tipos de problemas experimentales a resolver. Por otro lado, López Rúa y otros (2012) explican que en los últimos años (pre-pandemia de covid-19) se describieron diferentes críticas a las prácticas de laboratorio en las cuales se propusieron innovaciones tanto en lo metodológico como en lo conceptual. Según este autor, se reconoce que las prácticas experimentales escolares responden a finalidades diversas tales como: familiarizarse con ciertos fenómenos, contrastar hipótesis, etc. También se ha destacado el valor de plantear y desarrollar las actividades experimentales escolares según tres objetivos principales: aprender ciencias, aprender qué es la ciencia y aprender a hacer en ciencias. Desde el punto de vista de la formación docente se ha cuestionado el hecho que los profesores y maestros enseñen la ciencia de los científicos de manera descontextualizada a la ciencia del aula escolar (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

El desarrollo de la ERE suscitada de manera masiva a causa de la pandemia de covid-19, puso en escena la importancia conceptual y contextual del *Laboratorio Extendido* (LE). Idoyaga *et al.*(2020), describen al LE como un modelo caracterizado por el uso sistémico y didáctico de estrategias y dispositivos cuyo objetivo es llevar adelante actividades experimentales en entornos educativos digitales. Estos autores también afirman que es importante tener en cuenta que el LE establece un híbrido experimental, donde diferentes laboratorios o recursos actúan sinérgicamente de forma tal de aumentar la probabilidad de generar aprendizajes de conceptos, actitudes y procedimientos. Idoyaga *et al.* (2020), también hacen hincapié en considerar que el LE incluye:

- Actividades Experimentales Simples (AES) o Laboratorios Caseros
- Simulaciones (S).
- Uso de teléfonos inteligentes o Laboratorios Móviles (LM).
- Laboratorios Virtuales (LV).
- Laboratorios Remotos (LR).

Siendo la situación de pandemia actual un terreno fructífero para combinar algunas de las 5 posibilidades propuestas por el modelo de LE, nos propusimos diseñar una secuencia didáctica bajo la modalidad taller que permita poner en escena algunas estrategias utilizadas por profesores de física acerca del LE. Asimismo, potenciar el uso de determinados entornos virtuales de forma de mejorar la calidad de las actividades experimentales de cinemática.

A continuación se describirán los aspectos metodológicos y actividades didácticas empleadas para analizar las particularidades asociadas al LE en el contexto actual. Luego, se analizarán los resultados obtenidos y finalmente, se dará cuenta de las conclusiones obtenidas en este trabajo de indagación.

III. ASPECTOS METODOLÓGICOS

La intervención perteneciente a este trabajo de indagación se realizó a través de una metodología cualitativa (Paz (2003); Osses Bustingorry, Sánchez Tapia y Ibáñez Mansilla (2006); Rojas (2019)) mediante la cual se diseñó una serie de actividades a implementar en formato taller. Las consignas que conformaron dichas actividades fueron revisadas y modificadas por los autores de este trabajo hasta último momento de forma tal de consensuar criterios. El fin último fue generar actividades experimentales potentes a ser implementadas en modalidad virtual. Tal como fue mencionado en las secciones anteriores, la indagación se realizó a través del formato taller en la *Semana de la enseñanza de las Ciencias* de la FCEN, UBA. Los asistentes fueron estudiantes de profesorado y profesores de física en ejercicio de diferentes provincias de la Argentina y del extranjero. Se elaboraron registros a través de observaciones, notas escritas, capturas de pantalla, etc. Se relevaron las respuestas de los asistentes al taller ya sea de forma oral o escrita debido a que entregaron sus producciones al finalizar el taller. Es importante mencionar que respondimos dudas y realizamos algunas devoluciones asincrónicas de las producciones obtenidas unos días después de la puesta en escena. Esto permitió realizar registros y evaluaciones sobre todas las acciones realizadas en torno a los objetivos planteados.

La intervención se realizó en un encuentro de 2 horas y fue llevado a cabo de manera remota a través de la plataforma *Zoom* gestionada por la FCEN, UBA, esto permitió la confección de subsalas de trabajo de forma tal de agrupar a los participantes en equipos de 4 o 5 integrantes. Los destinatarios fueron 37 estudiantes de profesorado y profesores de física en ejercicio que trabajaron de forma grupal. De ellos, 26 corresponden al nivel medio, 7 al nivel terciario y 4 al nivel universitario. A su vez, también se indagó acerca del lugar de pertenencia de los participantes ya que la puesta en práctica del taller de manera remota permitió la asistencia de docentes de diversas provincias de nuestro país y del extranjero. De los 37 destinatarios totales, 13 pertenecían a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 9 al Gran Buenos Aires, 4 a la Provincia de Mendoza, 4 a la Provincia de Córdoba, 3 a la Provincia de Santa Cruz, 2 a la Provincia de Santa Fe, 1 al país de México y 1 al país de Guatemala. El rango etario de los participantes fluctuó entre los 22 y 55 años, los cuales manifestaron interés en la propuesta debido a la originalidad y la pertinencia en el contexto pandémico del momento. Es importante aclarar que un día antes de la puesta en marcha del taller nos contactamos con los participantes vía email de forma tal de acercarles un escrito y un video tutorial como así también el instalador del software *Tracker*. Este programa es un software libre y gratuito que permite, a través de la filmación de un fenómeno, realizar un análisis detallado del mismo. Según Brown (2010), entre sus principales características incluye:

- Seguimientos de objetos en modo manual y automático.
- Posibilidad de obtener valores de diferentes magnitudes relacionadas con una determinada *experiencia*.
- Opciones flexibles de calibración de video.
- Herramientas de análisis de datos con potentes ajustes manuales y automáticos de curvas.
- Copiar e imprimir imágenes de cualquier ventana para que sean utilizadas en informes y otros documentos.
- Pegar imágenes de la web u otras directamente a *Tracker* para su análisis.

También, se les acercó a los participantes un video de una bola de billar en caída libre con el fin de ser analizado a través de las actividades realizadas en el taller. Esta filmación contenía los datos de la masa de la bola de billar utilizada como así también la distancia de dos puntos medida en metros de forma tal de poder generar una escala acorde a través del software *Tracker* (figura 1). Es importante aclarar que las incertezas de las medidas de la masa y de las distancias entre las marcas fueron aclaradas de manera oral, siendo estas de ± 0.001 kg y $\pm 0,01$ m respectivamente.



FIGURA 1. Se muestra una captura del video experimental brindado a los estudiantes y profesores que participaron del taller.

La propuesta didáctica buscó que los participantes generaran hipótesis y conozcan algunos comandos básicos que faciliten la utilización del software *Tracker* a través de la situación experimental filmada de caída libre. En este sentido, decidimos generar el video con anticipación y que no lo realicen los asistentes ya que el taller solo contaba con 2 horas de desarrollo e implementación. Es importante aclarar que si el taller hubiera sido más extenso, un buen ejercicio sería que los participantes filmen la situación experimental de caída libre. En este sentido, se debe tener en cuenta que para generar un video *decente* es necesario contar con un trípode de celular o de cámara digital de forma tal de que quede fijo/a, como así también que el fondo contraste con el cuerpo a analizar. Por otra parte, es relevante contar con dos puntos de referencia de forma tal de poder medir la distancia entre ellos y escalar a través del programa *Tracker*. También es necesario aclarar que de manera previa a la utilización de este software, se proyectó una presentación de PowerPoint con algunos marcos teóricos de la Didáctica de la Física a tener en cuenta con relación a los TPL, el LE y la ERE. Esta actividad sirvió de puntapié inicial de forma tal de poder indagar algunas de las nociones previas acerca de los experimentos en aulas de física en tiempos de pandemia. Asimismo, destacamos que el TPL descrito en la Actividad 3 de la secuencia didáctica presentada es un TPL real que los autores de este trabajo implementamos en el Laboratorio de la materia Física 1 del Profesorado de Física del Instituto Superior del Profesorado *Dr. Joaquín V. González* (cursada 2020 y 2021). Dicho TPL, fue adaptado de forma tal de llevar adelante el taller planteado.

A continuación se presentan brevemente las actividades planificadas y adaptadas (tabla I).

TABLA I. Actividades planificadas.

Actividad 1: Luego de la breve introducción teórica vía PowePoint responde:
a.) ¿Conocías algunos de los conceptos teóricos didácticos interpelados en torno a los Trabajos Prácticos de Laboratorio en el contexto actual? ¿Cuáles fueron las dificultades que tuviste que enfrentar a la hora de intentar llevar prácticas experimentales en tiempos de pandemia?
b.) ¿Qué estrategias implementaste para llevar adelante Trabajos Prácticos de Laboratorio durante las cursadas virtuales actuales?
c.) ¿Qué softwares, simuladores y apps conoces/utilizaste para las prácticas experimentales virtuales?
Actividad 2: Se realiza una puesta en común de cada participante para el resto de sus compañeros, se anotan y analizan las respuestas dadas de manera individual.
Actividad 3: Lee y en grupo de 4 o 5 integrantes respondan: Un profesor de Física les pide a sus estudiantes que filmen un video de caída libre con sus celulares o cámaras de fotos con el fin de resolver el siguiente Trabajo Práctico de Laboratorio remoto con base en su análisis con el software <i>Tracker</i> . En grupo de 4 o 5 personas resuelvan el TP teniendo en cuenta el video otorgado, respondan las preguntas finales externas al TP y finalmente carguen la resolución en un archivo de google.doc en la carpeta del drive grupal que les fue asignada:
Trabajo Práctico de Laboratorio a distancia de caída libre
Introducción: En este trabajo práctico utilizaremos un software de procesamiento y análisis de videos llamado <i>Tracker</i> , el cual pueden descargar en forma gratuita en el siguiente enlace: https://physlets.org/tracker/ o lo pueden descargar desde la carpeta que le compartimos donde se encuentran los materiales a descargar previos al taller, también encontrarán un tutorial para utilizar el mismo.
Objetivos:
<ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar cinemáticamente el movimiento de un cuerpo que cae libremente. • Calcular la aceleración de la gravedad e interpretar el resultado de la medición en función del método utilizado para obtenerla.
Procedimiento Experimental:
Para realizar el trabajo van a necesitar algún objeto del tamaño de una pelotita, alguna tapita, o algún otro que pueda asemejarse a una masa puntual. Para poder analizar el movimiento del mismo deberán usar un celular para filmar la caída o alguna cámara de fotos. Es recomendable para este tipo de experiencias contar con un trípode o asegurarse de que el celular o la cámara estén fijos , en el tutorial se encuentran una serie de recomendaciones para no tener problemas a la hora de procesar y analizar el video. Una vez elegido el objeto de estudio, busquen un fondo liso y que haga contraste con el objeto, y coloquen en algún lugar visible del video alguna referencia conocida, es decir, que conozcamos su longitud, pueden pegar una regla, realizar un segmento, etc. Dejen caer el objeto libremente y filmen su caída. Luego, con el software podrán obtener los gráficos de $Y=f(t)$ y $v=f(t)$ y a partir del análisis de los mismos podrán lograr cumplir los objetivos del Trabajo Práctico. Para poder realizar la entrega de este trabajo práctico en esta oportunidad les proponemos lo siguiente: Entregar una captura de pantalla del Tracker de:
<ol style="list-style-type: none"> a) Gráfico de posición $Y=f(t)$ b) Gráfico de velocidad en "y" $V_y = f(t)$ c) Tabla con los valores de Y; V_y; ay y t d) Del video de caída del objeto que incluya la vara de calibración y el sistema de coordenadas.
En función de los datos obtenidos contestar:
<ol style="list-style-type: none"> a) ¿Qué representa la pendiente en el gráfico de $V_y = f(t)$? b) ¿Qué tipo de curva es el gráfico de $Y = f(t)$? c) ¿A qué tipo de movimiento asocia los gráficos de $Y=f(t)$ y $V_y=f(t)$? d) ¿Por qué en la tabla hay más valores de velocidad que de aceleración?
Finalmente comparen el resultado de aceleración obtenido con $9,8m/s^2$. ¿Coinciden ambos valores? ¿A qué atribuye las diferencias? (si es que las hay)
a.) ¿Cuáles son las potencialidades del software <i>Tracker</i> para resolver el trabajo práctico planteado por el docente? ¿y sus limitaciones?
b.) ¿Qué tipos de ejercicios de cinemática creen que no podrían ser resueltos con el software <i>Tracker</i> ?
c.) ¿Modificarías o agregarías algo al TP ofrecido por el docente?
Actividad 4: se realiza una puesta en común de cada grupo para el resto de sus compañeros, se comparten las respuestas consensuadas por cada grupo pequeño.

En lo que respecta al procesamiento de datos, se analizaron las respuestas dadas por los participantes en sus producciones escritas como así también de forma oral durante el taller. Asimismo, se tuvieron en cuenta los intercambios y discusiones al interior de cada grupo. De esta manera se elaboraron gráficos con el fin de sistematizar los datos obtenidos atendiendo a las referencias del marco teórico presentado en este trabajo de investigación junto al nivel educativo de ejercicio de cada docente.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Las producciones obtenidas en la propuesta del taller mostraron la emergencia de algunas ideas, dificultades y estrategias utilizadas por los participantes en sus clases de física en el contexto actual a la hora de implementar las actividades experimentales con sus estudiantes. Si bien muchos de ellos desconocían el concepto de LE, afirmaron haber implementado las AES, las S y en menor medida el uso de teléfonos inteligentes. Sin embargo, estas respuestas dependen del nivel educativo en el cual los docentes se desempeñan. Es por eso que se analizaron sus respuestas mediante gráficos de manera tal de describir las estrategias implementadas de forma previa al taller en el marco del LE descrito por Idoyaga *et al.* (2020) (figura 2 y 3). Es importante señalar que la mayoría de los profesores de nivel medio (PM) implementan las AES y S, mientras que en menor medida recurren a los LM y LV. En lo que respecta a los profesores de nivel terciario (PT) la mayoría emplea los LM, luego las AES y en la minoría de los casos las S y los LV. Es relevante aclarar que la estrategia de LR solo fue puesta en escena por los profesores universitarios (PU), quienes también implementaron las AES y en la mayoría de los casos los LM dejando afuera las S y los LV.

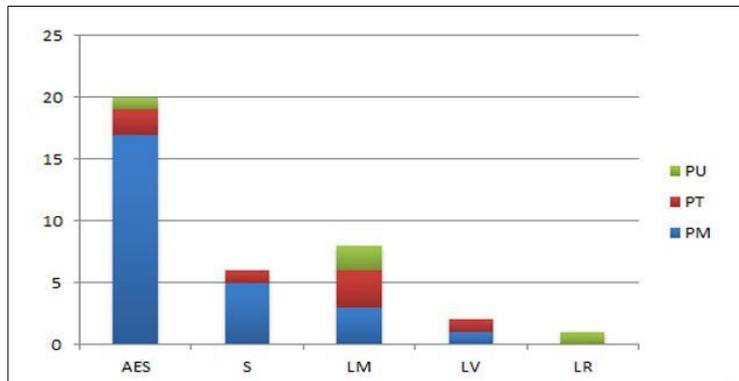


FIGURA 2. Estrategias implementadas por los PM, los PT y los PU.

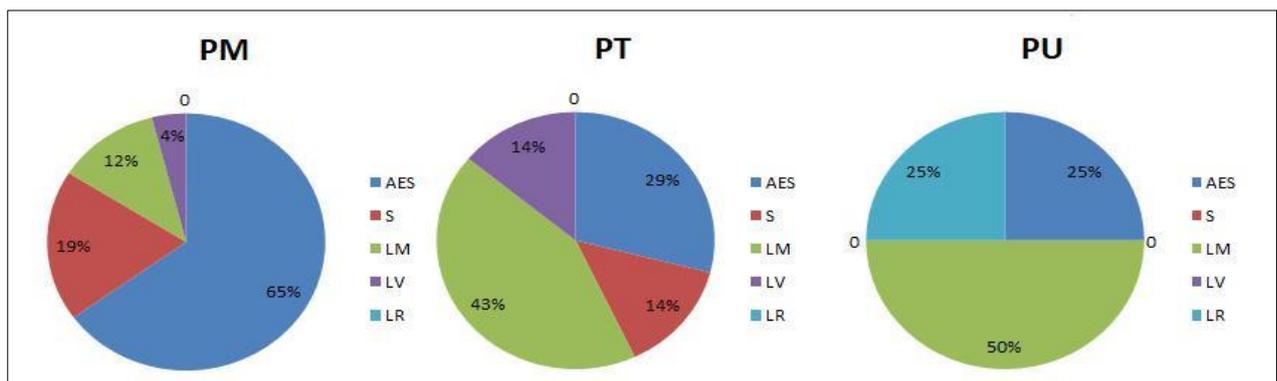


FIGURA 3. Porcentajes de las AES, las S, los LM, los LV y los LR para los profesores de cada nivel educativo PM, PT y PU.

En lo que respecta a las S, el 90% de los participantes de esta categoría de análisis aseguró haber utilizado con sus estudiantes las simulaciones interactivas online tales como las que ofrece *PhET* de la Universidad de Colorado Boulder. Las simulaciones brindadas por *PhET* son gratuitas y abarca no solo la Física sino también al resto de las Ciencias Naturales y la Matemática. Estas simulaciones, se caracterizan por involucrar a los estudiantes mediante un ambiente intuitivo y similar a un juego, es por eso que a nuestro criterio se han vuelto muy populares en el contexto de ERE.

Muchos de los participantes sostuvieron que una de las mayores dificultades que tuvieron que enfrentar fue, en primer lugar, la falta de conexión a internet -propia o de los estudiantes- mientras que, en segundo lugar, aparece la falta de equipamiento propia y también de los estudiantes. El tercer lugar fue otorgado a la falta de formación en

estrategias de ERE. Creemos que este hecho permeó las categorías siguientes ya que algunos profesores manifestaron haber implementado en exceso los TPL tipo experiencias y experimentos ilustrativos. Estas dos últimas categorías las podemos enmarcar en la propuesta de Caamaño (2004). Llama la atención que ningún docente haya hecho referencia a las dificultades de implementar TPL como la resolución de problemas en contexto de ERE (figura 4).

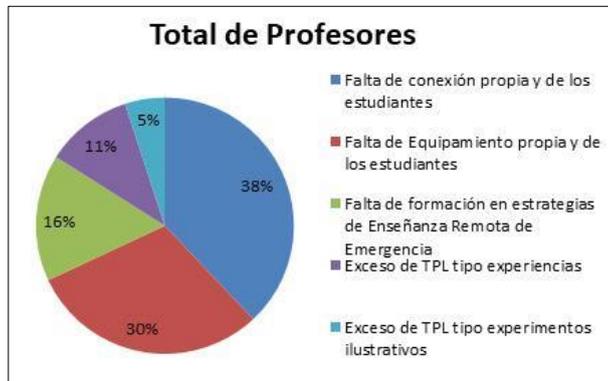


FIGURA 4. Principales dificultades manifestadas por el total de profesores para implementar estrategias del LE.

Por otra parte, es importante destacar que la mayoría de los participantes desconocía el software *Tracker* ya que solo el 10% de ellos coincidieron en su utilización previa al taller.

En lo que respecta a la resolución de las consignas propuestas por la secuencia didáctica, la mayor dificultad que tuvieron los estudiantes de profesorado y profesores de física fue relativa a la implementación y utilización del software *Tracker*. Dado que el programa permite *levantar* datos de modo manual o automático, quedaba a decisión de los participantes cuál de los dos modos utilizar. También surgieron preguntas e hipótesis en torno a la forma de análisis de datos realizada por el programa ya que en muchos casos los gráficos de las velocidades en el eje y (V_y) así como también el valor de la aceleración en dicho eje (a_y) presentaba algunas fluctuaciones (figuras 5). También surgieron algunos debates acerca de qué porción del video tomar de forma tal de garantizar la caída libre (figura 6).

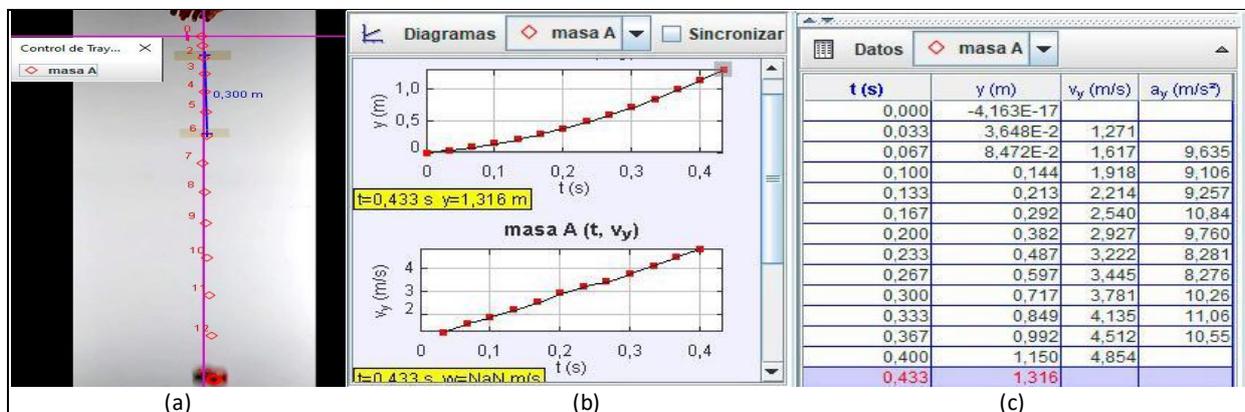


FIGURA 5. a) captura del análisis del video experimental realizado por uno de los participantes; b) gráficos de posición en el eje y ($Y(t)$) en función del tiempo y de velocidad en el mismo eje en función del tiempo ($V_y(t)$); c) tabla de valores que incluye al tiempo en segundos t , $Y(t)$ en metros, $V_y(t)$ en metros sobre segundos y $a_y(t)$ en metros sobre segundos cuadrados.

El valor de la posición de la esfera, que el programa muestra con el nombre de "Y", surge de elegir un sistema de ejes cartesianos como sistema de coordenadas fijo (se muestra en color fucsia en la figura 5), con origen en el centro de la esfera en su posición inicial y con las coordenadas positivas en la dirección de la trayectoria de la esfera y sentido hacia el suelo. Además, fue necesario establecer como fuente de calibración un objeto definido y fijo en el video: se utilizaron dos marcas separadas por una distancia de 0,3 metros y , mediante la herramienta barra de calibración, se definió dicha referencia espacial, a partir de la cual el software realizó la conversión de pixeles a la unidad de medida elegida, en este caso el metro. Para poder construir el gráfico de $Y = f(t)$, del objeto a estudiar, el software relaciona cada posición calculada como se explicó anteriormente, con la línea de tiempo que tiene como origen el evento correspondiente a comienzo del seguimiento, ya sea manual o automático. A partir de la posición y el tiempo, el software nos permite conocer magnitudes derivadas como la velocidad, la aceleración, etc.

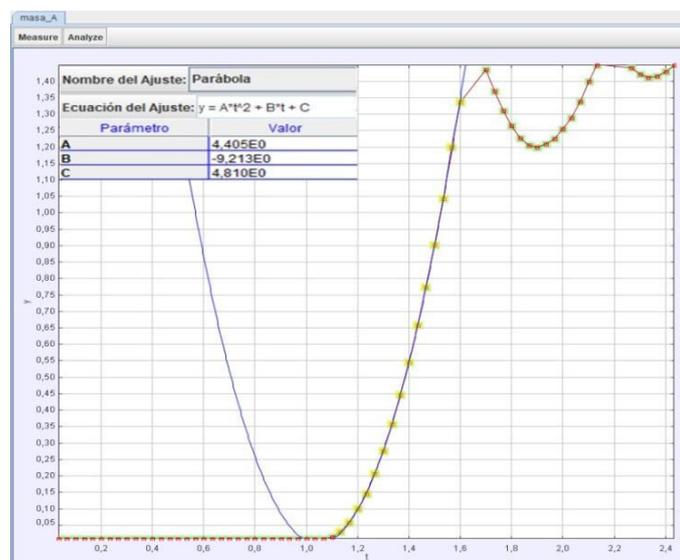


FIGURA 6. Se muestra una captura del análisis del gráfico de $Y = f(t)$ realizado por un grupo de participantes.

En el gráfico de la figura 6 se puede observar cómo se identificaron las diferentes etapas en el movimiento total de la esfera. Los puntos resaltados en verde a la izquierda representan a la esfera en reposo, los puntos resaltados en verde a la derecha representan el movimiento de rebote de la esfera una vez alcanzado el suelo. En la parte central los puntos resaltados en amarillo representan la etapa del movimiento a estudiar, la caída libre. También, se puede apreciar la utilización de las herramientas de análisis de gráficos que brinda el programa Tracker para realizar un ajuste funcional de los puntos experimentales. Con este fin, los participantes propusieron una función de ajuste acorde a la disposición de dichos puntos, y lograron obtener información característica del movimiento de caída al analizar los parámetros de dicha función. Podemos notar que el parámetro C se aproxima a la mitad de la aceleración gravitatoria.

Al finalizar el taller, los participantes manifestaron que el software *Tracker* resultaba una herramienta potente para resolver problemas experimentales de cinemática ya que abría nuevas posibilidades que antes no habían contemplado. Asimismo, manifestaron *lo práctico* que era filmar un video con una cámara digital de celular para luego analizarlo con el programa *Tracker*. Muchos de los participantes se cuestionaron acerca de qué tipo de actividades experimentales sobre péndulos o de tiro oblicuo serían posibles examinar mediante el software. También, generaron hipótesis acerca de los recaudos que habría que tener en cuenta en dichas situaciones experimentales.

V. CONCLUSIONES

La indagación realizada acerca de las estrategias y utilización del software *Tracker* a través de encuentros sincrónicos y asincrónicos en torno a un problema experimental de caída libre permitió su optimización. La secuencia didáctica diseñada e implementada de manera remota con estudiantes de profesorado y profesores de física en ejercicio dio cuenta de la importancia de generar espacios de formación docente en lo que respecta a las actividades experimentales y al LE en el contexto actual. El análisis de estrategias implementadas por los participantes de manera previa al taller resultó provechoso ya que mediante él se puede observar cómo las AES prevalecen en los PM mientras que los LM son implementados en mayor medida por los PT y PU. Asimismo, es importante destacar que los LR solo fueron puestos en escena por los PU. En este sentido, el trabajo presentado brinda nociones acerca de qué estrategias necesitan ser reforzadas en la formación docente de cada nivel educativo de forma tal que los profesores en ejercicio cuenten con un abanico de posibilidades según los objetivos perseguidos en sus TPL. Por otra parte, las principales dificultades que debieron enfrentar los docentes participantes en contexto de ERE fueron la falta de conectividad y de equipamiento propia como de sus estudiantes, como así también manifestaron la falta de formación en estrategias de enseñanza remota en torno a los TPL. El proceso en sí mismo resultó productivo ya que los participantes cuestionaron las prácticas experimentales que llevan adelante con sus estudiantes en contextos de pandemia de covid-19.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Departamento de Física del Instituto Superior del Profesorado *Dr. Joaquín V. González* y a la FCEN, UBA por el apoyo otorgado para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

Argentina (2020). Aislamiento Social Preventivo y Obligatorio. Decreto 297/2020. Legislación y avisos oficiales

Arias Regalía, D., Chadwick, G., Kenig, F., Montino, M., Pérez, S. y Ure, J. (2011). Un espacio de interacción libre con el material de laboratorio como apoyo para la comprensión de conceptos y resolución de problemas de movimiento circular. *Actas de la XVII Reunión de Educadores de Física*. Argentina, Villa Giardino.

Brown, D. (2010). *Tracker. Guía básica*. Recuperado de <http://www.rlabato.com/isp/fisica/archivos/tracker.pdf>

Caamaño, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿Una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, 8-19.

Domènech Casal, J. (2013). Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 31, 249-262.

Gonçalves, S., Mosquera, M. y Segura, A. (2007). *La resolución de problemas en ciencias naturales: un modelo de enseñanza alternativo y superador*. Buenos Aires, Argentina: SB.

Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque, más crítico del trabajo del laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 299-313.

Idoyaga, I., Vergas-Badilla, L., Moya, C. N., Montero-Miranda, E. y Garro-Mora, A. L. (2020). El Laboratorio Remoto: una alternativa para extender la actividad experimental. *Campo Universitario*, 1(2), 4-26.

Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(17), 45-59.

López Rúa, A., Tamayo, A. y Óscar, E. (2012). Las Prácticas de Laboratorio en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8, 145-166.

Montino, M., Arias Regalía, D., Chadwick, G., Kenig, F., Pérez, S. y Ure, J. (2011). Propuesta de trabajo integrado entre la resolución de problemas y la experimentación para el Movimiento Circular. *Actas de la XII Reunión de la SUF y 96 Reunión Nacional de la AFA*. Uruguay, Montevideo.

Osses Bustingorry, S., Sánchez Tapia, I. e Ibáñez Mansilla, F. (2006). Investigación cualitativa en educación: hacia la generación de teoría a través del proceso analítico. *Estudios pedagógicos*, 1(32), 119-133.

Paz, M. (2003). *Investigación cualitativa en educación. Fundamentos y tradiciones*. México, D.F., México: McGraw Hill Interamericana.

Rojas, W. J. (2019). La investigación cualitativa en educación. *Horizonte de la Ciencia*, 17(9), 159-168.