

Estimando la fuerza de fricción en la caída de una servilleta

Miguel Stiven Ascanio Quinchia

Escuela de Física

Universidad Industrial de Santander

Bucaramanga, Colombia

8 de mayo de 2023

Índice

1. El problema	2
2. El experimento	2
3. Las mediciones	2
4. La simulación	2
4.1. Caída con fricción despreciable	3
4.1.1. Media y desviación estándar	3
4.1.2. Calculando la gravedad	3
4.1.3. Datos experimentales vs teóricos	4
4.2. Caída con fricción significativa	4
4.2.1. Media y desviación estándar	4
4.2.2. Datos experimentales vs teóricos	5
4.2.3. ¿Como afecta la fricción a una servilleta cayendo?	6
5. Resultado y conclusiones	7

Resumen

El objetivo de este proyecto es determinar la fuerza de fricción que actúa sobre una servilleta extendida al caer, para ello, se realizarán un experimento en el que se dejará caer una servilleta tanto en su forma extendida como en forma comprimida. La medición se hará usando “Tracker” y con el fin de reducir el margen de error, haremos las mediciones 10 veces. Por último, podremos comparar los resultados y con el uso de formulas determinar la gravedad y el coeficiente de viscosidad del fluido (el aire) de nuestro ambiente, para así, por último, poder calcular como afecta la fricción a la caída de una servilleta.

1. El problema

El problema que planteamos es simple, queremos determinar cómo afecta la fricción a una servilleta cayendo, esto lo haremos a través de una serie de experimentos con una servilleta comprimida y una extendida. Parece obvio que la servilleta extendida caerá de manera más lenta, pero ¿Que acaso no deberían caer igual? Pues la gravedad para ambas es la misma, pues esa es una de las dudas principales de este proyecto, determinar cuál es esa fuerza que hace que la servilleta extendida caiga de manera más lenta que la comprimida, entonces, ¿Cómo abordaremos el problema? ¿Qué que herramientas usaremos para la medición? ¿De que formulas haremos uso para encontrar la fuerza de fricción? Eso y mas preguntas resolveremos a lo largo de este ensayo, así que, sin más, manos a la obra con el experimento.

2. El experimento

Para realizar el experimento, son dos los casos que debemos tener en cuenta, uno con la servilleta extendida y otro con la servilleta comprimida, cada experimento lo vamos a grabar 10 veces por lo que tendremos un total de 20 videos, y se preguntaran “Miguel ¿Por qué tantos?” bueno, es simple en realidad, si grabáramos una sola vez cada experimento, el margen de error es muy grande, por lo que el resultado seria poco preciso, al grabarlo 10 veces, reducimos este margen de error y obtendremos un resultado más acertado. Por otro lado, para garantizar unas medidas más exactas, tendremos que intentar que el ambiente donde se realizara el experimento sea el adecuado, es decir, que no tenga perturbaciones externas que puedan afectar el resultado de las mediciones.

3. Las mediciones

Las mediciones las haremos con ayuda de “Tracker” en la cual, iremos ingresando uno por uno los 20 videos y manualmente iremos seleccionando la ubicación de la servilleta (y) por cada segundo que pasa (t). Luego de tener todos los puntos seleccionados en “Tracker”, exportaremos los datos como un archivo de texto en el cual se almacenarán la información de la altura (y) y el tiempo (t), lo cuales luego importaremos a “Python” donde haremos la simulación.

4. La simulación

Ya una vez con los datos tomados de los videos en “Tracker” ahora nos dirigiremos a “Python” donde primero que nada importaremos todos los datos y haremos un arreglo donde linealizaremos los datos, separando los datos de la altura “y” de los datos del tiempo “t” tanto en las servilletas extendidas como en las comprimidas. Una vez con los datos linealizados podremos sacar los promedios de todos los datos, para así en lugar de tener 20 listas de datos tendremos solo 2, una con los datos de las extendidas y otro de las comprimidas. Ya con estos datos podremos trabajar para resolver nuestras dudas, así que, con este en mente, vamos a trabajar por separado, primero trabajaremos con los daos de las servilletas comprimidas donde la fricción es despreciable, y luego trabajaremos con los datos de las servilletas extendidas donde la fricción es significativa.

4.1. Caída con fricción despreciable

En el caso de la servilleta comprimida, la fricción es muy mínima por lo que es despreciable, así que con ayuda de esta vamos a calcular la gravedad de nuestro experimento, pero antes de eso, primero vamos a ver cual es el margen de error y la media de nuestros datos.

4.1.1. Media y desviación estándar

Para calcular el margen de error o la desviación estándar, vamos a usar del módulo de “Numpy” de “Python” una función llamada “numpy.std()” la cual se usa para calcular la desviación estándar de los elementos de una matriz, y para calcular la media de los datos vamos a usar la función llamada “numpy.mean()” la cual se usa para calcular la media de los elementos de nuestros datos. Estos datos los podremos ver a continuación de manera gráfica:

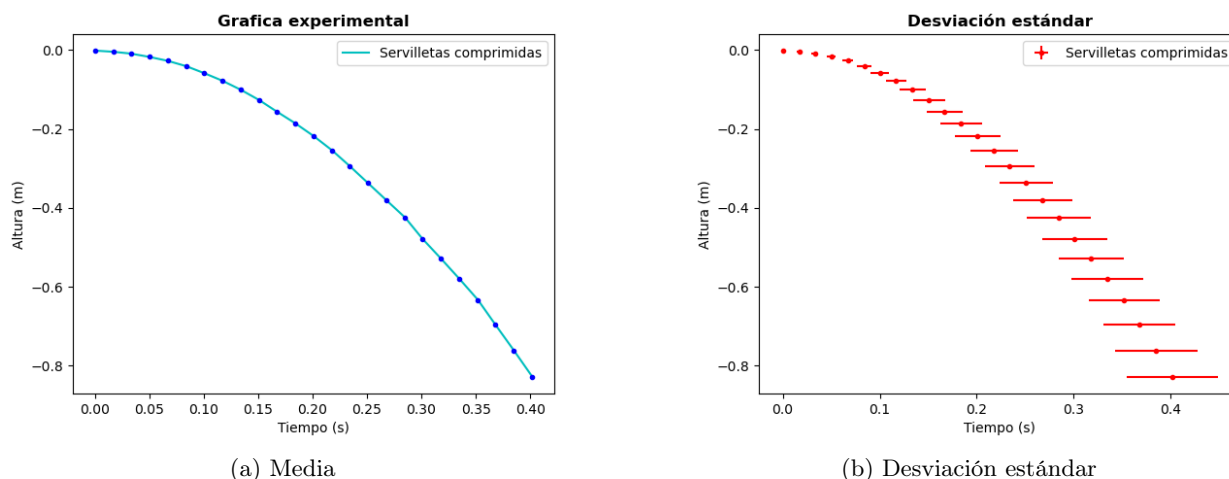


Figura 1: Gráficos de la desviación estándar y la media

En la grafica (a) de la servilleta comprimida podemos observar la media de los datos proporcionados mientras que en la gráfica (b) podemos ver el margen de error de dichos datos, los cuales como se observan, al principio la desviación es mínima, pero a medida que la servilleta cae la desviación se hace mas notable.

4.1.2. Calculando la gravedad

Para calcular la gravedad lo que hice fue calcularla individualmente para cada una de las 10 listas de datos, lo que me dio un total del 10 gravedades, para las cuales volví a hacer uso de “numpy.mean()” para calcular la media, lo cual me dio como resultado, para nuestro experimento, una gravedad de $10,262122224697407m/s^2$ con una desviación estándar o margen de error de 0.5831362321775092, lo cual como podemos observar con la desviación, queda dentro del valor real de la gravedad.

4.1.3. Datos experimentales vs teóricos

Ya con nuestros datos experimentales, con nuestra gravedad experimental y con la gravedad “normal” podemos hacer una comparación de los resultados con ayuda de la siguiente gráfica:

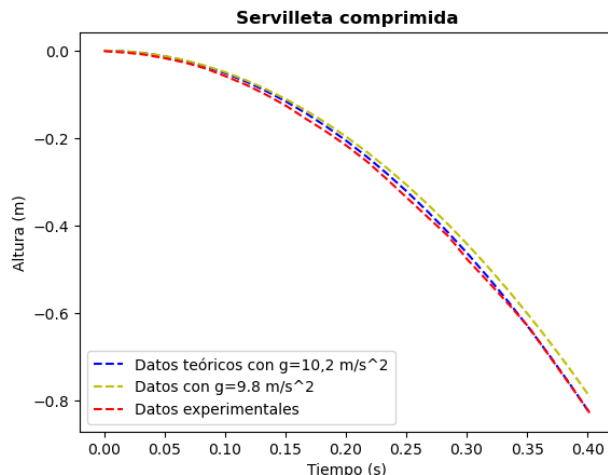


Figura 2: Datos teóricos vs experimentales (Servilleta Comprimida)

Con esta grafica podemos observar: En color amarillo los datos teóricos con la gravedad teórica, en color azul los datos teóricos con nuestra gravedad experimental, que no es mas que la gráfica teórica que se supone que debe dar si la gravedad diera eso y en rojo nuestros datos experimentales que es nuestra grafica experimental. Como podemos observar la diferencia entre las 3 no es mucha, es casi despreciable, eso es gracias a la precisión y el ambiente en el que se tomaron los datos, aunque hay que aclarar que, si el experimento se hiciera desde mas altura, la diferencia sería bastante más notable.

4.2. Caída con fricción significativa

En el caso de la servilleta extendida, la fricción es mucho mas significativa, por lo cual no la podemos despreciar. Con ayuda de estos datos es que vamos a intentar determinar cual es la fuerza de fricción que afecta a la servilleta al caer, pero antes de eso, primero vamos a ver cual es el margen de error y la media de nuestros datos.

4.2.1. Media y desviación estándar

Para calcular el margen de error o la desviación estándar, vamos a usar nuevamente la función llamada “numpy.std()” la cual se usa para calcular la desviación estándar de los elementos de una matriz, y para calcular la media de los datos vamos a usar la función llamada “numpy.mean()” la cual se usa para calcula la media de los elementos de nuestros datos. Estos datos los podremos ver a continuación de manera gráfica.

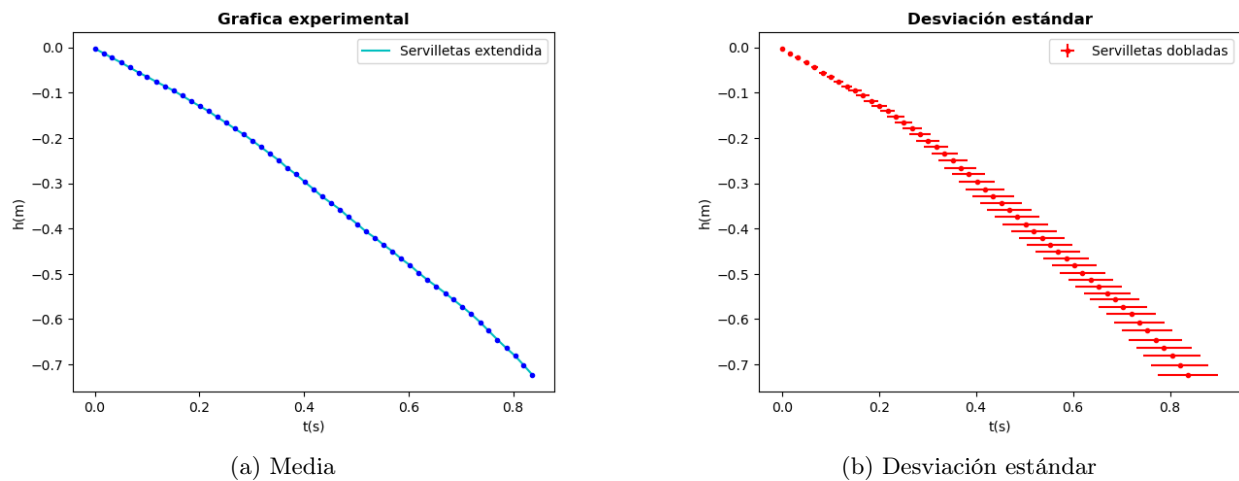


Figura 3: Gráficos de la desviación estándar y la media

En la “grafica experimental” de la servilleta extendida podemos observar la media de los datos proporcionados, la cual podemos ver que es bastante diferente de la “grafica experimental” de la servilleta comprimida, esto lo indagaremos mas adelante. Por otro lado, en la gráfica “desviación estándar” podemos ver el margen de error de los datos, los cuales como se observan, al principio la desviación es mínima, pero a medida que la servilleta cae la desviación se hace más notable.

4.2.2. Datos experimentales vs teóricos

Para este caso no es tan sencillo, tendremos que hacer uso de formulas para calcular la aceleración velocidad y distancia del objeto en cada instante de tiempo, en las cuales usaremos los siguientes datos:

- Velocidad inicial (v_0).
- Tiempo inicial (t_0).
- Intervalo de tiempo (dt).
- Tiempo final de la simulación (t_1).
- Lista de tiempos teóricos (t_{Teorico}).
- Lista de velocidad en cada instante de tiempo (v_T , v_{TE}).
- Lista de distancia recorrida en cada instante de tiempo (y_{FT} , y_{FTE}).
- Coeficiente de fricción utilizado en la simulación sin fricción (b_T).
- Coeficiente de fricción utilizado en la simulación con fricción (b_{TE})

Estos dos últimos datos “bT” y “bTE” no son mas que los datos que queríamos hallar desde un principio, todos los demás datos ya los hemos encontrados, así que el ultimo paso a seguir es ir variando estos datos hasta que las graficas coincidan, que en mi caso el resultado es “bT = 3,45”, “bTE = 3,39” lo cual nos da la siguiente gráfica:

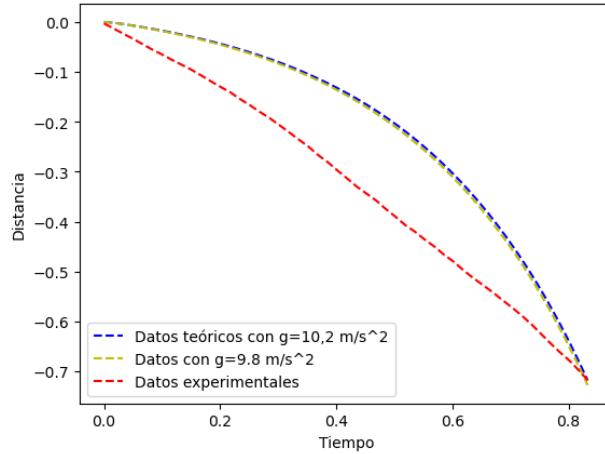


Figura 4: Datos teoricos vs experimentales (Servilleta Extendidas)

Con esta grafica podemos observar: En color amarillo los datos teóricos con la gravedad teórica, en color azul los datos teóricos con nuestra gravedad experimental, que no es mas que la gráfica teórica que se supone que debe dar si la gravedad diera eso y en rojo nuestros datos experimentales que es nuestra grafica experimental. Como podemos observar la diferencia en este caso es bastante notable, los datos con la gravedad teórica y la gravedad experimental no varían mucho entre si, pero los datos experimentales varían bastante, esto es porque a la hora de realizar el experimento, el ambiente no es perfecto por lo que no puede ser exacto, pero podemos observar que el punto final es el mismo y esto es gracias así a los valores que le dimos al coeficiente de fricción que usamos.

4.2.3. ¿Como afecta la fricción a una servilleta cayendo?

Finalmente, el momento más esperando ¿Cómo afecta la fricción a la servilleta cayendo? Pues bien, para eso primero necesitamos calcular la posición en “y” para cada instante (que en mi caso son 51 instantes). Para poder calcular la posición en “y” haremos uso de las siguientes formulas para cada instante n:

$$a_{n-1} = gC - Bv_{n-1} \quad (1)$$

$$v_n = v_{n-1} + a_{n-1} \cdot \Delta t \quad (2)$$

$$y_n = \frac{gC \cdot \Delta t^2}{2} + v_{n-1} \cdot \Delta t + y_{n-1} \quad (3)$$

Donde “ gC ” es la gravedad que hayamos ($10,2m/s^2$), “ Δt ” es el intervalo de tiempo (0.17), v es la velocidad, “ a ” es la aceleración y “ B ” es el coeficiente de fricción. Esta formula en mi caso la tuve que hacer para 51 instantes, y al graficar nos da lo siguiente:

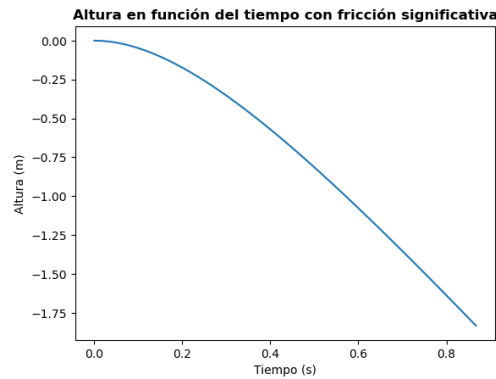


Figura 5: Datos teoricos vs experimentales (Servilleta Extendidas)

Que, damas y caballeros, no es ni mas ni menos que la grafica de cómo afecta la fricción a una servilleta cayendo.

5. Resultado y conclusiones

Como pudimos observar a lo largo de este experimento, a pesar de que la gravedad sea la misma para todos los objetos, hay diferentes factores que hacen que caigan de manera distinta, como la viscosidad del medio en que se muevan y la fuerza de fricción que sufra este objeto, otro factor muy importante y es el que da vida a este ensayo, es la forma de la servilleta, la cual hace que caiga diferente en función de si esta doblada o extendida como podemos observar a continuación:

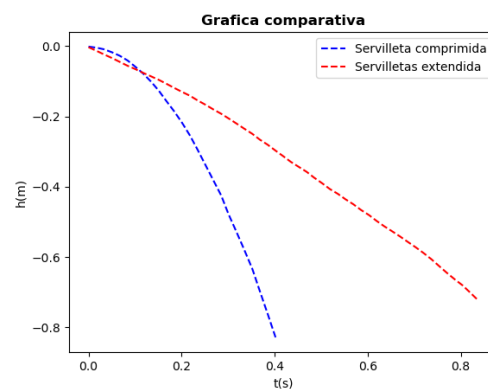


Figura 6: Servilletas extendidas vs servilletas comprimidas

En esta grafica podemos observar como es que la servilleta roja demora mas de caer mientras que la servilleta azul cae de manera mas rápida, y esto no depende de su peso, ya que ambas servilletas tienen el mismo peso, esto depende de la forma que tenga, ya que esto afecta la fricción que actúa sobre ella. También podemos ver que la caída de la servilleta es aproximadamente lineal, esto es porque la fricción llega un punto en que iguala el peso de la servilleta por lo que hace que la servilleta caiga de manera constante.

Para concluir, podemos decir que la fricción afecta la caída de una servilleta, y dependiendo de la forma de esta, la fricción será mayor o menor, que, en nuestro caso, la fricción es aproximadamente $B = 3,45$.

Muchas gracias por leer hasta aca, espero que haya sido de su agrado el informe y que haya aprendido algo nuevo hoy.