



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS  
MECÁNICA

**Obtención de “g”**

INTEGRANTES:

Murrieta Villegas Alfonso  
Reza Chavarría Sergio Gabriel  
Valdespino Mendieta Joaquín

GRUPO: 8

CD. UNIVERSITARIA

Agradecimientos a la división de Ciencias Básicas, Coordinación de Álgebra Lineal por el Excel ocupado en el apartado de análisis mediante Mínimos Cuadrados y a nuestro profesor de Álgebra Lineal Francisco Barrera del Rayo por su gran apoyo y ayuda en el análisis de este proyecto.

## Índice

INTRODUCCIÓN .....	2
OBJETIVO .....	2
CONSIDERACIONES .....	2
1. Ángulo de grabación.....	2
2. Estabilización y cuadros por segundos en la grabación.....	3
3. Deformación del objetivo.....	3
DESARROLLO .....	4
ANÁLISIS DE LOS DATOS Y MODELADO.....	5
MÉTODO 1. OBTENCIÓN MEDIANTE GRÁFICA DE TIEMPO – DESPLAZAMIENTO.....	5
MÉTODO 2. OBTENCIÓN MEDIANTE PROMEDIOS DE ACELERACIÓN. ....	6
CONCLUSIONES .....	7
Bibliografía.....	7

## VALOR DE “G”

### INTRODUCCIÓN

La llegada de la era digital revolucionó todo lo que se conocía en el mundo, desde la forma en que se hacen o funcionan los objetos hasta incluso como es que podemos realizar análisis u operaciones matemáticas de una forma más fácil a través de la distinta variedad de softwares que existen.

La presente práctica tiene la finalidad de hacer un análisis y obtener el valor de la aceleración de la gravedad a través del uso de uno de los softwares más conocidos dentro del análisis de fenómenos físicos conocido como Tracker.

### OBJETIVO

- a. Determinar el valor de g mediante el uso del programa Tracker.

### MATERIALES

1. Pelota de softbol
2. Tripie marca Manfroto
3. Cámara Sony Alfa 68
4. Objetivo Sony 50 mm 1.8/f
5. Nivel electrónico (Aplicación nativa de MIUI 7.1242)
6. Tracker versión 5.0.3

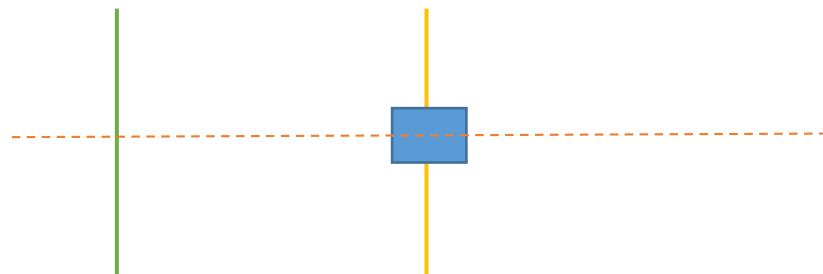
### CONSIDERACIONES

Debido a que ya se tenía experiencia previa en el uso de tracker, para determinar de manera más precisa el valor de la aceleración de la gravedad se consideraron algunas variables que afectaban de manera indirecta en la determinación de ésta, a continuación, se explicarán las variables y las maneras en que éstas se omitieron.

#### 1. Ángulo de grabación

El ángulo de grabación del video realmente es importante ya que en el caso de que se tengan planos que no sean paralelos lo que tenemos es una mala proyección de las distancias (menos precisa) que estamos

planteando con respecto al video grabado. Realmente es necesario obtener un plano totalmente paralelo de la grabación con respecto a la caída del objeto porque de esta forma precisamos todo el desplazamiento del objeto durante su caída, además de tener una mayor precisión en las unidades que se usarán para el pos-análisis en tracker (Ver esquema 1).



Esquema 1: De color verde el plano de caída del objeto, de color amarillo el plano de grabación (El cuadro azul es la representación de la cámara (Sony Alfa 68) y de color rojo (línea punteada) la línea de acción de grabación de la cámara justo a la mitad de ambos planos paralelos).

NOTA: Para llevar a cabo este apartado lo que hicimos fue utilizar un nivel digital (Aplicación de celular) para de esa forma determinar el ángulo de grabación en  $0^\circ$ , además de que colocamos la cámara a la mitad de la altura total de recorrida por la pelota.

## 2. Estabilización y cuadros por segundos en la grabación

Otro aspecto importante y que sobretodo puede beneficiar muchísimo en el análisis dentro de tracker es la estabilización de la grabación del video además de disponer de una mayor tasa de guardado de cuadros por segundo.

El estabilizar el video otorga la ventaja de que no habrá movimientos innecesarios en el eje x durante de la grabación, además de que de esta forma lo único que se mueve es solamente el objeto. Por otro lado, una mayor tasa de grabación (Cuadros por segundo) permiten que el video pueda ser analizado por tracker de una manera más precisa debido a que los algoritmos de movimiento a través de la detección de píxeles se basan principalmente en los cuadros por segundo de la grabación.

## 3. Deformación del objetivo

Lo que sucede dentro de esta variable es que todas las lentes independientemente de que sean de un teléfono o una cámara tienen un ángulo de visión que indirectamente distorsionan el plano que se está grabando, para poder tener la menor deformación del plano que se iba a grabar se determinó utilizar un objetivo 50 mm 1.8f de Sony el cual tiene un ángulo de visión de  $32^\circ$ , pese todavía se caracteriza por ser un gran angular es mucho mejor que cualquier objetivo mayor a  $50^\circ$  ya que estos se caracterizan por deformar las líneas rectas<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Para mayor información de la deformación por parte de los objetivos puede buscar ejemplos como son las lentes ojo de pez o también las lentes grandes angular como un 16 mm u 8 mm.

## DESARROLLO

Considerando todas las variables mencionadas anteriormente, lo primero que se hizo fue colocar la cámara encima de un trípode de manera que se encontrara totalmente estática y paralela con respecto a la caída del objeto (Para determinar que estuviera paralelo lo mediante un nivel se trató que tuviera un ángulo respecto al suelo de 0 grados). Posteriormente se pegó una regla en la pared (Como referencia de medida para el análisis en tracker) y se grabaron las escenas que fueron pasadas a la computadora para el análisis dentro de tracker.



Imagen 1: Determinación del punto de origen de la caída y relación de unidades dentro del video (De a amarillo regla de 30 cm como referencia para la determinación de unidades dentro del video en Tracker)

Una vez importado el video dentro de tracker lo primero que se determinó fue el eje de coordenadas que sería utilizado durante todo el análisis para eso se inclinó -0.07 el eje Y para que de esta forma se precisara el análisis. Después, se determinó la sección de 30 cm (La regla pegada a la pared (Checar video)) para poder definir las unidades de movimiento de la pelota. También se determinaron los cuadros (frames) correspondientes al inicio y fin de la caída del objeto.



Imagen 2: Determinación de la escala entre pixeles y metros, colocación del sistema de referencias y asignación de propiedades a la pelota naranja.

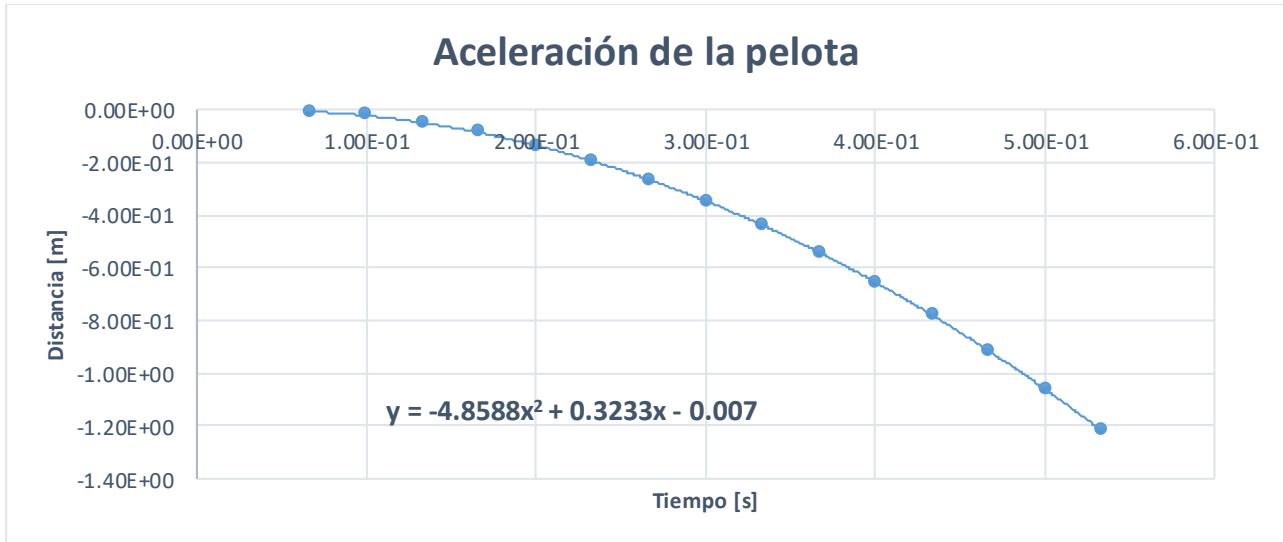
Posteriormente, se delimitó el área de pixeles de la pelota para tracker pudiera determinar y dar datos hacer del movimiento de ésta, a su vez también se determinaron datos de la aceleración del objeto durante el tiempo en que este tenía movimiento.

## ANÁLISIS DE LOS DATOS Y MODELADO

### MÉTODO 1. OBTENCIÓN MEDIANTE GRÁFICA DE TIEMPO – DESPLAZAMIENTO

Una vez obtenidos los datos de desplazamiento de la pelota en el eje Y respecto al tiempo se pasaron a un documento de Excel (Análisis\_Excel) para poder graficar y analizar el fenómeno físico (Caída libre).

Lo primero que se realizó fue una gráfica de dispersión, posteriormente, se le aplicó una línea de tendencia a los datos de la gráfica, esto con el propósito de utilizar los algoritmos de ajuste que nos proporciona Excel para poder analizar nuestro conjunto de datos (Ver gráfica 1).



Gráfica 1: Gráfica de aceleración de la pelota usada en el experimento, en el eje Y la distancia en metros y en el eje X el tiempo dado en segundos.

Debido a que estamos hablando de la aceleración (Gravedad) tomamos en cuenta que la línea de tendencia debía tener un comportamiento polinómico de segundo grado, sin embargo, para poder precisar nuestros datos y línea de tendencia se determinó excluir los 2 primeros datos y los 2 últimos datos, de esta forma y como resultado final obtuvimos la siguiente ecuación:

$$d = -4.8588t^2 + 0.3233t - 0.007$$

La cual está directamente ligada a la ecuación de segundo grado de la caída libre (Hablamos del mismo fenómeno físico):

$$Y = -\frac{1}{2}gt^2 + Y_0$$

Recordemos que dentro de esta ecuación Y hace referencia al desplazamiento, g es la magnitud de la gravedad y  $Y_0$  es la ordenada al origen o punto de inicio del fenómeno, de esta forma, posteriormente,

asociamos los valores de los coeficientes de ambas ecuaciones, para poder determinar el valor de la gravedad.

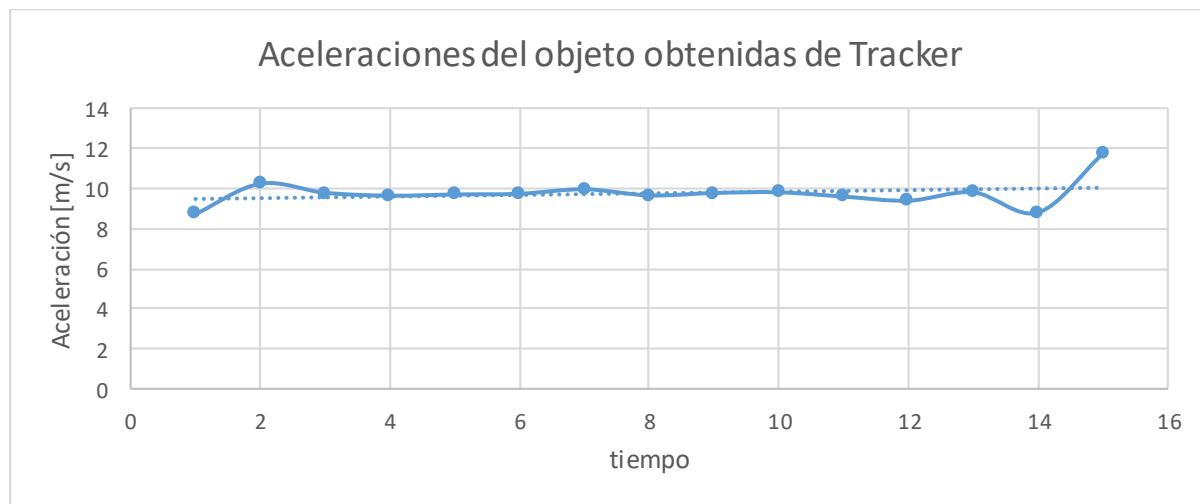
$$-\frac{1}{2}gt^2 = -4.8588t^2; \quad -\frac{1}{2}g = -4.8588; \quad g = (4.8588)(2) \cong 9.7176$$

De esta forma y como resultado final de nuestro análisis obtuvimos que la aceleración de la gravedad en la Ciudad de México es de aproximadamente 9.7176 [m/s<sup>2</sup>]

## MÉTODO 2. OBTENCIÓN MEDIANTE PROMEDIOS DE ACELERACIÓN.

NOTA: Para este método se obtuvieron aceleraciones medias entre el desplazamiento de la pelota a través de una función dentro de Tracker.

Una vez dadas las distintas aceleraciones de la caída del objeto y sabiendo que la aceleración es constante\* se pasaron los datos a Excel para poder determinar un promedio de las aceleraciones. A continuación, se muestra la gráfica de las aceleraciones de la pelota durante su caída.



Gráfica 2: Aceleraciones obtenidas de análisis de tracker (De color azul y punteada la aproximación (promedio) de la gravedad obtenida a través de una línea de ajuste en Excel.)

Como resultado final obtuvimos que la aceleración de la gravedad es de aproximadamente 9.75 [m/s<sup>2</sup>] (promedio de las aceleraciones).

## CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo hemos aprendido que la llegada de la era digital nos proporcionó un sinfín de oportunidades y softwares que están destinados principalmente a la resolución de problemas o al análisis de fenómenos que sin estos sería realmente más complejos de resolver.

Tracker es uno de los programas más conocidos de análisis de fenómenos físicos, para esta práctica se utilizaron los datos obtenidos de este programa para poder obtener la aceleración de la gravedad a través de 2 métodos.

El primer método se caracterizó por usar directamente los valores de desplazamiento de la pelota con respecto al tiempo, mientras que en el segundo método a través del promedio de aceleraciones obtenidos mediante tracker (Un método más directo pero automático).

Para poder conocer los errores del “MÉTODO 1. OBTENCIÓN MEDIANTE GRÁFICA DE TIEMPO – DESPLAZAMIENTO” (que se obtuvo de manera manual) respecto al valor de la CDMX se empleó un Excel de la coordinación de Álgebra lineal de la Facultad de Ingeniería de la UNAM para poder ver mediante el análisis y ajuste de mínimos cuadrados los errores de proyección de los vectores error de nuestro experimento<sup>2</sup>, como se puede ver en la hoja de cálculo “Aceleración (Obtención manual)” del archivo Excel “AJUSTE\_MÍNOMOS CUADRADOS” el error total entre las medidas obtenidas fue de 0.1879%, lo cual afirma la enorme fiabilidad de nuestros datos obtenidos y de la gran importancia de las variables que se consideraron al momento de obtener los datos en la grabación.

Sin duda, este programa y muchos otros abren no solamente la posibilidad de optimizar y reducir tiempos al momento de realizar análisis físicos, sino que facilitan a su vez la comprensión de estos a los estudiantes.

Por último y como comentario, realmente el Álgebra Lineal tiene muchísimas aplicaciones en todo el mundo matemático, incluso de forma implícita dentro de muchos algoritmos, procedimientos o fórmulas de obtención y análisis de datos de distintos fenómenos físicos.

## Bibliografía

- Frederick J. Bueche. Fundamentos de Física 1. México. McGraw Hill
- Paul E. Thippens. Física conceptos y aplicaciones, 7° edición. México, McGrawHill 2010.
- ESAD. *Física. Práctica 1. Tracker tutorial Caída libre de balón*. Recuperado el 25 de abril de 2018 a las 13:59 de <http://www.youtube.com/watch?v=xsvy0yUrPE>

---

<sup>2</sup> Para poder conocer más acerca de la proyección de vectores en sub-espacios vectoriales se recomienda leer el tema en algún libro de Álgebra Lineal.