

9. Uso de la cámara del smartphone como herramienta didáctica en física

Use of the smartphone camera as a didactic tool in physics

César Camilo Henao Sandoval¹
José Herman Muñoz Ñungo²
Adriana Alexandra Rodríguez Acosta³

Resumen

Este artículo muestra cómo usar la cámara fotográfica del smartphone, equipo de uso cotidiano y fácil acceso, en el estudio del movimiento parabólico y la caída libre de objetos. Se utilizó el programa Paint, del sistema operativo Windows, para obtener los píxeles de las imágenes tomadas en las direcciones horizontal y vertical de los puntos de la trayectoria de los objetos, y luego convertirlos en unidades de longitud mediante una calculadora conversor disponible en la web. Estos datos fueron tabulados y graficados en Excel. El método empleado, sencillo y asequible, permite la interacción entre teoría y práctica en la enseñanza de la física, en la educación media y en cursos introductorios a nivel universitario, sin necesidad de un laboratorio sofisticado y de alto costo.

Palabras clave: Smartphone, Cinemática, Paint, Píxeles, Conversor de píxeles a centímetros.

Abstract

This article shows how to use the smartphone camera, everyday equipment of easy access, in the study of parabolic motion and the free fall of objects. The Paint program of the Windows operating system was used to obtain the pixels of the images taken in the horizontal and vertical directions of the objects' trajectory points, and then convert them into units of length by means of a converter calculator available on the web. These data were tabulated and plotted in Excel. The employed method, simple and affordable, allows the interaction between theory and practice in the teaching of physics, in secondary education and in introductory courses at the university level, without the need for a sophisticated and high-cost laboratory.

Keywords: Smartphone, Kinematics, Paint, Pixels, Pixels to centimeters converter.

¹ Estudiante de cuarto semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad del Tolima. cchenaos@ut.edu.co

² Licenciado en Matemáticas y Física. Magíster en Física. Doctor en Física. Profesor de planta en la Universidad del Tolima adscrito al Departamento de Física. jhmunoz@ut.edu.co

³ Estudiante de cuarto semestre de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental. Universidad del Tolima. aarodriguezac@ut.edu.co

Para el estudio de las ciencias naturales, como es el caso de la física, es importante el uso de laboratorios para aumentar el interés y la comprensión de la misma, permitiendo al estudiante ir más allá de los aspectos teóricos presentados en clase. Sin embargo, la mayoría de las instituciones educativas en el país, no cuentan con laboratorios para la realización de experimentos, generando dificultades en el aprendizaje de los estudiantes.

Una manera de contribuir a la solución de ésta problemática es la implementación, con enfoque didáctico, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), de bajo costo y gratuitas. En esta dirección se encuentran diversos trabajos que utilizan la cámara digital como instrumento de laboratorio en la física (Calderón, Núñez, & Gil, 2008), (Gil, 2014), (Monteiro, Cabeza, & Arturo, 2014), (Pérez Millán, 2009), (Dias, 2009), (Moraes et al, 2009), (Vieira & Lara, 2013) y (Sour, 2005). En este trabajo se explica cómo utilizar la cámara fotográfica del smartphone para desarrollar experimentos de cinemática por medio de un método más sencillo que los presentados en los artículos anteriores. El smartphone es un recurso de fácil manipulación por parte de los estudiantes de secundaria y de cursos universitarios básicos de física.

En este trabajo se estudian, mediante el análisis de fotografías tomadas con el smartphone, tres ejemplos: La trayectoria de un chorro de agua, el desplazamiento de un balón al ser lanzado a la canasta y el de un objeto que cae libremente, sin la necesidad de laboratorios de alto costo. El trabajo fue desarrollado por estudiantes de cuarto semestre de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Tolima en Física Fundamental I.

Método desarrollado

En esta sección se describe cómo utilizar la cámara de un smartphone para estudiar la trayectoria de cuerpos en movimiento uniforme o uniformemente acelerado. En este trabajo se tomaron fotografías a los cuerpos en movimiento, mediante celulares Samsung Galaxy J2 Pro y Galaxy J5 Prime, con pantallas de 5 pulgadas y cámaras de 8 y 13 Mega píxeles, respectivamente, ambas con flash y sistema operativo Android 7.0 (para el J2 Pro) y 7.11(para el J5 Prime). En algunos casos, fue necesario tomar varias fotografías mediante la opción *ráfaga* o *continua* del smartphone con un intervalo de 1/6 segundos.

Las fotografías se llevaron a Paint para obtener los píxeles en dos dimensiones para algunos puntos de la trayectoria del objeto. Éstos se convierten en unidades de longitud mediante la calculadora conversor disponible en <https://www.calculadoraconversor.com/pixeles-a-cm/> y se hallan las coordenadas cartesianas de estos puntos. En esta calculadora hay un espacio llamado resolución puntos por pulgada (ppp), predeterminado con 300ppp. Este valor se cambia mediante las expresiones:

$$R_{ppp} = \left(\frac{ppp_i}{p} \right) \div X \quad (1)$$

$$R_{ppp} = \left(\frac{ppp_i}{p} \right) \times X \quad (2)$$

donde ppp_i es la resolución de la imagen tomada, la cual se obtiene en propiedades de la imagen, P es la medida de la pantalla del dispositivo dada por el fabricante del celular y X es la distancia perpendicular a la que se toma la fotografía. La ecuación (1) se utiliza cuando la distancia es igual o menor a 0,5 m y la (2) se aplica cuando esta distancia es mayor a 0,5 m. Si al realizar la ecuación se obtiene una $Rppp$ con un valor de 100 o más, se divide por 10 el resultado. Una vez obtenidos los valores en cm se tabulan en Excel y se grafica.

Resultados

Experimento No. 1: Movimiento parabólico de un chorro de agua

Este experimento se desarrolló con base en lo descrito por (Sour, 2005). Inicialmente se fotografió un chorro de agua lanzado por una manguera, pero la imagen no era muy nítida debido al aspecto transparente del agua y a la resolución de la cámara. Para sobrepasar esta dificultad en un segundo intento, se tinturó el agua con colorante rojo. Luego, se colocó cinta de enmascarar sobre la pared detrás del chorro, cada 10 cm, y se tomó una fotografía a 86 cm del lanzamiento del chorro de agua expulsado por una jeringa de 50 cc (ver figura 1). La imagen obtenida se editó en Paint para obtener los píxeles, en X , Y , de los puntos seleccionados de la trayectoria. Luego, se pasan los datos a la calculadora conversor y se aplica la ecuación (2) para obtener la resolución ppp : $Rppp = \left(\frac{96}{5}\right) \times 0,86 = 16,52$, y así, calcular las coordenadas en cm de los puntos de la trayectoria. En la tabla 1 se presentan los píxeles obtenidos y su correspondiente conversión a cm.

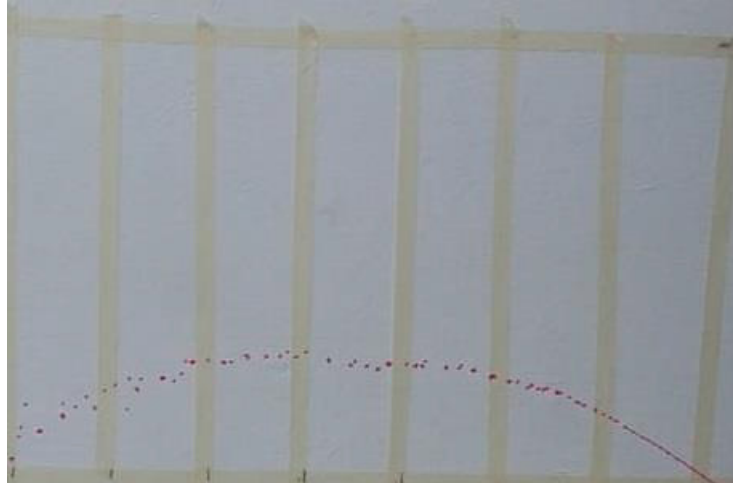


Figura 9. Fotografía de la trayectoria que realiza un chorro de agua tinturada al ser lanzada por una jeringa de 50 cc.
Fuente: Los autores.

Tabla 1. Pixeles en las direcciones X, Y, y su conversión a cm, de los puntos tomados de la trayectoria del chorro de agua.

| Px | Py | X(cm) | Y(cm) |
|-----|----|-------|-------|
| 16 | 11 | 2,46 | 1,69 |
| 73 | 46 | 11,24 | 7,08 |
| 141 | 65 | 21,71 | 10,01 |
| 202 | 79 | 31,1 | 12,16 |
| 260 | 80 | 40,02 | 12,32 |
| 313 | 74 | 48,18 | 11,39 |
| 385 | 55 | 59,27 | 8,47 |
| 420 | 33 | 64,65 | 5,08 |
| 452 | 18 | 69,58 | 2,77 |

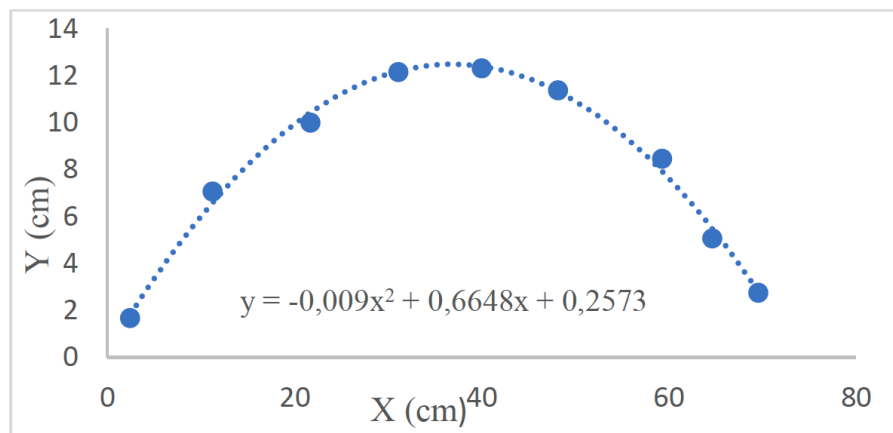
Fuente: Los autores.

En la figura 2 se presenta la trayectoria del chorro de agua obtenida en Excel, la cual corresponde a una parábola. Al comparar la expresión dada en Excel con la ecuación

$$Y = (\tan\theta)X - \frac{g}{2v_0^2(\cos\theta)^2} X^2 + y_0, \tag{3}$$

donde θ es el ángulo de lanzamiento, V_0 es la magnitud de la velocidad inicial y g es la aceleración de la gravedad ($=981 \frac{cm}{s^2}$), se obtiene que $\theta = 33,61^\circ$ y $V_0 = 280,3 \frac{cm}{s}$. A partir de las expresiones $Y_{max} = \frac{(v_0)^2 (\sin\theta)^2}{2g}$ y $R = \frac{(v_0)^2}{g} \sin 2\theta$, se obtiene que la altura máxima $Y_{max} =$ es 12,7 cm y el alcance máximo (R) 73,84 cm, respectivamente.

Figura 2. Trayectoria del chorro de agua.



Fuente: Los autores.

Experimento No. 2. Tiro parabólico de un balón.

Se realizó el lanzamiento de una pelota de baloncesto a la canasta y se tomó una secuencia de fotografías en la opción *ráfaga* de la cámara del smartphone, ubicada en un plano paralelo al del movimiento de la partícula a una distancia de 7,5 m. La distancia entre el punto de lanzamiento y el tablero es 7,10 m. La cámara tomó seis fotografías durante el movimiento (ver figura 3), las cuales se editaron en Paint para obtener los píxeles en X, Y, de algunos puntos de la trayectoria. Luego, se pasan estos píxeles a la calculadora conversor utilizando la ecuación (2) para hallar la resolución ppp: $R_{ppp} = \left(\frac{72}{5}\right) \times 7,5 = 108$. Como el resultado es mayor a 100ppp, éste se divide por 10, obteniendo 10,8ppp. Por último, los datos se tabulan y grafican en Excel. La tabla 2 muestra los píxeles obtenidos y su respectiva conversión a m.

La figura 4 presenta la trayectoria del balón obtenida en Excel, la cual corresponde a una parábola. Al comparar la expresión dada en Excel con la Ec. (3), se obtiene $\theta = 40,82^\circ$ y $V_0 = 9,28 \frac{m}{s}$. A partir de las expresiones para Y_{max} y R (dadas anteriormente) se obtiene que la altura máxima es 4,39 m y el alcance máximo que podría recorrer el balón es de 11,209 m.



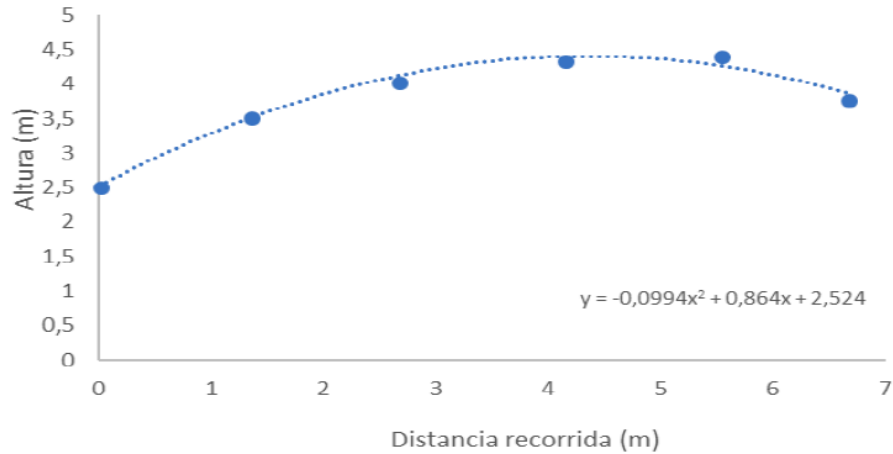
Figura 3. Fotografías de la trayectoria del balón.
Fuente: Los autores.

Tabla 2. Coordenadas en píxeles y m de la trayectoria.

| Px | Py | X(cm) | Y(cm) |
|------|------|-------|-------|
| 0 | 1077 | 0 | 2,53 |
| 573 | 1509 | 1,34 | 3,54 |
| 1133 | 1721 | 2,66 | 4,04 |
| 1761 | 1857 | 4,14 | 4,36 |
| 2349 | 1883 | 5,52 | 4,42 |
| 2833 | 1613 | 6,66 | 3,79 |
| 3025 | 1561 | 7,11 | 3,67 |

Fuente: Los autores.

Figura 4. Trayectoria del balón.



Fuente: Los autores.

Experimento No 3. Trayectoria de un objeto en caída libre.

Se deja caer una esfera de plastilina de 150 g, a una distancia de 1,50 m y se toma una secuencia de fotografías en modo ráfaga con el smartphone, a una distancia de 6,7 m paralela al movimiento. Se utilizaron cuatro fotografías (ver figura 5) que se editaron en Paint obteniendo los píxeles. Para convertir los píxeles obtenidos, se aplicó la fórmula (2):

$R_{ppp} = \left(\frac{72}{5}\right) \times 2,20 = 31,68$. Para obtener el tiempo de caída, se consultó en el servicio técnico de Movistar el número de fotografías que toma la cámara en la opción ráfaga y se encontró que ésta realiza capturas cada 1/6 segundos. Los datos obtenidos en la calculadora conversor, se llevaron a Excel donde se tabularon y graficaron (ver tabla 3 y figura 6).

Figura 5. Trayectoria de la esfera de plastilina.



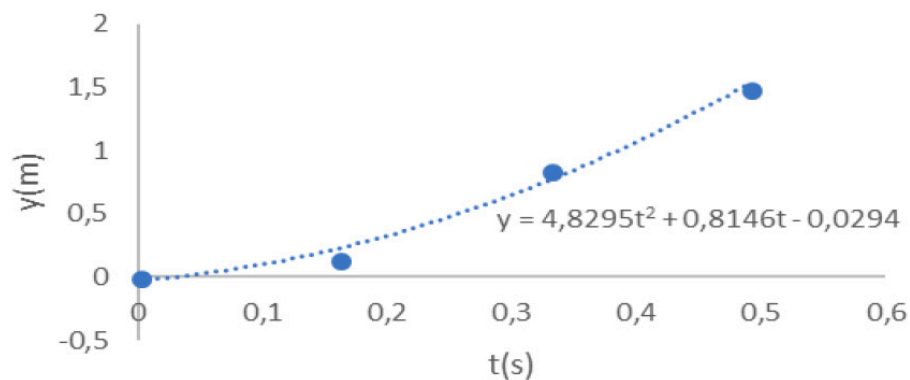
Fuente: Los autores.

Tabla 3. Coordenadas en píxeles, altura (Y) en metros (m) y tiempo (t) en segundos (s) de la caída libre de la esfera de plastilina.

| Py | Y(cm) | t(s) |
|-----|-------|------|
| 0 | 0 | 0 |
| 71 | 0,14 | 0,16 |
| 430 | 0,85 | 0,33 |
| 756 | 1,5 | 0,49 |

Fuente: Los autores.

Figura 6. Trayectoria de la esfera de plastilina.



Fuente: Los autores.

A partir de la fórmula obtenida en Excel para Y vs t (ver figura 6) se calcula el valor de la gravedad comparando con la ecuación $Y = V_0 t - \frac{1}{2} g t^2 - Y_0$, obteniendo como resultado $9,659 \frac{m}{s^2}$. Al comparar con el valor estándar de $9,81 \frac{m}{s^2}$ se obtiene un error relativo de 1,5 %.

Conclusiones

En este trabajo se usó la cámara fotográfica del smartphone como herramienta para estudiar el movimiento uniforme acelerado. Se tomaron fotografías a tres movimientos: a un chorro de agua, al lanzamiento parabólico de un balón y a la caída de una esfera. Los resultados obtenidos coinciden, con buena aproximación, con la teoría presentada en los libros de física. Esta herramienta permite, por una parte, la incorporación de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje de la física, articulando teoría y práctica sin necesidad de laboratorios sofisticados y costosos. Por otra parte, incrementa el interés del estudiante por la física permitiendo reforzar, verificar y analizar temas vistos en clase. Estas actividades toman un papel importante en docentes en formación, como es el caso de los autores del presente trabajo, ya que contribuye a sus capacidades didácticas al enseñar la física.

Referencias

- Calderón, S., Núñez, P., & Gil, S. (2008). La cámara digital como instrumento de laboratorio: Estudio del tiro oblicuo. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* 3(1), 87-92.
- Dias, M., Amorim, H., & Barros, S. (2009). Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(3), 492-513.
- Gil, S. (2014). La cámara digital como instrumento de medición en el laboratorio. En S. Gil, *Experimentos de Física de bajo costo, usando TIC's*, 138-154. Buenos Aires, Argentina: Alfaomega.
- Monteiro, M., Cabeza, C., & Arturo, C. M. (2014). Con la Física a todas partes: experiencias utilizando el teléfono inteligente. *Educación en Física (A.P.F.U)*, 8(4), 17-26. Obtenido de https://www.ort.edu.uy/fi/pdf/con_la_fisica_a_todas_partes.pdf
- Moraes, E.P., Gomes, E.S., Sampaio, A.R., Mendes, A.F., Costa, V.L.L., & Viscovini, R.C. (2009). Utilização de máquina fotográfica digital (multi-burst) para aulas experimentais de cinemática - queda livre. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 31(3), 3504.
- Pérez Millán, C. (2009). Ciencia red creativa. Obtenido de *Uso de una cámara digital para estudiar la caída de los cuerpos/ Uso de Nuevas Tecnologías en la Enseñanza de la Física*. Obtenido de http://www.cienciaredcreativa.org/especiales/Informe_ceciliaPM2k9.pdf
- Sour, G. C. (2005). Divertimento acuático, estudio del tiro oblicuo usando un chorro de agua. Obtenido de *Ciencia red creativa*: Obtenido de http://www.cienciaredcreativa.org/especiales/agua_sour.pdf
- Vieira, L.P., & Lara, V.O.M. (2013). Macrofotografia com um tablet: aplicações ao ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(3), 1-5.