

Implementación del análisis de video con Pasco Capstone como recurso para la enseñanza del movimiento parabólico en Física experimental

Elizabeth Chaluiza⁵
evchaluiza@uce.edu.ec

Jorge Chimarro⁶
jochimarro@uce.edu.ec

Washington Lomas⁷
wplomomas@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador
Quito-Ecuador

RESUMEN

El presente artículo expone una propuesta didáctica para la enseñanza del movimiento parabólico en Física experimental, utilizando el software Pasco Capstone como herramienta de análisis de video. Esta propuesta se enmarca en la integración de las TIC en la educación científica, favoreciendo una metodología activa, participativa y centrada en el estudiante. La secuencia didáctica diseñada se aplicó a estudiantes de primeros niveles de la Universidad Central del Ecuador, quienes registraron el movimiento de un objeto lanzado por una catapulta y analizaron su trayectoria con el software, generando gráficos y ecuaciones ajustadas a modelos teóricos. La implementación del análisis de video permitió una mayor precisión en los datos, facilitó la comprensión de conceptos físicos y fomentó el desarrollo del pensamiento crítico. La comparación con la metodología tradicional evidenció ventajas significativas en términos de participación estudiantil, precisión experimental y reflexión teórica-práctica. Se concluye que el uso de Pasco Capstone potencia el aprendizaje significativo y constituye una alternativa innovadora y efectiva en la enseñanza de la cinemática.

PALABRAS CLAVE: Movimiento parabólico, Análisis de video, Pasco Capstone, Enseñanza de la física, TIC en educación

Introducción

La enseñanza mediada por las TIC no solo requiere el conocimiento del contenido disciplinar asociado a la didáctica (Bolívar, 2005), sino también la integración del conocimiento tecnológico (Bouciguez & Santos, 2010). En este sentido, Enrique y Yanitelli (2019) señalan que los objetivos del uso de las TIC han evolucionado "de una visión clásica, donde su uso está basado en aspectos simplemente instrumentales" (p. 287), hacia una perspectiva más amplia, en la que las TIC se consideran herramientas para el desarrollo de habilidades cognitivas, la construcción del conocimiento (Sabando, & Garófalo, 2025).

Actualmente, se habla de educación disruptiva, un enfoque innovador de enseñanza, que introduce a los actores principales de la enseñanza, estudiante y docente, en dos ámbitos importantes: el uso de las nuevas tecnologías y la creación de estrategias pedagógicas (Arias et al., 2019). Por tanto, es fundamental replantearse la forma de enseñar y transformar los enfoques tradicionales mediante la integración de herramientas tecnológicas que faciliten el cumplimiento de los objetivos educativos previstos en el programa de formación.

Sin embargo, su impacto no depende únicamente de su incorporación, sino de cómo el docente diseñe y aplique estrategias didácticas que potencien su uso en el aula (Miranda et al., 2010). Los docentes deben fomentar la creatividad, la colaboración y el trabajo en equipo, integrando la tecnología en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esto permite a los estudiantes desarrollar habilidades digitales a través de proyectos innovadores y colaborativos, potenciando así su formación académica y profesional (Navarrete et al., 2015).

Desde esta perspectiva, el presente trabajo propone generar un recurso didáctico para la enseñanza de la física experimental de los primeros niveles, utilizando el software de video análisis Pasco Capstone. Este software, empleado como herramienta en diversas investigaciones, es un programa computacional que permite rastrear la trayectoria de un objeto en movimiento a partir de un archivo de video digital, facilitando la construcción de gráficas de posición-tiempo. Tomando como caso de estudio el movimiento parabólico, este artículo busca visibilizar los múltiples beneficios del uso de esta herramienta tecnológica en la actividad experimental. Con ello, se pretende fomentar la participación activa del estudiante y despertar su interés investigativo al relacionar la ciencia y la tecnología.

Metodología

La presente investigación adopta un enfoque cualitativo con elementos cuantitativos, de carácter descriptivo-exploratorio, orientado al diseño y validación de una secuencia didáctica que incorpora el uso de tecnologías digitales para el análisis de movimiento de los cuerpos.

El recurso fue aplicado en un grupo de estudiantes de primeros años de la Universidad Central del Ecuador, que reciben la asignatura de Física. Se conformaron equipos de trabajo colaborativo de cuatro a cinco estudiantes por grupo, con el fin de favorecer el aprendizaje entre pares y el desarrollo de competencias transversales.

El proceso completo se estructuró en seis fases secuenciales, orientadas a guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje:

1. Definición de objetivos
2. Registro del Fenómeno Físico
3. Procesamiento del video mediante el software Pasco Capstone
4. Planteamiento de preguntas orientadoras
5. Análisis de resultados
6. Reporte del trabajo experimental

Definir los objetivos

Como primer paso, el docente debe definir los objetivos de experimentación, los cuales deben ser claros, medibles y alcanzables.

Registro del Fenómeno Físico

Durante la actividad experimental, los estudiantes deben grabar un video del movimiento del objeto de estudio, utilizando un teléfono móvil, una cámara digital o una computadora.

Procesamiento del video mediante software Capstone

Pasco Capstone permite cargar el video grabado y, a través de una interfaz amigable e intuitiva rastrea el movimiento del objeto fotograma a fotograma. Los pasos a seguir para procesar el video son:

1. Definir el eje de coordenadas.
2. Ajustar la barra de calibración según los objetos de referencia en el video.
3. Seleccionar los fotogramas adecuados.
4. Definir el objeto de estudio.
5. Rastrear el movimiento y generar los datos.
6. Exportar los resultados.

Análisis de los resultados

Una vez obtenidos los resultados del procesamiento del video, se procede al análisis. Con las herramientas de Pasco Capstone, es posible generar gráficos de trayectoria y otros parámetros asociados al movimiento estudiado. Luego, el estudiante puede validar estos datos mediante ecuaciones teóricas, contrastando los resultados experimentales con las predicciones matemáticas. Este proceso fomenta el desarrollo del pensamiento crítico al analizar y evaluar la coherencia entre teoría y experimentación. Reporte del trabajo experimental

Como parte de la evaluación formativa, se solicita al estudiante que, después de la experimentación, elabore un reporte del experimento. Este informe puede incluir preguntas de análisis que le permitan reflexionar sobre lo aprendido y desarrollar un acercamiento al conocimiento científico.

Aplicación práctica: Estudio del Movimiento Parabólico

Este caso práctico fue desarrollado con estudiantes del Centro de Física de la Universidad Central del Ecuador, con el objetivo de analizar el movimiento parabólico de un objeto de prueba. En la Figura 1 se muestran los equipos utilizados en esta experimentación. Se incluye una catapulta, utilizada para impulsar el objeto y dar inicio al movimiento, y una mesa de impacto, donde el objeto aterriza al final de su trayectoria.



Figura 1. Equipo de experimentación utilizado para analizar el movimiento parabólico. Consta de una catapulta (izquierda), que permite configurar el ángulo de disparo, y una mesa de impacto (derecha).

Una vez preparado el equipo, se realizaron varios lanzamientos del cuerpo de prueba mientras los estudiantes grababan su movimiento en video usando su celular.

Posteriormente, a través de las herramientas que proporciona el software Pasco Capstone, cuya interfaz se muestra en la Figura 2, se procedió a realizar el procesamiento del video.

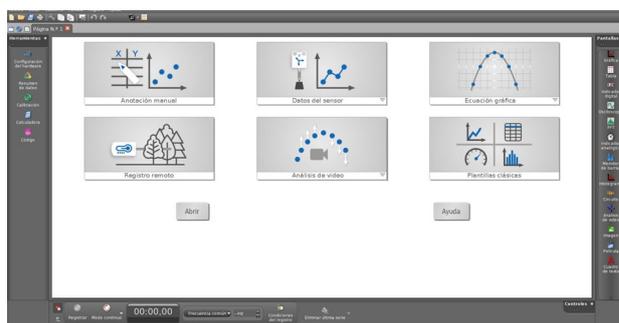


Figura 2. Interfaz del software Pasco Capstone

Usando 24 fotogramas correspondientes a la trayectoria del objeto, el software trazó la trayectoria completa del movimiento, desde el inicio hasta el final del desplazamiento, tal como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Trayectoria experimental del movimiento parabólico de un cuerpo de prueba obtenido mediante el software Pasco Capstone.

En la Tabla 1 se presentan los datos de posición y tiempo de cada fotograma que generó el software automáticamente.

Posición - X (m)	Posición - y (m)	Tiempo - t (s)
0.28	0,49	5,907
0.30	0,62	5,941
0.32	0,62	5,975
0.46	0,84	6,009
0.54	0,93	6,042
0.60	1,01	6,076
0.67	1,08	6,110
0.74	1,27	6,279
0.81	1,19	6,177
0.88	1,23	6,211
0.95	1,26	6,245
1.02	1,29	6,312
1.09	1,28	6,346
1.16	1,28	6,380
1.23	1,24	6,447
1.31	1,16	6,481
1.38	1,20	6,515
1.46	1,16	6,549
1.53	1,09	6,582
1.61	1,02	6,616
1.69	0,92	6,684
1.76	0,81	6,723
1.85	0,69	6,756
1.93	0,56	6,805

Tabla 1. Coordenadas de la trayectoria del cuerpo en el tiempo obtenidas con el software Pasco Capstone

Planteamiento de preguntas orientadoras

Luego de la experimentación, los estudiantes realizaron interesantes cuestionamientos que arrojaron preguntas clave como:

- ¿Cómo se relacionan las variables espacio y tiempo?
- ¿Cuál es la forma de la trayectoria?
- ¿Cómo se puede obtener la aceleración a partir de los datos?

Análisis de resultados

A partir de los valores de la Tabla 1, el software genera la representación gráfica de la altura alcanzada por el cuerpo de prueba en función del tiempo, $y=f(t)$, lo que permite analizar las características del movimiento. Este resultado, mostrado en la Figura 4, tiene el aspecto de una parábola.

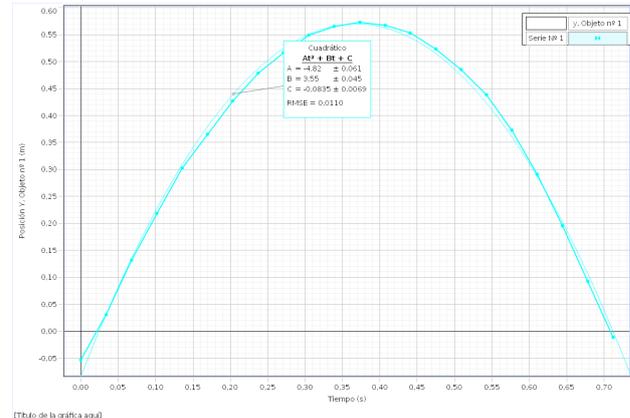


Figura 4. Gráfico de altura en función del tiempo, y ecuaciones que genera el Pasco Capstone automáticamente.

El software ajustó los datos a la mejor línea de tendencia, generando la siguiente ecuación:

$$y(t) = -4,82t^2 + 3,55t - 0,0835$$

Al comparar la expresión anterior con la ecuación teórica del movimiento vertical en un campo gravitacional:

Se identifican las siguientes magnitudes:

$$a_y = -9,64 \frac{m}{s^2}$$

$$v_{oy} = 3,55 \frac{m}{s}$$

$$y_o = -0,0835 m$$

Con esta información, fue posible determinar la velocidad del cuerpo de prueba en cualquier instante de tiempo, $v_y(t)$, así como la aceleración vertical, $a_y(t)$.

$$v_y(t) = \frac{dy}{dt} = 3,55 - 9,64t \frac{m}{s}$$

$$a_y(t) = \frac{dv_y}{dt} = -9,64 \frac{m}{s^2}$$

A continuación, Pasco Capstone permitió obtener la gráfica $v_y = f(t)$, con los valores obtenidos de los fotogramas del video.

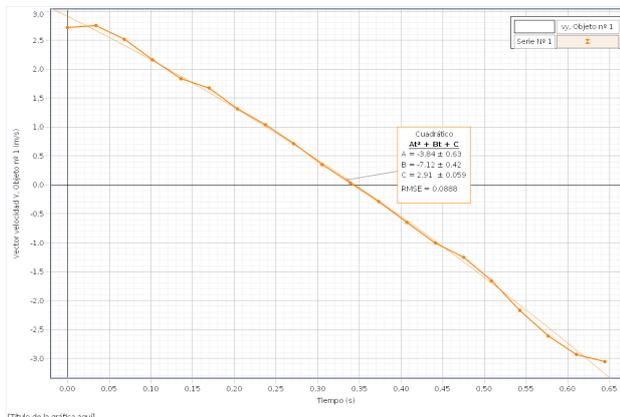


Figura 5. Velocidad en “y” en función del tiempo.

En la Figura 5 se muestran los valores experimentales y el ajuste lineal de la velocidad vertical del cuerpo en función del tiempo $v_y = f(t)$. En la gráfica se distinguen dos regiones. La primera, ubicada por encima del eje horizontal, muestra que la velocidad del cuerpo de prueba comienza en 3 m/s y disminuye hasta cero, lo que indica que ha alcanzado su altura máxima. La segunda, por debajo del eje horizontal, representa el descenso, donde la velocidad del cuerpo aumenta hasta alcanzar -3 m/s . El signo negativo indica un cambio en la dirección del movimiento. Asimismo, se determina que el tiempo de vuelo es aproximadamente $1,3 \text{ s}$.

Como es de esperarse, la pendiente de la recta en la Figura 5, con un valor de $-9,59 \text{ m/s}^2$, representa la aceleración de la gravedad experimentada por el cuerpo de prueba. Al comparar este valor con el valor teórico de referencia de $9,81 \text{ m/s}^2$, se obtiene un error relativo porcentual de $1,73\%$

$$\%e = \frac{(9,81 - 9,64)}{9,81} \times 100 = 1,73\%$$

Finalmente, al igual que en el movimiento vertical, el software permite analizar el movimiento en la dirección horizontal (eje x). En este caso, se determinó que el movimiento corresponde a un movimiento rectilíneo uniforme.

Reporte del trabajo experimental

Una forma de evidenciar la participación y el entendimiento del conocimiento por parte del estudiante es a través de la presentación de un informe de laboratorio, ya sea de forma individual o grupal. En este informe, los estudiantes tienen la oportunidad de realizar un análisis más profundo de los valores obtenidos.

Adicionalmente, los estudiantes fueron requeridos a contrastar su experiencia de aprendizaje usando

el software Pasco Capstone con el aprendizaje siguiendo la metodología tradicional de enseñanza del Centro de Física, que consiste en seguir una guía de laboratorio. Esto resultó en un aprendizaje más dinámico e interesante para los estudiantes, permitiendo una mayor interacción y reflexión sobre los resultados obtenidos en tiempo real.

Comparativa

La Tabla 2 presenta un análisis comparativo de criterios clave respecto a la experiencia de los estudiantes con el software Pasco Capstone y a la forma tradicional en el estudio del movimiento parabólico de un cuerpo de prueba. Se destacan aspectos como la precisión de los datos, la participación y competencia desarrolladas en el estudiante, las limitaciones de cada método, proporcionando una visión clara de cómo cada enfoque influye en el aprendizaje y la enseñanza de los conceptos científicos.

Criterio	Experimentación con software (análisis de video)	Experimentación tradicional (medición de alcance y ángulo de lanzamiento)
Tiempo de vuelo	Cálculos mediante (fotogramas)	No disponible
posición (x, y)	Detallada en cada instante, generando tablas y gráficos	Solo se registra el alcance horizontal final
Obtención de velocidad inicial	Por ajuste de gráficos	Calculada indirectamente a partir del alcance y el ángulo
Cálculo de aceleración	Directo desde el gráfico de velocidad o a partir de las gráficas generadas.	No se mide directamente
Visualización de la trayectoria	Gráfica exportable, permite ajustes de modelos	Solo observación cualitativa de la curva descrita
Precisión de datos	Depende de resolución del video y calibración	Sujeta a errores de observación y medidas indirectas
Interpretación matemática	Ecuaciones cuadráticas ajustadas automáticamente	Se requiere mayor deducción teórica del estudiante
Participación del estudiante	Activa y exploratoria, con retroalimentación inmediata	Limitada a tomar datos según guía; menor retroalimentación inmediata
Construcción de modelos	Posibilidad de comparar con ecuación teórica punto por punto	Solo verificación general a partir de fórmulas de alcance y tiempo teórico
Análisis de error	Cuantificable (porcentaje de error, desviaciones)	Difuso, muchas veces no se calcula

Formulación de preguntas	Favorecida por el dinamismo e interacción con el software	Limitada por el procedimiento repetitivo y centrado en la recolección de datos
Competencias desarrolladas	Análisis de datos, modelación, pensamiento crítico, alfabetización digital	Recolección manual de datos, observación directa
Limitaciones	Requiere software, equipo y capacitación previa	Limitado por la precisión de las mediciones y el acceso a instrumentos

TABLA 2. Cuadro comparativo del experimento con software Pasco Capstone y la forma tradicional de enseñanza.

Los resultados obtenidos en este trabajo revelaron que, mediante el método tradicional, la participación del estudiante se veía limitada, ya que no favorece la reflexión autónoma ni el cuestionamiento de conceptos. En cambio, al aplicar el análisis de video, no solo se fomentó una participación más activa del estudiante, generando nuevas ideas y planteando cuestionamientos durante la experimentación, sino que favoreció la interacción entre el estudiante y docente desarrollando las habilidades colaborativas y de comunicación, esenciales en el aprendizaje moderno.

Es importante señalar que los resultados son preliminares y que la investigación sigue en curso. En las próximas etapas del estudio, se espera integrar de manera efectiva en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Con base en los avances obtenidos, se buscará recolectar datos más sólidos que validen estos hallazgos iniciales y explorar nuevas estrategias para optimizar la experiencia educativa mediante la innovación tecnológica.

CONCLUSIONES

El uso de herramientas tecnológicas como Pasco Capstone para el análisis de video en la enseñanza de la Física experimental, aplicado al estudio del movimiento parabólico, ha demostrado ser una estrategia didáctica efectiva para mejorar la comprensión de conceptos físicos. A través de la utilización de software especializado, los estudiantes pueden observar, medir y analizar los fenómenos de manera interactiva, lo que facilita la construcción del conocimiento a partir de la experimentación.

Además, el uso de tecnologías como Pasco Capstone fomenta un aprendizaje significativo y activo, dado que los estudiantes participan en la recolección y análisis de datos, fortaleciendo así su comprensión teórica y sus habilidades de resolución de problemas. Esta estrategia permite a los docentes crear un ambiente de aprendizaje dinámico, alineado con las

necesidades del estudiante digital, potenciando la creatividad, la colaboración y el trabajo en equipo.

Los resultados de este estudio muestran que el uso de tecnologías para el análisis de video es efectivo para visualizar y analizar el comportamiento de un cuerpo en diversos movimientos, proporcionando datos detallados que facilitan la interpretación y comprensión de las leyes de la Física. Esta herramienta no solo mejora la visualización de los fenómenos físicos, sino que también reduce el tiempo necesario para que los estudiantes lleguen a conclusiones sobre el comportamiento de estos.

Por último, la integración de herramientas tecnológicas en el aula no solo responde a las necesidades del contexto educativo actual, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos en la era digital, incrementando su competencia en el uso de nuevas tecnologías y promoviendo un enfoque investigativo y crítico en la enseñanza de la Física.

Referencias:

- Arias, H., Jadán, J., & Gómez-Luna, L. (2019). Innovación Educativa en el aula mediante design thinking y game thinking. *Hamut'ay*, 6(1), 82-95. <http://dx.doi.org/10.21503/hamu.v6i1.1576>
- Bolívar, A. (2005). Conocimiento didáctico del contenido y didácticas específicas. *Revista de curriculum y formación del profesorado*, 9(2), 1-39. <http://hdl.handle.net/10481/15256>
- Boucíguez, M. J., & Santos, G. (2010). Categorías conceptuales para el estudio del conocimiento estratégico empleado al interactuar con simulaciones educativas (Vol. 11).
- Enrique, C., & Yanitelli, M. (2019). Diseño y valoración de actividades mediadas por TIC para el aprendizaje de sistemas oscilatorios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 31. <https://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/>
- Miranda, A., Santos, G. y Stipcich, S. (2010). Algunas características de investigaciones que estudian la integración de las TIC en la clase de Ciencia. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 12(2). Consultado el día de mes de año en: <http://redie.uabc.mx/vol12no2/contenido-mirandasantos.html>
- Navarrete, L., Almaguer, J., Navarrete, F., & Flores Pérez, M. (2015). El análisis de video como alternativa para la integración de teoría y práctica en los cursos introductorios de física. *American Journal of Physics Education*, 9(3).
- Sabando, L., & Garófalo, G. (2025). Recursos tecnológicos y el desarrollo de las habilidades cognitivas en estudiantes de educación general básica MENTOR. <https://revistamentor.ec/index.php/mentor/article/view/9081/7657>