

## Cálculo de la gravedad usando Tracker

Andrés Felipe Cardozo Ospina

Cristian Julian Carrillo Rios

### Resumen

La caída libre es un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, en el cual: un objeto se deja caer libremente o se lanza verticalmente hacia arriba, y posteriormente cae al suelo. Es allí que podemos ver a la gravedad actuando. Precisamente es esto lo que se hizo en el experimento; se hizo un video con un trípode, para que el video estuviera recto; se utilizó una pelota como objeto, para poder medir su velocidad y con ella la gravedad; y por último, se utilizó una medida específica, para los cálculos aproximados de la velocidad. Luego, este video se analizó con un programa llamado Tracker que gracias a su seguimiento automático, nos permite hacer cálculos aproximados de la gravedad, y nos da sus gráficas correspondientes.

### Abstract

Free fall is a uniformly accelerated rectilinear motion, in which: an object is dropped freely or thrown vertically upwards, and subsequently falls to the ground. This is where we can see gravity at work. This is precisely what was done in the experiment; a video was made with a tripod, so that the video was straight; a ball was used as an object, so that its velocity and with it gravity could be measured; and finally, a specific measurement was used, for the approximate calculations of the velocity. Then, this video was analyzed with a programme called Tracker which, thanks to its automatic tracking, allows us to make approximate calculations of gravity, and gives us the corresponding graphs.

**Palabras clave:** Caída libre, Movimiento, Velocidad, Gravedad, Programa Tracker, Seguimiento automático

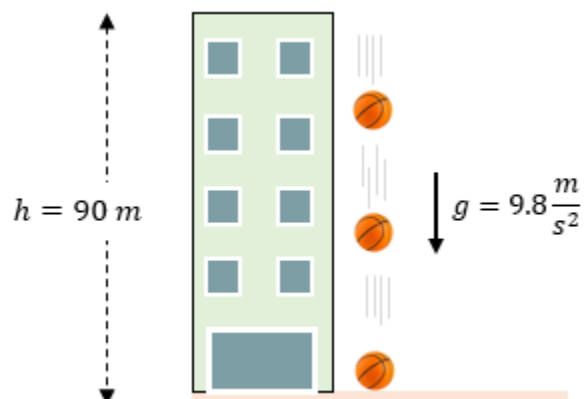
**Keywords:** Freefall, Motion, Speed, Gravity, Tracker Programme, Auto-Tracking

## Marco teórico

La caída libre es un movimiento en el cual se deja caer un objeto libremente desde cierta altura, o se lanza verticalmente hacia arriba; con el objetivo de que vuelva a caer. Y mientras este cae, no hay ningún obstáculo que se interponga en su camino y lo interrumpa; es por esto que es libre. Se considera un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, porque el objeto cae en línea recta hacia abajo; sin embargo, no solo se le atribuye este nombre por esta razón. Sino que al ser libre no hay otra fuerza que no sea la gravedad que actúe sobre él, por lo tanto, tiene una aceleración constante. Que equivale a  $9.8 \text{ m/s}^2$  (José, 2023)

### Figura 1

*Movimiento de caída libre*

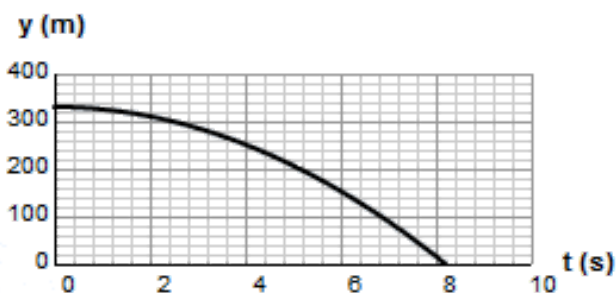


*Nota. Figura demostrativa. Fuente: <https://www.fisimat.com.mx/caida-libre/> (Julián, 2014)*

En caída libre, la gráfica de posición contra tiempo. Debe ser una curva hacia abajo, ya que, una curva en una gráfica de posición-tiempo indica que hay aceleración. La curva debe ser hacia abajo y no hacia arriba, pues nos indica que el cuerpo está dirigido hacia abajo, y también nos permite ver que la velocidad es cada vez más negativa (Educaplus, 2023).

## Figura 2

Gráfica teórica de posición contra tiempo en el movimiento de caída libre



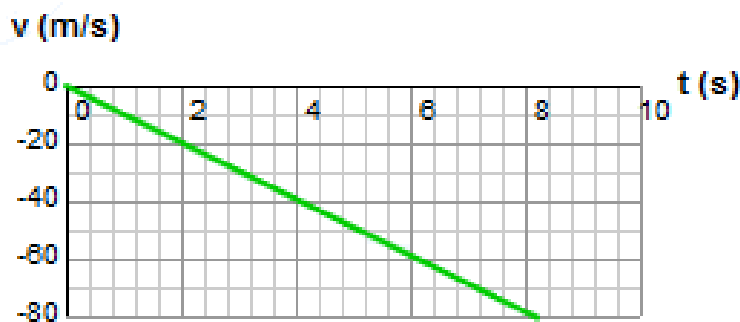
Nota. Figura demostrativa. Fuente: [https://www.educaplus.org/movi/4\\_2caidalibre.html](https://www.educaplus.org/movi/4_2caidalibre.html)

(Educaplus, 2023)

En una gráfica de velocidad-tiempo una recta nos indica que la aceleración es constante, es decir que la variación de su velocidad en tiempos proporcionales es constante. Además, la recta hacia abajo indica una aceleración negativa, puesto que nos está diciendo que la gravedad está haciendo una fuerza sobre un objeto que no le permite a un objeto seguir subiendo libremente (Educaplus, 2023).

## Figura 3

Gráfica teórica de velocidad contra tiempo en el movimiento de caída libre



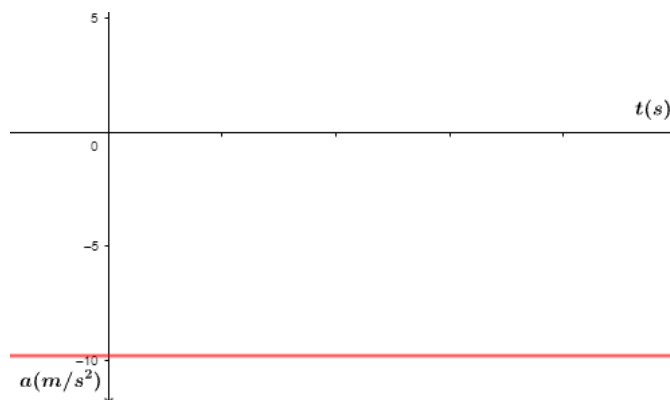
Nota. Figura demostrativa. Fuente: <http://www.educaplus.org/movi/index.html> (Educaplus, 2023)

En la caída libre la gráfica de aceleración-tiempo debe ser una línea recta, ya que la aceleración en todo momento es la misma, puesto que en todo momento la única fuerza que

actúa es la gravedad, y esta es la misma en todo momento. Además se le llama caída libre porque solo depende de la gravedad (Educaplus, 2023).

#### Figura 4

Gráfica teórica de aceleración contra tiempo en el movimiento de caída libre



Nota. Figura demostrativa. Fuente:

<https://www.educaplus.org/game/graficas-de-la-caida-libre> (Educaplus, 2012)

Las fórmulas de este movimiento son:

$$v_f = v_0 + g \cdot t$$

$$t = \frac{v_f - v_0}{g}$$

$$v_f^2 = v_0^2 + 2g \cdot h$$

$$h = v_0 \cdot t + \frac{1}{2}g \cdot t^2$$

Donde:

$v_0$  = Velocidad inicial en (m/s) **\*en este caso vale 0\***

$v_f$  = Velocidad final en (m/s)

$g$  = Gravedad ( $9.8 \text{ m/s}^2$ )

$t$  = Tiempo (s)

$h$  = Altura (m)

Teniendo estas fórmulas, podemos despejar un dato desconocido y hallarlo según los datos conocidos (Rodríguez Portilla, 2016).

Según la universidad nacional de Colombia la cual hizo una medición de la gravedad en el observatorio de Geofísica dirigido por Wilches Ruiz (1945), “Siendo la gravedad adoptada para Bogotá (pilastra del Observatorio, en la Ciudad Universitaria).

$g = 977.412 \text{ cm/seg}^2$ ”. Es decir, que con los métodos y medidas de la UNAL el valor de la gravedad en Bogotá es de:  $9.77 \text{ m/s}^2$

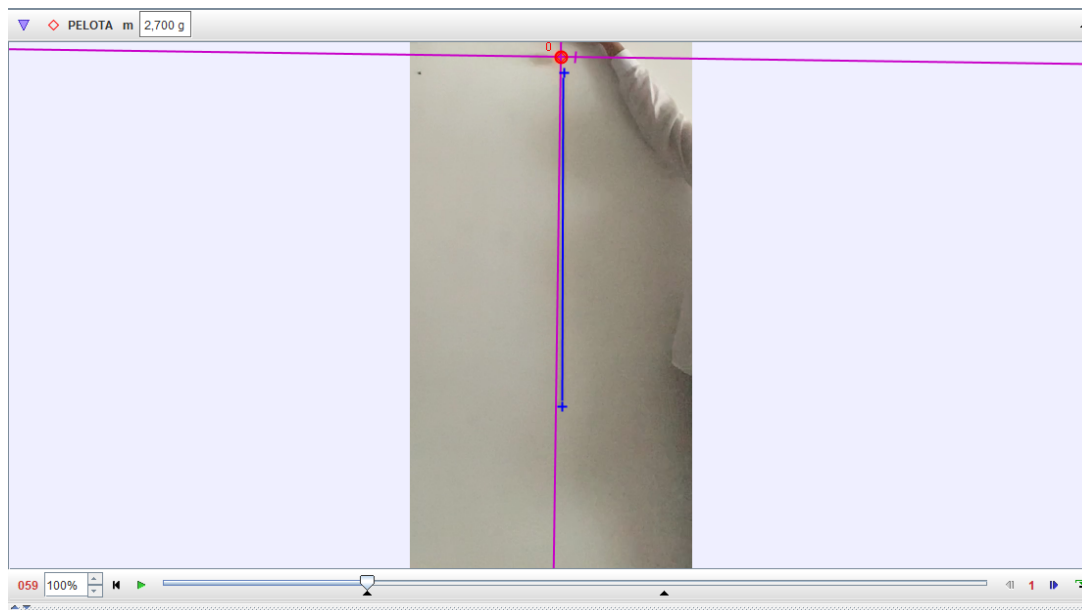
### **Descripción del experimento**

Se empezó realizando un video, en el cual se lanzó una pelota para poder hallar su aceleración en la caída para conocer la gravedad implantada sobre ella; este video se grabó en cámara lenta a  $240 \text{ Fps}$  en HD. Posteriormente, se procedió a pasar el video a Tracker -es un programa que gracias a su auto-tracking nos ayuda a hacer los cálculos más precisos de la gravedad con gráficas incluidas-, en este programa tuvimos que agregar la altura o una medida de referencia para que el cálculo fuera más exacto. Luego, se recortó el video iniciando en 59 frames y terminado en 145 frames, o sea, que el video quedó con un total de 85 frames.

Después se tuvo que agregar la vara de calibración, que servía para medir más exactamente en el caso de que el movimiento no este derecho o se desplace en X un poco en el transcurso del video. Por último, agregamos el radio de la pelota o lo seleccionamos para que el autotracking pueda detectar la pelota durante su caída y así poder medir correctamente el tiempo que se demora en caer con sus respectivas gráficas.

## Figura 5

*Vídeo movimiento de caída libre usando el Tracker*



*Nota.* Figura demostrativa. Fuente: Autoría propia usando Tracker

<https://physlets.org/tracker/>

El video fue grabado con Iphone XR, el cual cuenta con una cámara de 12Mpx y es capaz de grabar en 4K a 60 Fps. Sin embargo, se grabó en cámara lenta por lo cual se grabó en HD a 240 Fps. Se utilizó una pelota de ping pong de aproximadamente 2,7g de peso. También se utilizó una cinta como medida de referencia la cual tenía una medida de 1m. Por último, se utilizó un trípode casero el cual consistió en apoyar el celular contra una pared y tener una superficie recta.

### Resultados

Para saber los resultados obtenidos en el experimento, se tuvo que analizar cada una de las gráficas con sus respectivos valores. Para ello, se tuvo que tener en cuenta a cada uno de los valores arrojados por el programa y las estadísticas proporcionadas por el programa.

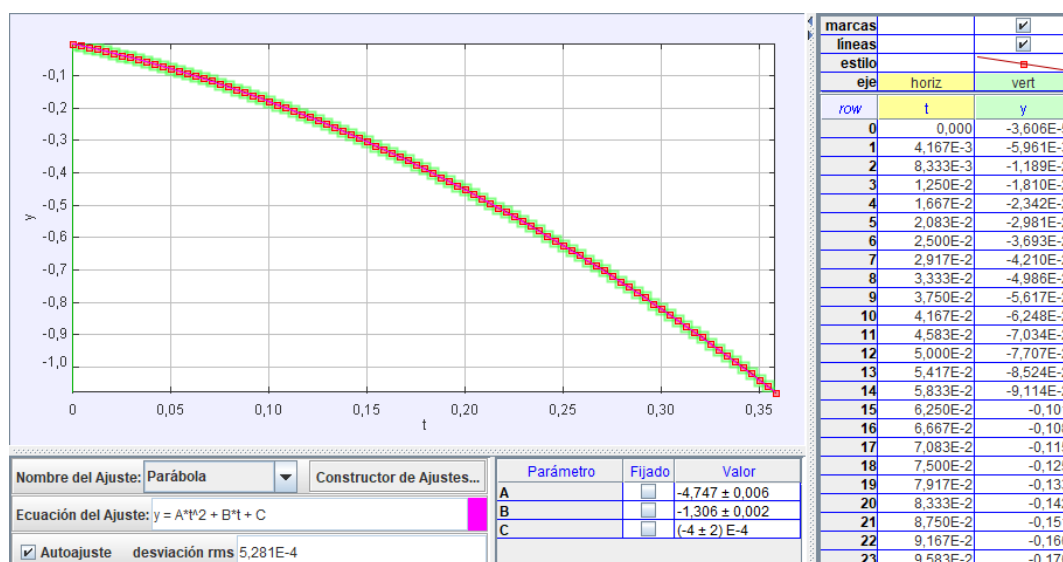
Por tanto, a continuación se hará el análisis de cada una de las gráficas, con diferentes variables para evaluar la precisión del experimento y su posible veracidad.

Para empezar, analizaremos la gráfica de Posición vs Tiempo. En la gráfica de posición-tiempo, es evidente una curva descendente lo cual indica que la pelota va hacia abajo y que su velocidad es cada vez más negativa, a causa de la gravedad. Lo cual nos deja ver que el experimento se hizo correctamente, puesto que la desviación estándar es un valor muy pequeño (0,0005281), o sea que la dispersión de los datos es muy pequeña.

La gráfica tiene aplicado un molde de parábola perfecta, y se alcanza a ver que la gráfica cumple casi a cabalidad el molde. La fórmula por la cual se rige la gráfica de ajuste corresponde a una ecuación cuadrática ( $ax^2 + bx + c$ ). Para hacer esta gráfica de ajuste, el programa nos da los valores de "a", de "b" y de "c". Sin embargo, solo se toma en cuenta el valor de "a", puesto que "b" y "c" son muy insignificantes con respecto a "a". Por lo cual, se toma el valor de "a" (-4,753), el cual al multiplicarse por 2, nos da un valor aproximado del valor de la gravedad obtenido en el experimento.

## Figura 6

*Gráfica práctica de posición contra tiempo usando Tracker*



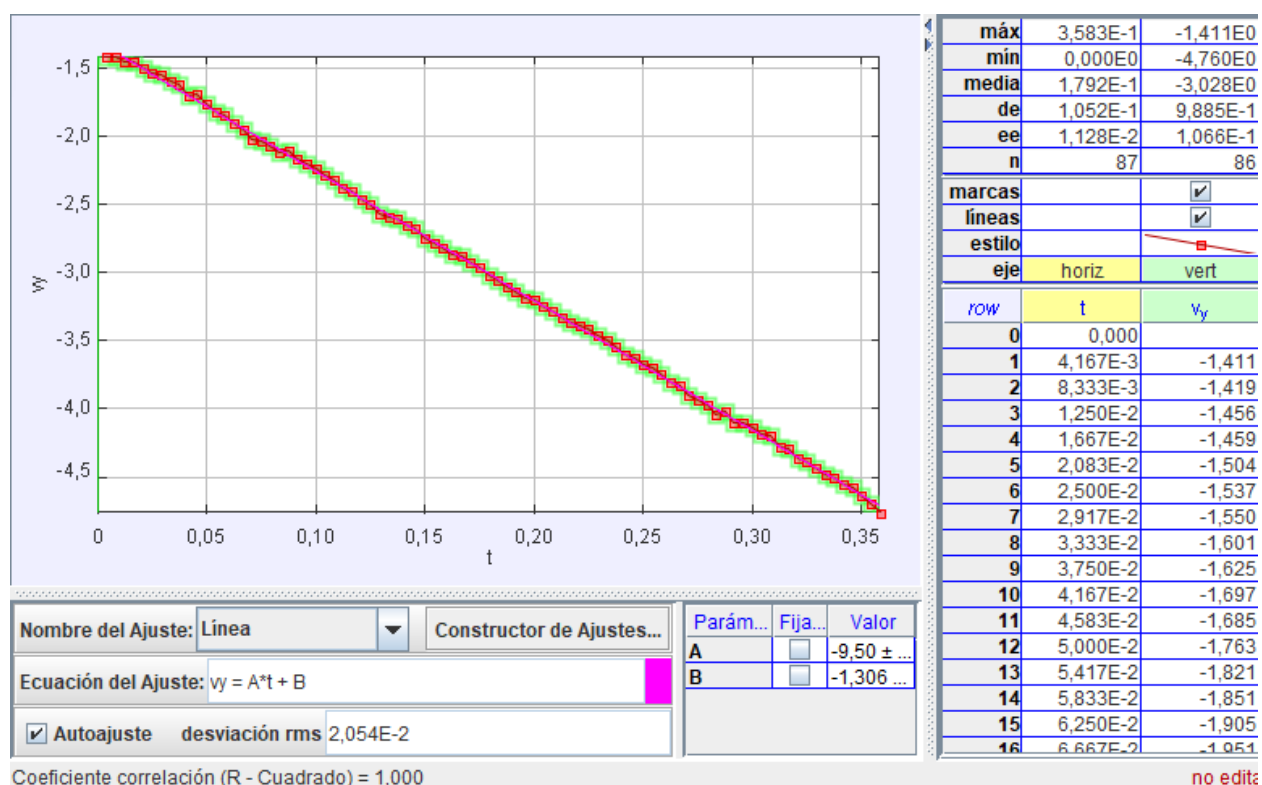
Nota. Figura demostrativa. Fuente: Autoría propia usando Tracker <https://physlets.org/tracker>

En la gráfica de velocidad-tiempo, una línea recta indica que hay una aceleración constante y como está hacia abajo nos indica que la aceleración es negativa, ya que, la gravedad hace que la pelota se acerque al suelo y que por ende su altura disminuye. Al igual que la anterior, en esta también se utilizó una ajuste, pero en este caso fue lineal. La ecuación que se usó para este ajuste fue:  $(a \cdot t + b)$ , la cual corresponde a una ecuación lineal.

El coeficiente de correlación o “r” es 1, lo cual nos indica que la correlación entre las dos variables es perfecta. Esto nos permite conocer la precisión del experimento. Al ser 1, nos deja ver que el experimento tiene una muy buena precisión..

### Figura 7

Gráfica teórica de velocidad contra tiempo usando Tracker



Nota. Figura demostrativa. Fuente: Autoría propia usando Tracker <https://physlets.org/tracker>

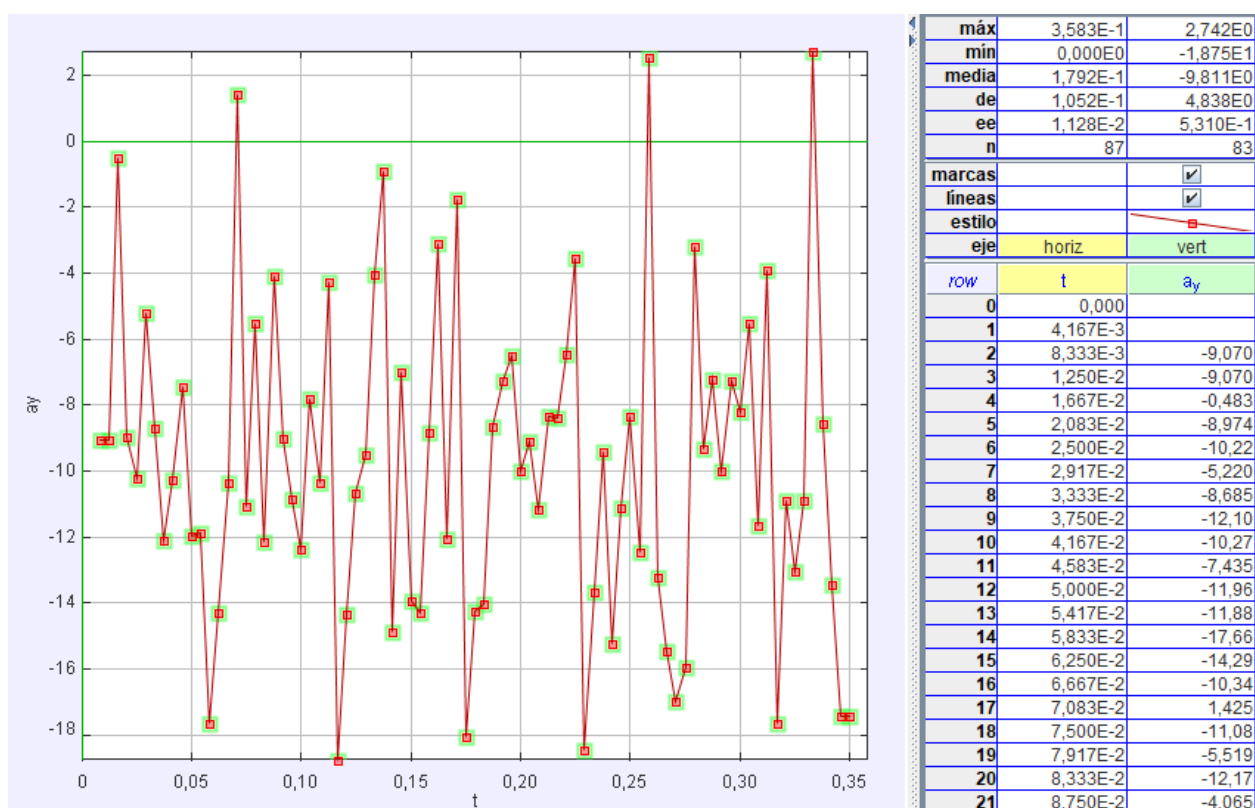
La gráfica aceleración vs tiempo en la caída libre debe ser una línea recta o constante puesto que, la aceleración siempre es la misma, ya que es la gravedad, y siempre es la misma.

Sin embargo, nos resulta una gráfica desordenada. Ya que, al estar en cámara lenta el programa no alcanza a calcular muy bien la aceleración del objeto, pero si nos damos cuenta, la gráfica va en una sola dirección, horizontal.

A pesar de todo esto, la media de todos los datos nos da la gravedad que resulta del experimento. En nuestro caso, la gravedad nos da un valor muy cercano al promedio mundial y se asemeja bastante al valor de la gravedad proporcionado por la Universidad Nacional de Colombia. Puesto que, nos resulta una media de  $(-9,811)$  con una desviación estándar de  $0,1052$ .

**Figura 8**

*Gráfica teórica de aceleración contra tiempo usando Tracker*



*Nota.* Figura demostrativa. Fuente: Autoría propia usando Tracker <https://physlets.org/tracker>

En la gráfica de posición vs tiempo; la gravedad que nos arroja es de  $-9,506$ . Este resultado se obtiene de multiplicar el valor de "a" en la gráfica por 2. En este caso el valor de "a" fue  $-4,753$ .

En la gráfica de velocidad vs tiempo; el valor de la gravedad es  $-9,50$ . Puesto que este valor corresponde a "a".

En la gráfica de aceleración vs tiempo; el valor de la gravedad es el mismo que la aceleración del movimiento. Por lo cual, se puede tomar el valor de la media de todos los datos, y esta nos dice que es de  $-9,811$

### **Conclusiones**

El resultado ( $-9,811$ ) fue un valor muy cercano al calculado por la UNAL. Puesto que, se siguió al pie de la letra los parámetros para realizar correctamente el experimento. Además el celular con el que fue grabado nos proporciona una excelente calidad, le permitió al programa reconocer los frames fácilmente .

Otro dato relevante de la precisión de estos resultados, fue que en el programa se podían determinar los algoritmos con los que el programa realiza los análisis de los datos. Una forma era por diferencia finita y la otra era la detección de límites. En este caso, se utilizó la detección de límite, ya que, esta nos da un resultado más concreto debido a que le da un valor o un intervalo a la función estableciendo los limitantes de esta. En cambio, la otra evaluaba todos los datos posibles aproximando los datos al valor cercano. Por lo cual, daba un análisis más amplio.

Por todo esto, concluimos que la clave de este experimento fue seguir a cabalidad los parámetros establecidos y experimentar un poco con el programa, para conocer sus diferentes herramientas dispuestas para hacer un mejor análisis.

## Bibliografía

*BibGuru*. (2013). Bibguru.com.

<https://app.bibguru.com/p/d8466049-eebd-4689-9c55-57e0379f62a5>

Douglas Brown, Wolfgang Christian, Robert M Hanson. (2011). *Tracker*.

<https://physlets.org/tracker/>

Educaplus. (2012). *Gráficas de la caída libre*. Educaplus.

<https://www.educaplus.org/game/graficas-de-la-caida-libre>

Educaplus. (2023). *Caída libre*. Educaplus.org. <http://www.educaplus.org/movi/index.html>

Julián, C. (2014, noviembre 2). *Caída Libre - Ejercicios Resueltos*. Fisimat | Blog de Física y

Matemáticas; Fisimat. <https://www.fisimat.com.mx/caida-libre/>

*Movimiento: Caída libre*. (2022). Gcfglobal.org.

<https://edu.gcfglobal.org/es/movimiento/-caida-libre/1/>

Rodriguez Portilla, M. (2016). *MOVIMIENTO DE CAÍDA LIBRE M.C.L - APRENDIENDO MÁS DE FISICA*. Google.com.

<https://sites.google.com/site/elpasadodelafisica/9-movimiento-de-caida-libre-m-c-l>

Wilches Ruiz, B. (1945). *DETERMINACIONES MAGNETICAS y GRAVIMETRICAS EN LA COSTA ATLANTICA (1)*. Edu.co.

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/revistaun/article/viewFile/13221/13900>