



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE FISICA

MANUAL DE LABORATORIO DE FÍSICA BÁSICA

Ing. Walter Giovanni Alvarez Marroquin
Coordinador de Laboratorios de Física, 201 S-11
Facultad de Ingeniería, USAC
— .2024. —

Índice general

1. Medida e Incerteza en la Medida	3
1.1. Incertidumbre y Cifras Significativas	3
1.2. Cálculo de Errores	5
1.3. Equipo de Laboratorio	8
1.4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	9
1.5. HOJA DE DATOS	12
2. Medición de Tiempos y Desplazamientos	14
2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE INCERTEZAS	14
2.1.1. La Media y Desviación Estándar	14
2.1.2. Desviación Estandar de la Media	15
2.1.3. HISTOGRAMAS Y DISTRIBUCIONES	16
2.1.4. Distribución Normal	18
2.2. TIEMPO DE REACCIÓN	18
2.2.1. Como Medir el Tiempo de Reacción	19
2.3. DISTANCIA L QUE RECORRE UNA ESFERA AL CAER AL SUELO	19
2.3.1. Equipo	20
2.3.2. Procedimiento	20
2.4. HOJA DE DATOS	21
3. Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)	23
3.1. Movimiento de una Esfera en un Plano Inclinado	23
3.2. Uso de Software Qtiplot	24
3.3. Procesamiento Estadístico de Datos	28
3.4. HOJA DE DATOS	29
4. Movimiento Parabólico	30
4.1. Movimiento Compuesto de una Esfera	31
4.2. Uso de Software LaTeX	33
4.3. HOJA DE DATOS	36

5. Segunda Ley de Newton	37
5.1. Determinación del Coeficiente de Fricción Estático entre un Bloque y un Plano Inclinado	37
5.2. HOJA DE DATOS	41
6. Teorema del Trabajo y Energía	42
6.1. Determinación del Cambio de Energía Cinética de un Bloque que se Desliza sobre un Plano Inclinado	42
6.2. Procesamiento Estadístico de Datos	43
6.3. HOJA DE DATOS	45

1 | Medida e Incerteza en la Medida

1.1. Incertidumbre y Cifras Significativas

En un experimento un paso muy importante, consiste en medir algo a lo que se le llama una magnitud física: o sea la propiedad de los cuerpos o de un fenómeno natural susceptible a ser medido, como la temperatura, presión, masa, volumen, densidad, posición, tiempo, velocidad, aceleración, energía cinética, potencia, energía interna, corriente eléctrica, etc. ...

Cuando se mide, lo que se hace es comparar con un instrumento de medición lo que se está midiendo y leer un número, dado un patrón aceptado como unidad de medición, el patrón aceptado es el Sistema Internacional de unidades SI, nombre adoptado por la XI Conferencia General de Pesas y Medidas (celebrada en París en 1960) para un sistema universal, unificado y coherente de unidades de medida, basado en el sistema internacional (metro-kilogramo-segundo).

Por ejemplo si la magnitud a medir es la posición de un objeto, se utiliza una cinta métrica o regla, para medir la posición en metros, si la magnitud a medir es la masa se utiliza una balanza, para medir su masa en kilogramos, para medir el tiempo en segundos utilizamos un cronometro, si la magnitud a medir es la temperatura de un objeto se utiliza un termómetro para medir en unidades Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y luego hacer la conversión a grados Kelvin (K) , ... etc.

Por lo tanto, **medir implica comparar y leer una escala en un aparato de medida.**

Que tan exacta es una medida, eso dependerá de la incerteza en la medida, incerteza que es brindada por el fabricante. Por ejemplo se desea medir el grosor de una moneda de 25 centavos para ello cuenta con una escuadra y un pie de rey (Vernier), ¿Cuál de los dos instrumentos brinda una medida más exacta?, como puede observar en una escuadra la unidad más pequeña es el milímetro, solo podrá dar la lectura en milímetros digamos 2 mm, mientras que en el vernier la escala más pequeña es la décima de milímetro, y la lectura sería 2.1 mm, osea el vernier brinda un número más en la lectura que la escuadra y su incerteza es menor, por lo tanto una medida más exacta será con el vernier. Toda medición, depende no solo del aparato de medición sino también del experimentador, una medición es el resultado de una operación humana, de observación muy personal con su aparato de medida, de manera tal que si varias personas hacen la misma medida, con diferentes aparatos de medición, lo más probable es que se encuentren variaciones en la medida, es decir, no hay un valor exacto y se dice entonces que hay un error o incerteza en la medida experimental.

Toda medida M de magnitud físicamente requiere de tres elementos:

- * Un número, o valor representativo o número que indica el aparato de medición que designaremos por m .

- * Un rango de incerteza ó intervalo de incerteza $\pm \Delta m$.
- * Una unidad en el sistema internacional SI.

Si M representa una medida experimental, se debe expresar de la forma:

$$M = (m \pm \Delta m) \text{ unidades}$$

Cuando una ciencia se desarrolla como por ejemplo las ciencias de Ingeniería sus experimentos como por ejemplo en el diseño de maquinaria industrial tienden a hacerse más exactos y/o más elaborados y es necesario un alto grado de exactitud, pero puede ser un gran obstáculo lograr mejorar los aparatos de medición para llegar a tener un rango de incerteza casi nulo, decir es un valor exacto. Los Ingenieros deben ser capaces de evaluar la importancia de una medición en el diseño de dispositivos mecánicos. Por ejemplo, cuando hay que decidir si los cilindros de un carro requieren ser rectificadas (ajustar el pistón con el cilindro), deberán medirse con una precisión de milésimas de metro, ya que desgastes de ese orden de magnitud, reducen la potencia del motor. Si se va a diseñar muebles de un baño, será necesario medir con una precisión de milímetros para asegurar que las tuberías encajen en los orificios adecuados y no correr el riesgo de hoyos grandes o forzar la tubería. Cuando se calibran las bujías para el encendido de un carro, la separación de los platinos debe estar dentro del rango de incerteza indicado por el fabricante.

Por lo tanto en el campo de la ingeniería, la incerteza en una medición deberá estar acorde con el uso que se le dé, por lo que: antes de medir, se debe saber para qué se va a medir; esto se logra teniendo claro los objetivos que se persiguen.

Cifras Significativas

Una medida no puede tener mas precisión que la que tiene su error, es por eso que existen criterios para redondear las cifras de una medida, el procedimiento consiste en redondear en primer lugar el valor del error

para que solo tenga una cifra distinta de cero y por tanto determinar el orden de magnitud de la cifra mas significativa, y en segundo lugar redondear el valor de la medida.

Criterios Para Redondear

- * El valor de la medida y del error deben expresarse en las mismas unidades.
- * En el error solo debe emplearse una cifra distinta de cero, haremos una excepción cuando la cifra mas significativa distinta de cero es el 1 y la segunda cifra es menor o igual que 5, en cuyo caso debe mantenerse la cifra que sigue al 1 para expresar el error.
- * Si la primera cifra que se suprime es mayor que 5, la ultima cifra conservada debe aumentarse en 1 unidad. Por ejemplo, 0.861342 s debemos escribir 0.9.
- * Si la primera cifra que se suprime es menor que 5, la ultima cifra conservada no varia. Por ejemplo 234.38 m redondeado en la cifra mas significativa será 200 m.
- * Si la primera cifra que se suprime es igual a 5, pueden darse dos casos:
 - * Entre las siguientes cifras suprimidas, hay otras distintas de cero: en este caso, la ultima cifra aumenta en 1. Por ejemplo, 35.234 s se redondea a 40 s.
 - * Todas las cifras suprimidas, salvo el 5, son cero: en este caso, la ultima cifra conservada no varia. Por ejemplo, 35.0000 N se redondea a 30 N.
- * El valor de la medida debe tener la misma precisión que el error. Al contrario que el error, el resultado si puede tener mas de una cifra distinta de cero. Para redondear la medida es necesario haber redondeado antes el error.

Por ejemplo, Si el error es 0.7 kg y el valor de la medida es 25.784535, el resultado final se expresa como: $(25.8 \pm 0.7)\text{kg}$. Si el error fuera de 7 kg, el resultado seria $(26 \pm 7)\text{kg}$.

Error (m)	Error Redondeado (m)	Medida (m)	Resultado (m) Final
0.018	0.02	0.987	0.99 ± 0.02
0.068	0.07	25.8251	25.83 ± 0.07
0.072	0.07	25.825	25.82 ± 0.07
0.66	0.7	0.88	0.9 ± 0.7
0.52	0.5	12	12 ± 0.5
0.942	0.9	1.867	1.9 ± 0.9
0.987	1	26.97	27 ± 1
11.897	12	356.257	356 ± 12
26	30	364	360 ± 30
340	300	588.6	600 ± 300
370.86	400	25.82	0 ± 400

Tabla 1.1: Ejemplo de criterios para redondear

1.2. Cálculo de Errores

Tipos de Errores

Error de Precisión

Todo equipo de medida tiene al menos una escala. La división mas pequeña de la escala determina la mínima diferencia de magnitud que puede apreciar el equipo, es decir: su resolución.

Por ejemplo, una regla convencional esta dividida en centímetros y milímetros. Por lo tanto, cualquier medida que realicemos con dicha regla solo nos permite conocer la longitud de un objeto con un error aproximado de 1 mm. Solo podemos disminuir este error si utilizamos un aparato de medida con mayor resolución. A este tipo de error se le denomina error de precisión.

Errores Sistemáticos

Su origen suele deberse a un mal funcionamiento o calibración del equipo de medida. Normalmente su efecto es incrementar o disminuir el valor de la medida siempre en la misma cantidad. Una vez determinado

su origen es posible eliminarlo totalmente de la medida. La única manera segura de tratar estos errores es asegurarse del correcto funcionamiento de los equipos de medida.

Errores Accidentales

son los resultantes de la contribución de numerosas fuentes incontrolables que desplazan de forma aleatoria el valor medio por encima y por debajo de su valor real. También suelen denominarse errores aleatorios o estadísticos. Los errores accidentales, al contrario de los errores sistemáticos, son inevitables y están presentes en todo experimento.

Rango de Incerteza

Si M representa una medida experimental, se debe expresar de la forma:

$$M = (m \pm \Delta m) \text{ unidades}$$

Siendo m el valor representativo y Δm su incerteza, el rango de incerteza se representa según se muestra en la figura 1.1, la parte sombreada nos indica que el valor exacto de la medida se encuentra en esa región.

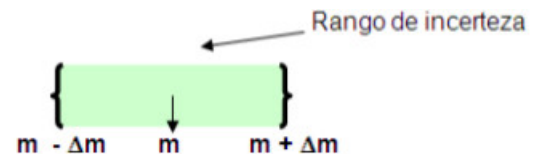


Figura 1.1: Rango de Incerteza de la Medida

Las mediciones pueden ser: Directas ó Indirectas.

Tipos de Mediciones

Mediciones Directas

Son el resultado de la comparación que generalmente se realiza, con la ayuda de instrumentos de medición, como por ejemplo se mide la longitud de una cuerda con una regla, la masa colocando el objeto

en una balanza, la temperatura de un líquido introduciendo un termómetro, la presión de un gas por medio de un barómetro, el peso de una masa por medio de un dinamómetro, el ángulo de un triángulo por medio de un transportador, ... etc.

Estimación del Rango de Incerteza

Mientras el fabricante del aparato de medición no indique el rango de incerteza se seguirá el siguiente convenio:

Cuando se realice una sola medición con cualquiera de los siguientes instrumentos: una cinta métrica, una regla graduada, una escuadra, un transportador, un cronómetro, una balanza, un dinamómetro; se tomará el siguiente convenio para la magnitud del rango de incerteza.

$\Delta m = \pm$ la escala menor del instrumento de medida

Por ejemplo si se mide con una escuadra graduada en centímetros y milímetros, la longitud de una línea se puede estimar el valor de 2.9 cm (como valor representativo) no es correcto decir 2.95 porque el aparto de medida no indica el valor 5 , lo que sí se sabe es que la medida se encuentra entre 2.9 ó 3.0 cm ; la incerteza en la medida según el convenio (la escala menor) ; en la escuadra graduada la escala más pequeña es el milímetro y se escribe

$$\Delta m = \pm 1 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm} = 0.001 \text{ m}$$

El valor experimental se escribe: $2.9 \pm 0.1 \text{ cm}$ indicando que el valor exacto se encuentra dentro del rango de incerteza: $2.9 + 0.1 = 3.0 \text{ cm}$ y $2.9 - 0.1 = 2.8 \text{ cm}$ y se representa como se muestra en la figura 1.2.

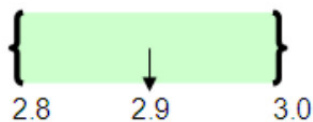


Figura 1.2: Rango de Incerteza de la Medición

Recuerde que lo anterior es un convenio, según sea la experiencia del experimentador él puede tomar una

decisión diferente acerca de la incerteza en la medición.

Mediciones Indirectas

Son el resultado del cálculo de un valor, como una función de una o más mediciones directas. Por ejemplo se mide la velocidad media v del objeto como una función $v = \frac{x}{t}$ donde x es el desplazamiento y t el intervalo de tiempo para lograr ese desplazamiento; ambas mediciones son medidas directas, debido a que se realizaron con la regla y el cronómetro. La incerteza en la velocidad media, depende de la incerteza de las medidas directas, y su cálculo se le conoce propagación de incertezas o propagación de error.

Tipos de Incertezas

Incerteza Absoluta o Error Absoluto

Es igual a la imprecisión que acompaña a la medida. Da una idea de la sensibilidad del aparato o de lo cuidadosas que han sido las medidas por lo poco dispersas que resultaron. El error absoluto nos indica el grado de aproximación y da un indicio de la calidad de la medida.

Incerteza Relativa o Error Relativo

Es la división entre el error absoluto y el valor exacto, por lo tanto no posee dimensionales. Si se multiplica por 100 se obtiene el tanto por ciento (%) de error.

$$\Delta X_{relativo} = \frac{\Delta x}{x} \quad (1.1)$$

Este tipo de incerteza resulta muy útil para poder determinar la incerteza de una medida indirecta, y al mismo tiempo indicará el porcentaje de error de la medida, o mejor dicho es una indicación aproximada de la precisión o de la calidad de la medida. Existen diversos criterios para determinar si una medida, es la correcta o no, uno de ellos establece que: Si por ejemplo al calcular el error relativo se obtiene un porcentaje de 10 % o mayor la medición esta lejos de ser la correcta, pero una incerteza menor al 10 % indica

que la medida es bastante precisa, lo cual no necesariamente quiere decir que la medida sea la correcta, pero da un indicador de que el valor de la medida podría estar bien.

Entonces por ejemplo, si el desplazamiento se mide con una escuadra $x = (x \pm \Delta x)$ cm y el intervalo de tiempo con un cronómetro mecánico $t = (t \pm \Delta t)$ s, la medida indirecta de la velocidad será

$$v = \frac{x \pm \Delta x}{t \pm \Delta t}$$

se calcula el error relativo de cada una de las medidas

$$\Delta x_r = \frac{\Delta x}{x}$$

$$\Delta t_r = \frac{\Delta t}{t}$$

después se suman los errores relativos de cada una de las medidas para determinar el error relativo de la velocidad

$$\Delta v_r = \Delta x_r + \Delta t_r$$

y finalmente se multiplica por el valor de la velocidad para obtener el error absoluto de la medida indirecta de la velocidad

$$\Delta v = v(\Delta v_r)$$

entonces, el resultado de la medida queda como:

$$v = v \pm \Delta v$$

Reescribiendo de una forma más conocida queda:

$$v = \frac{x}{t} \pm \frac{x}{t} \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta t}{t} \right) \quad (1.2)$$

Si vale $x = (12.3 \pm 0.1)$ cm y se midió con una regla en centímetros y el intervalo de tiempo $t = (10.6 \pm 0.1)$ s y se midió con un cronómetro mecánico, la medida indirecta de la velocidad será

$$v = \frac{x}{t} \pm \frac{x}{t} \left(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta t}{t} \right)$$

$$v = \frac{12.3}{10.6} \pm \frac{12.3}{10.6} \left(\frac{0.1}{12.3} + \frac{0.1}{10.6} \right)$$

Observe que la división

$$\frac{12.3}{10.6} 12.3 = 1.16037736$$

dado por la calculadora, pero solo podemos medir según el aparato de medida hasta el primer decimal, entonces se aproxima hasta el primer decimal,

$$1.16037736 = 1.2 \text{ cm/s}$$

lo mismo con el cálculo de la incerteza se debería escribir aproximándose hasta el primer decimal, pero en este caso se escoge hasta el segundo decimal

$$0.020380918 = 0.02 \text{ cm/s}$$

(recuerde que la incerteza debe tener solo una cifra significativa), pero como tanto la medida como la incerteza deben tener la misma resolución, entonces en este caso se toman 2 decimales en la medida para que esta tenga la misma resolución que la incerteza, entonces queda como

$$v = 1.16 \text{ m/s}^2$$

Finalmente el resultado se debe reportar como:

$$v = (1.16 \pm 0.02) \text{ cm/s}$$

la cual será la medida indirecta de la velocidad media o bien la medida experimental de la velocidad media. También se puede escribir en el sistema SI como

$$v = (11.6 \pm 0.2) \text{ mm/s}$$

$$v = (0.0116 \pm 0.0002) \text{ m/s}$$

De la misma forma se obtienen las siguientes reglas utilizadas en el cálculo de incertezas. Si A y B representan dos medidas directas, es decir: $A = a \pm \Delta a$ y $B = b \pm \Delta b$, entonces:

$$A + B = (a + b) \pm (\Delta a + \Delta b) \quad (1.3)$$

$$A - B = (a - b) \pm (\Delta a + \Delta b) \quad (1.4)$$

$$AB = ab \pm ab \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \quad (1.5)$$

$$\frac{A}{B} = \frac{a}{b} \pm \frac{a}{b} \left(\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \quad (1.6)$$

1.3. Equipo de Laboratorio

Vernier o Pie de Rey

Es un pequeño y delicado instrumento (ver fig 1.3), que permite medir la profundidad y las dimensiones internas y externas de objetos de reducido tamaño. Posee dos escalas, una inferior en milímetros y otra superior en pulgadas.

- 1) Mordazas para medidas externas.
- 2) Mordazas para medidas internas.
- 3) Varilla para medida de profundidades.
- 4) Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
- 5) Escala con divisiones en pulgadas.
- 6) Nonio o escala de Vernier para la lectura de las fracciones de milímetros.
- 7) Nonio o escala de Vernier para la lectura de las fracciones de pulgada.
- 8) Botón de deslizamiento y freno.

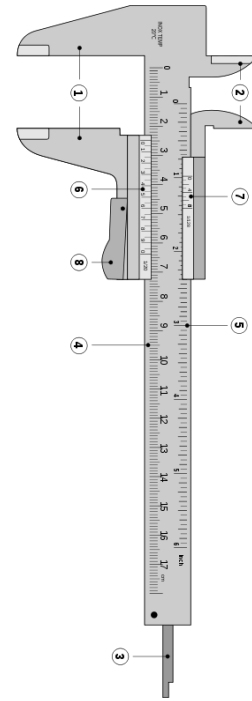


Figura 1.3: Pie de rey o Vernier

El nonio o escala de Vernier es una segunda escala auxiliar, que permite apreciar una medición con mayor precisión al complementar las divisiones de la regla o escala principal del instrumento de medida. El nonio o escala de vernier toma un fragmento de la regla –que en el sistema decimal es un múltiplo de diez menos uno: 9, 19, etc.– y lo divide en un número más de divisiones: 10, 20, etc.

Esto hace que en todos los casos en los que el punto 0 del nonio coincide con una división de la regla el punto diez del nonio también lo hace.

Como Medir Usando el Vernier

La medida indicada por un pie de rey es la suma de dos medidas, la que muestra la escala fija más la mostrada por el nonio (escala de vernier). La medida que muestra la escala fija es aquella que se da por el valor mostrado antes del cero del nonio (escala de vernier) para el ejemplo de la figura con la tuerca sería 2.4 cm o 24 mm. Para sacar la medida del nonio o escala de vernier se busca cual de las divisiones del

nonio (escala de vernier) coinciden con la escala fija, para el ejemplo seria la división 7 entonces según la escala que se muestra (0.05 mm) 0.7 mm ó 0.07 cm.

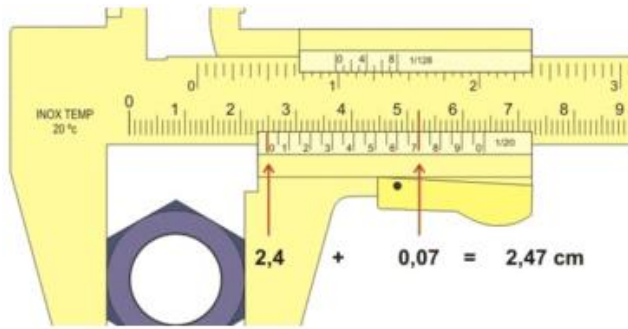


Figura 1.4: Ejemplo de medición con el vernier

Balanza

La balanza analítica es un instrumento que sirve para medir la masa de un objeto, su característica más importante es que poseen muy poca incerteza, lo que las hace ideales para utilizarse en mediciones muy precisas. La balanza utilizada durante esta practica es una balanza de pesa deslizante, la cual posee 2 bandejas, sobre las cuales se coloca el objeto a medir, y de dos masas conocidas que se pueden desplazar sobre escalas, una con una graduación macro y la otra con una graduación micro; al colocar una sustancia de masa desconocida sobre una de las bandejas, se determina su peso deslizando las masas sobre las escalas mencionadas hasta que se obtenga la posición de equilibrio. En dicho momento se toma la lectura sumando las cantidades indicadas por la posición de las masas sobre las escalas mencionadas.



Figura 1.5: Balanza de Pesa Deslizante

Probeta

Es un instrumento de laboratorio volumétrico, este se usa para medir volúmenes considerables y para depositar líquidos. La probeta está formado por un tubo generalmente transparente de unos centímetros de diámetro y tiene una graduación desde 0 ml hasta 25 ml, dependiendo de la capacidad de la misma indicando distintos volúmenes aunque sin mucha exactitud.

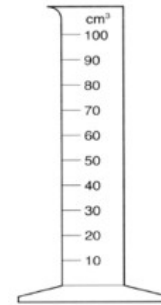


Figura 1.6: Probeta

1.4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

Equipo

- * Una escuadra, un pie de rey, un transportador
- * Un cilindro, una roldana
- * Una balanza, un dinamómetro de 1N con una masa con gancho.
- * Un cronómetro mecánico y otro digital.

Magnitudes Físicas a Medir

- * Longitud
- * Tiempo
- * Masa
- * Fuerza

- * Área
- * Volumen
- * Densidad

Medidas Directas

- * Realice la medida de la altura del cilindro, y el diámetro de la esfera en milímetros a) con la escuadra (fig 1.7), b) y con el pie de rey o vernier (fig 1.3), c) Dibuje el rango de incerteza en cada caso, compare y diga la diferencia entre medir con la escuadra y con el Vernier.



Figura 1.7: Escuadra



Figura 1.8: Esfera



Figura 1.9: Cilindro

- * Realice la medida experimental de la masa de la roldana, en gramos (g), utilizando la balanza, dibuje el rango de incerteza.

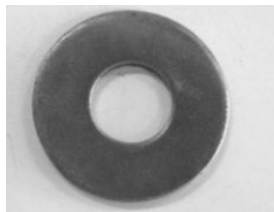


Figura 1.10: Roldana

- * Realice la medida experimental del peso de la masa en forma de paralelepípedo (fig ??) en unidades Newton (N) con el dinamómetro (fig 1.12), dibuje el rango de incerteza.



Figura 1.11: Paralelepípedo



Figura 1.12: Dinamómetro

Mediciones Indirectas

- * Encuentre la medida experimental del área superficial del cilindro (fig 1.9) en milímetros cuadrados (mm^2) con el Vernier y dibuje su rango de incerteza.
- * Encuentre el valor experimental del volumen de la roldana (fig 1.10), en milímetros cúbicos (mm^3) Con el Vernier, dibuje su rango de incerteza.
- * Medición de la densidad de una esfera metálica.
- * Mida la masa de la esfera (fig 1.13)



Figura 1.13: Esfera Metálica

- * Mida su diámetro con el Vernier y calcule su volumen en función del diámetro

$$V = \frac{1}{6}\pi d^3$$

donde $d = 2r$, siendo su incerteza

$$\Delta V = V \left(\frac{3\Delta d}{d} \right)$$

- * Realice la medición de la densidad e indique su rango de incerteza.
- * A continuación se medirá indirectamente la densidad de la esfera de metal por otro método, tome una probeta (fig 1.14 y fig 1.15), la cual se utiliza para medir volumen en centímetros cúbicos (cm^3) ó milímetros (ml), tómese su tiempo para entender la escala de medida.

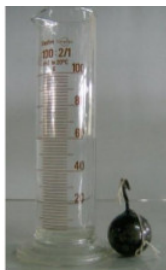


Figura 1.14: Probeta con agua

- * Introduzca agua en la probeta e indique un nivel de referencia por ejemplo 60 cm^3 este nivel será el nivel cero (fig 1.14).
- * Tome la esfera sujétela a la cuerda de manilla en su gancho e introduzca la esfera en la probeta como se muestra en la figura 1.15 y mida el volumen desplazado, en teoría este volumen desplazado del líquido es la medida del volumen de la esfera.



Figura 1.15: Probeta con la esfera metálica en su interior

- * Realice la medición de este volumen la escala más pequeña es de 2 cm^3 a cual representara la medida de la incerteza.
- * Realice la medición de la densidad e indique su rango de incerteza.

1.5. HOJA DE DATOS

Práctica: Medida e Incerteza en la Medida

Fecha: _____

Hora: _____

CARNÉ: NOMBRE:

FIRMA:

Cilindro Plateado

Vernier

Altura h (cm)	Diámetro (cm)

Escuadra

Altura h (cm)	Diámetro (cm)

Balanza

Masa (g)

Roldana

Vernier

Diámetro Externo(cm)	Diámetro Interno(cm)	Espesor(cm)

Escuadra

Diámetro Externo(cm)	Diámetro Interno(cm)	Espesor(cm)

Balanza

Masa (g)

Esfera

Vernier

Diámetro (cm)

Escuadra

Diámetro (cm)

Probeta

Volumen (cm^3)

Balanza

Masa (g)

Cubo

Vernier

Lado 1 (cm)	
Lado 2 (cm)	
Lado 3 (cm)	

Escuadra

Lado 1 (cm)	
Lado 2 (cm)	
Lado 3 (cm)	

Dinamómetro

Peso (N)

2 | Medición de Tiempos y Desplazamientos

La mejor manera de obtener datos confiables en el laboratorio es medir repetidas veces y examinar los valores obtenidos, pero no todos los tipos de incertezas pueden ser asociados con análisis estadísticos, por esta razón las incertezas se clasifican en dos grupos: *Incertezas Aleatorias* que son las que se pueden tratar estadísticamente y las *Incertezas Sistemáticas* suele deberse a un mal funcionamiento o calibración del equipo de medida.

Para entender mejor la diferencia entre una y la otra, suponga que se necesita medir el tiempo de revolución de una rueda, una fuente de error sería el tiempo de reacción al iniciar a medir y al parar de medir, si el tiempo de reacción es exactamente el mismo estas dos se cancelarían una con otra, pero este es un tiempo variable de modo que a veces se subestimaré el tiempo y en otras se sobre estimará, esto es un claro ejemplo de un **Error Aleatorio**.

Por otro lado, si el instrumento de medición en este caso un cronometro esta corriendo más despacio de lo habitual, el tiempo entonces sera sobre estimado, pero si el cronometro corre más rápido, el tiempo se subestimara, y ninguna repetición de la medición con el mismo instrumento revelara cual es la fuente de error, este tipo de error se llama **Error Sistemático**.

2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE INCERTEZAS

2.1.1. La Media y Desviación Estándar

Suponga que se necesita medir alguna cantidad x , y que se han identificado todas las fuentes de errores sistemáticos y se han reducido hasta volverlas despreciables, de tal manera que los únicos errores en la medición son aleatorios, al repetir esta medición repetidas veces se podrá determinar la incerteza.

Por ejemplo se tomaron cinco mediciones y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$71, 72, 72, 73, 71 \quad (2.1)$$

¿Cuál es la mejor estimación de x ?, la mejor estimación de x es la *media* de los valores encontrados, entonces:

$$\begin{aligned} x_{best} &= \bar{x} \\ x_{best} &= \frac{71 + 72 + 72 + 73 + 71}{5} \\ x_{best} &= 71.8 \end{aligned} \quad (2.2)$$

En un caso mas general, suponga que se hicieron N mediciones de la misma cantidad x (todas usando el mismo equipo y procedimiento) y se encontraron N valores:

$$x_1, x_2, \dots, x_N$$

la media sería:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2.3)$$

Ahora que se conoce la media $\bar{x}$, lo natural es considerar la diferencia $x_i - \bar{x} = d_i$, esta diferencia se llama desviación de x_i a $\bar{x}$, y nos dice que tanto se aleja el valor de la media, pero al calcular todas estas diferencias y sumarlas se cancelan, dado que algunas diferencias tendrán signos positivos y otras negativos, es decir algunos valores están por encima de la media y otros por debajo, este método no da una idea clara de cual es el error de la media, por esa razón la mejor forma de determinar cual es la incerteza de la media es tomar en cuenta el cuadrado de estas diferencias, esto hará que todos los valores de las diferencias sean positivos y posteriormente promediarlos, si ahora se calcula la raíz cuadrada de este resultado, se obtendrá una cantidad con las mismas dimensionales de x , este valor se llama *Desviación Estándar* de x y se denota como σ_x

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (d_i)^2}$$

o bien

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.4)$$

Analizando la definición anterior es fácil observar que entre mas datos se tomen de la misma medición, la incerteza se reducirá, por lo cual una definición alterna es la siguiente:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.5)$$

es fácil observar que en la definición anterior, para el caso en que $N=1$, no esta definida, esto es para evitar que el experimentador tome un solo dato, dado que **entre más datos se tomen mas precisa será**

la medición, por lo que esta definición es mucho más precisa.

Al aplicar esta ecuación a los valores anteriormente dados se obtiene:

$$\sigma_x = 0.8 \quad (2.6)$$

por lo tanto, el promedio de la incerteza de las cinco mediciones 71, 72, 72, 73, 71 es aproximadamente 0.8.

Si se mide la misma cantidad x muchas veces, usando siempre el mismo método y si todas las fuentes de incerteza son pequeñas y aleatorias, entonces los resultados estarán distribuidos alrededor del verdadero valor de x en concordancia con la *Distribución Normal*, en particular aproximadamente el 68 % de los resultados caerán a una distancia σ_x del valor verdadero de x , en otras palabras la probabilidad de que el resultado se encuentre dentro del rango proporcionado por σ_x es del 68 %, por esta razón es que se adopta la desviación estándar como la incerteza de la medición.

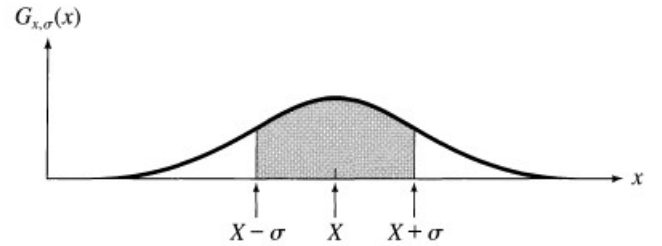


Figura 2.1: El área sombreada entre $x \pm \sigma$ es la probabilidad de que la medición se encuentre dentro de ese rango, es decir el 68 %

2.1.2. Desviación Estándar de la Media

Si se tienen N datos de la misma medición x , entonces la mejor medición de x sería la media $\bar{x}$, y también se sabe que la desviación estándar σ_x caracteriza el promedio de la incerteza, pero una representación aun mucho más confiable de la incerteza es la desviación estándar de la media la cual se obtiene dividiendo la desviación estándar por $\sqrt{N}$ y esta denotada por:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sigma_x / \sqrt{N} \quad (2.7)$$

Aplicando esta ecuación a nuestro ejemplo anterior la incerteza sería:

$$\sigma_{\bar{x}} = 0.3$$

esto claramente demuestra que la desviación estándar de la media es una definición mucho mas precisa para el calculo de las incertezas, por lo tanto nuestro resultado final sería:

$$X = \bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}}$$

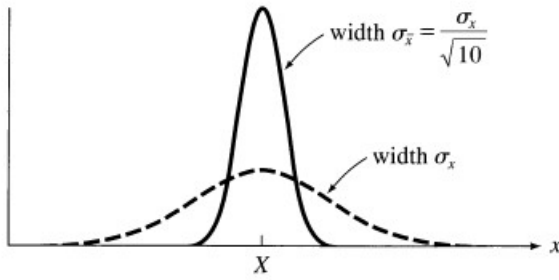


Figura 2.2: La medición individual de x están normalmente distribuida sobre X con σ_x (linea punteada) si se utilizo el mismo equipo para determinar el promedio de 10 mediciones, el resultado $\bar{x}$ estará normalmente distribuido sobre X con $\sigma_{\bar{x}}$ (curva en negro)

2.1.3. HISTOGRAMAS Y DISTRIBUCIONES

Ahora que ha quedado claro que para poder realizar un análisis estadístico de un experimento es necesario tomar muchos datos, necesitamos aprender algunos métodos para trabajar con grandes cantidades de información.

Suponga, que se realizaron 10 mediciones de una misma longitud x:

26, 24, 26, 28, 23, 24, 25, 24, 26, 25

el primer paso es ordenarlos en orden ascendente en una tabla y anotar cuantas veces se repite el mismo número.

Diferentes valores de x_i	23	24	25	26	27	28
Veces repetidas n_i	1	3	2	3	0	1

de nuestras anteriores definiciones se tiene que:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = \frac{23 + 24 + 24 + 24 + 25 + \dots + 28}{10}$$

simplificando un poco

$$\bar{x} = \frac{23 + (24 \times 3) + (25 \times 2) + \dots + 28}{10}$$

escrita de una forma mas general

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i n_i}{N} \quad (2.8)$$

Esta ecuación es comúnmente llamada suma ponderada, cada valor de x_i es multiplicado por el numero de veces que este aparece en nuestros datos es decir n_i .

Siguiendo este razonamiento, en el caso del 24 que aparece 3 veces, se puede decir que este valor fue obtenido en 3/10 de todas las mediciones, de forma generalizada

$$\sum_{i=1}^N F_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i \quad (2.9)$$

la cual es la fracción de N mediciones que se obtuvo el valor x_i , esta fracción describe como nuestras mediciones se distribuyen entre los diferentes posibles valores, en terminos de F_i se puede reescribir la ecuación 2.8 como:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^N x_i F_i \quad (2.10)$$

si sumamos todas las fracciones F_i para todos los posibles resultados de x_i se obtiene 1, a esto se le llama condición de normalización.

$$\sum_{i=1}^N F_i = 1 \quad (2.11)$$

La distribución de nuestras mediciones pueden ser mostradas gráficamente en un *Histograma de Barras* como se muestra en la siguiente imagen

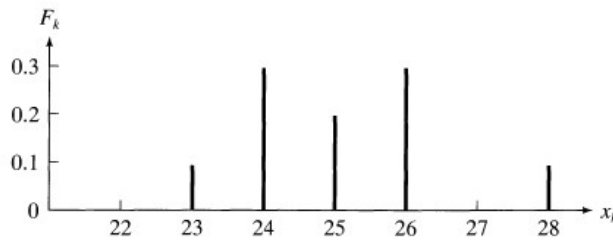


Figura 2.3: Histograma para 10 mediciones de una longitud x . El eje vertical muestra la fracción de F_i para cada valor x_i

Intervalo	22 a 23	23 a 24	24 a 25	25 a 26	26 a 27	27 a 28
eventos por intervalo	1	3	1	4	1	0

estos resultados pueden graficarse en un *histograma de intervalos*, en este caso el área sombreada entre cada intervalo indica la fracción de mediciones que caen en cada rango.

Este tipo de histogramas es útil cuando los valores de x están separados por números enteros, pero la mayoría de las mediciones no están separadas de esta forma, por ejemplo se obtuvieron las siguientes 10 mediciones de alguna distancia x .

26.4, 23.9, 25.1, 24.6, 22.7, 23.8, 25.1, 23.9, 25.3, 25.4

dados estos valores lo mejor es dividir el rango de los valores en un número conveniente de intervalos y contar cuantos valores caen en cada intervalo, en el ejemplo anterior se podría contar cuantas mediciones caen entre $x = 22$ y 23 , entre $x = 23$ y 24 , y así ...

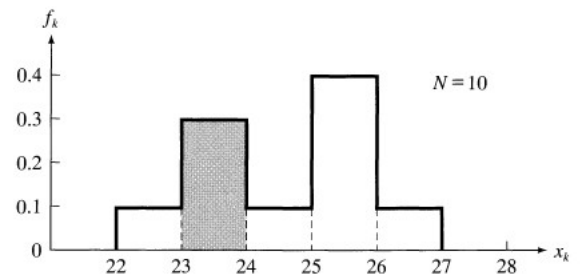


Figura 2.4: El histograma de intervalos muestra la fracción de 10 mediciones que caen en los intervalos 22 a 23, 23 a 24, y así. El área de cada rectángulo muestra la fracción de las mediciones que caen en ese intervalo. Por lo tanto el área sombreada es 0.3 indicando que 3/10 de todas las mediciones caen entre 23 y 24.

En la mayoría de los experimentos, conforme el número de mediciones se incrementa, el histograma empieza a tomar la forma definitiva de una distribución normal, tal y como se muestra a continuación:

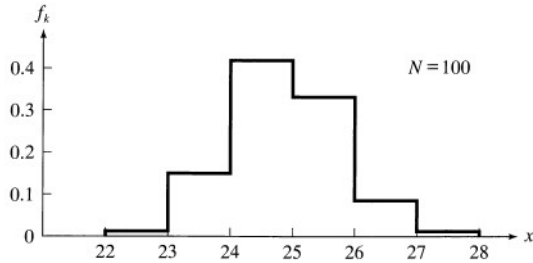


Figura 2.5: Histograma de intervalos para 100 mediciones de la misma cantidad

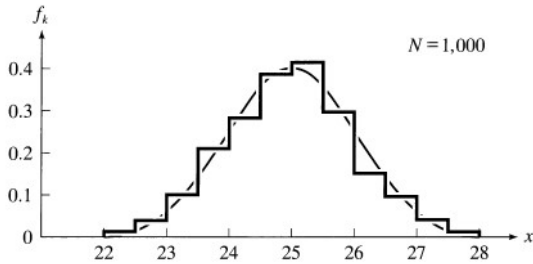


Figura 2.6: Histograma de intervalos para 1000 mediciones de la misma cantidad, es fácil observar como empieza a parecerse a una distribución normal.

2.1.4. Distribución Normal

La distribución normal o función Gausseana, tiene la característica que en la mayoría de los casos se encuentra centrada en el valor verdadero de la medición, la función matemática que la describe es:

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(x)^2/2\sigma^2} \quad (2.12)$$

de la ecuación anterior se puede observar que una de las cualidades de esta distribución es que es simétrica en torno a 0, dado que es el mismo valor para x y $-x$. Conforme x se aleja de 0 en cualquier dirección, $(x)^2/2\sigma^2$ se incrementa, rápido si σ es pequeño o despacio si σ es grande. Si $x = 0$ entonces la distribución

es igual a 1, por lo tanto cuando x se aleja del origen la función decrece hacia 0.

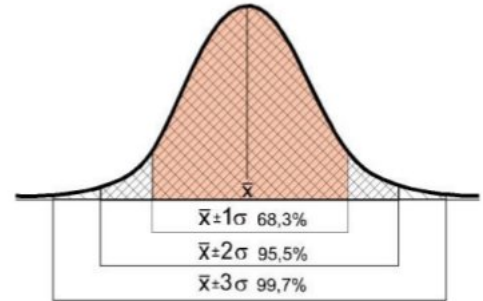


Figura 2.7: En la gráfica se muestra la función Gaussiana centrada en el valor promedio de la medición, los porcentajes indican la probabilidad de que el valor se encuentre dentro de ese rango de incertidza.

2.2. TIEMPO DE REACCIÓN

El tiempo de reacción es el tiempo que le toma a un órgano sensorial responder o reaccionar ante algún estímulo exterior, el tiempo de reacción es de vital importancia al momento de realizar mediciones experimentales donde intervenga el factor humano ya que en algunas ocasiones el tiempo de duración de un evento será sobre estimado y en otras subestimado lo cual alterará el resultado de la medición.

Uno de los factores que afecta el tiempo de reacción es la modalidad sensorial a través de la cual se presenta el estímulo, ya que algunas vías sensoriales requieren mayor procesamiento que otras. Por ejemplo, un estímulo presentado en la modalidad visual requiere un mayor procesamiento que otro presentado en la modalidad auditiva, también por la atención y por el estado general del organismo, por ejemplo, enfermedades, somnolencia, estado anímico y emocional, nivel de estrés, etc.

La forma más usual de calcularlo es dejar caer una regla métrica de madera, como la única fuerza que actúa sobre la regla es la gravedad, la ecuaciones que se

utilizan son las de caída libre:

$$Y = V_o t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (2.13)$$

Donde Y es la distancia vertical, t el tiempo, g la gravedad y V_o la velocidad inicial la cual es cero dado que la regla parte desde el reposo, despejando para t se obtiene:

$$t = \sqrt{\frac{2Y}{g}} \quad (2.14)$$

2.2.1. Como Medir el Tiempo de Reacción

Equipo

- Regla de madera de 1 m de largo.

Procedimiento

- * Para el experimento se necesitan dos personas. La primera es el agente que provoca el estímulo y la segunda debe responder a dicho estímulo, dicho en otras palabras la primera persona es la que deja caer sin previo aviso la regla y la segunda persona debe sujetarla con sus dedos por delante y por detrás de la regla cuando se dé cuenta que la regla ha sido soltada.

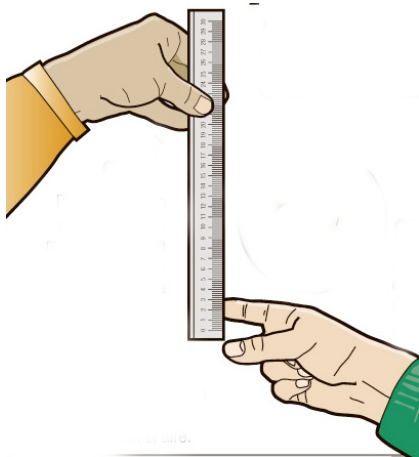


Figura 2.8: La segunda persona debe colocar sus dedos en el cero de la regla

- * Mide la distancia que cayó la regla.



Figura 2.9: El número que se encuentra justo en el medio del dedo pulgar es la distancia que recorrió la regla al caer, en este ejemplo sería 13 cm

- * Repite los pasos anteriores 30 veces, de tal manera que se obtendrán 30 distancias, luego hay que promediarlas y calcular su incerteza es decir $\bar{Y}$ y $\sigma_{\bar{Y}}$.
- * La distancia promedio que cayó la regla se debe ingresar en la ecuación 2.14, para determinar el tiempo de reacción de la persona que sujeto la regla.
- * Para determinar la incerteza del tiempo utilice la siguiente ecuación:

$$\Delta t = \frac{\Delta Y}{2} \sqrt{\frac{2}{Yg}} \quad (2.15)$$

2.3. DISTANCIA L QUE RECORRE UNA ESFERA AL CAER AL SUELO

Al dejar rodar desde el reposo una esfera sobre un plano inclinado adquirirá una cierta velocidad al llegar al final del plano, lo que provocará que la esfera caiga describiendo un movimiento parabólico, por lo cual recorrerá una distancia L para cuando alcance el suelo, pero esta distancia será siempre variable debido a los distintos factores que intervienen en el experimento y sobre los cuales no tenemos ningún control, como por ejemplo el bamboleo que experimenta la esfera a lo largo de su rodamiento por el plano, corrientes

de aire, la curvatura de la mesa, estos provocarán que la esfera gane o pierda más velocidad al salir del plano inclinado, por lo que recorrerá una distancia mayor o menor para cuando toque el suelo.

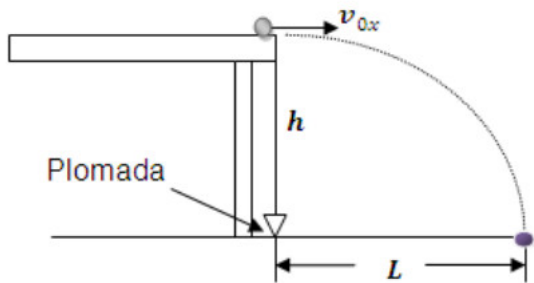


Figura 2.10: El diagrama muestra la distancia L recorrida por la esfera, esta distancia es siempre variable

2.3.1. Equipo

- * Cronómetro.
- * Esfera.
- * Una cinta de papel de 2 m de largo.
- * Cinta adhesiva.
- * Un trozo de papel manila.
- * Un trozo de papel pasante.
- * Un cuadro de duroport ó una tablilla de madera.
- * Dos trocitos de madera.
- * Una plomada.

2.3.2. Procedimiento

- * Levante la mesa de trabajo con un par de trozos de madera formando así un plano inclinado.

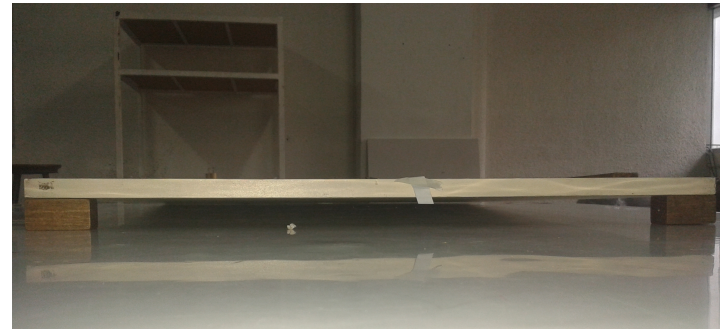


Figura 2.11: Tablero levantado con trozos de madera

- * Colocar un trozo de duroport ó tablilla de madera, sobre la tablilla colocar papel Manila y papel pasante, finalmente deje rodar la esfera desde el inicio del plano y déjela caer al suelo.
- * Dejar caer la esfera 10 veces sobre el papel.
- * Medir la distancia L que recorrió la esfera desde el punto indicado por la plomada hasta la marca que dejó la esfera al caer sobre el papel.

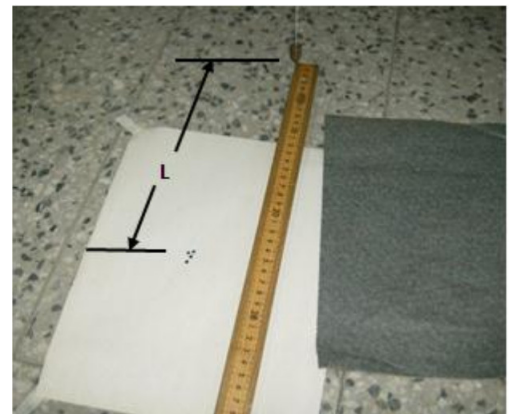


Figura 2.12: Distancia L a medir

- * Realice un promedio de las distancias y calcule su incerteza, es decir:

$$L = \bar{L} \pm \sigma_{\bar{L}}$$

2.4. HOJA DE DATOS

Práctica: Medición de Tiempos y Desplazamientos

Fecha: _____

Hora: _____

CARNÉ: NOMBRE:

FIRMA:

Tabla 2.1: Tiempo de Reacción

Altura Y (cm)					
1		11		21	
2		12		22	
3		13		23	
4		14		24	
5		15		25	
6		16		26	
7		17		27	
8		18		28	
9		19		29	
10		20		30	

Tabla 2.2: Distancia que Recorre una esfera al caer al Suelo

Distancia L (m)			
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	

3 | Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

3.1. Movimiento de una Esfera en un Plano Inclinado

La cinemática es una rama de la mecánica que estudia el movimiento de los cuerpos sin importar la causa que lo produce. Considerando un sistema de referencia cartesiano, un cronómetro y un observador situado en el origen de su sistema de referencia se pueden definir ciertas cantidades cinemáticas básicas de interés, como son: La posición, el desplazamiento, la velocidad media, la velocidad instantánea, la aceleración media y la aceleración instantánea. Considerado el caso especial, de un movimiento en una línea recta o en una dimensión, en donde la aceleración instantánea es una constante:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \text{Constante} \quad (3.1)$$

es decir: la medida de la razón del cambio de la velocidad en el tiempo es uniforme, entonces, se dice que el movimiento es uniformemente acelerado. Integrando la Ecuación ?? se obtiene:

$$v_{fx} = v_{ox} + at \quad (3.2)$$

$$x_f = x_o + v_o t + \frac{1}{2}at^2 \quad (3.3)$$

Si se considera las siguientes condiciones iniciales $x_o = 0$ y $v_{ox} = 0$, entonces se tiene

$$v = at \quad (3.4)$$

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad (3.5)$$

si representamos las ecuaciones anteriores en un gráfico

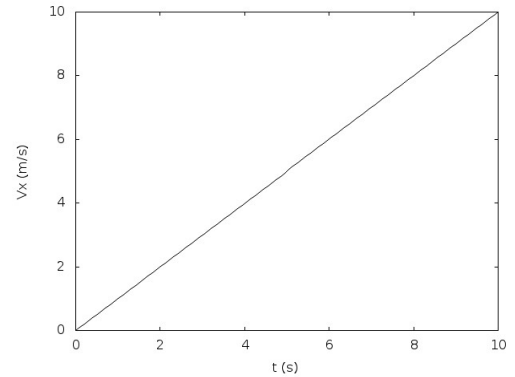


Figura 3.1: La velocidad es una función lineal que depende del tiempo

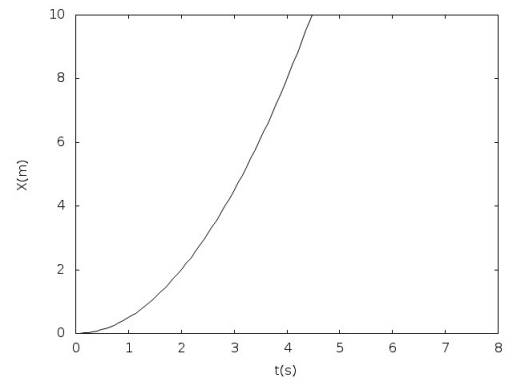


Figura 3.2: La posición es una función cuadrática que depende del tiempo

Entonces si en un experimento en el que se han tomado datos de posición y tiempo de una partícula y luego se realiza un análisis gráfico; de tal manera que, si el gráfico posición-tiempo los puntos experimentales tienen la tendencia de una ecuación de segundo orden en el tiempo, mientras que un gráfico velocidad-tiempo se observa una relación lineal o función lineal, podemos concluir que el movimiento es uniformemente acelerado.

COEFICIENTE DE CORRELACIÓN LINEAL

Este coeficiente determina la dependencia lineal de una variable respecto de otra, generalmente se le denomina como r^2 , y su valor puede estar entre 0 y 1, donde entre más cercano se encuentre dicho coeficiente del cero significa que la variable es linealmente independiente de la otra, por otro lado si el coeficiente adopta un valor cercano a 1, significa que la variable posee una dependencia lineal respecto de la otra, por ejemplo la fuerza de un resorte:

$$F = -kx \quad (3.6)$$

donde F es la fuerza, k es la constante del resorte y x es la distancia que se comprime o se estira el resorte, de la ecuación anterior es fácil observar que el coeficiente de correlación lineal de F respecto de x es $r^2 = 1$ debido a que la fuerza depende de la posición del resorte, es decir, es linealmente dependiente.

3.2. Uso de Software Qtiplo

Es un programa interactivo utilizado para realizar gráficas científicas y análisis de datos. Puede ser utilizado para realizar gráficas en 2D y 3D, también posee varios tipos de análisis de funciones para poder realizar el FIT correcto según lo exija el experimento. Al ejecutar el programa lo primero que se observa es que aparecen 2 columnas X y Y, en estas columnas es donde se ingresarán los datos que se desean graficar, pero dado que todos los datos poseen incerteza debemos agregar otras 2 columnas, una para la incerteza de X y otra para la incerteza en Y , para esto se debe

hacer clic derecho sobre el encabezado de las columnas y luego en la opción Add Column (ver Fig. 3.3)

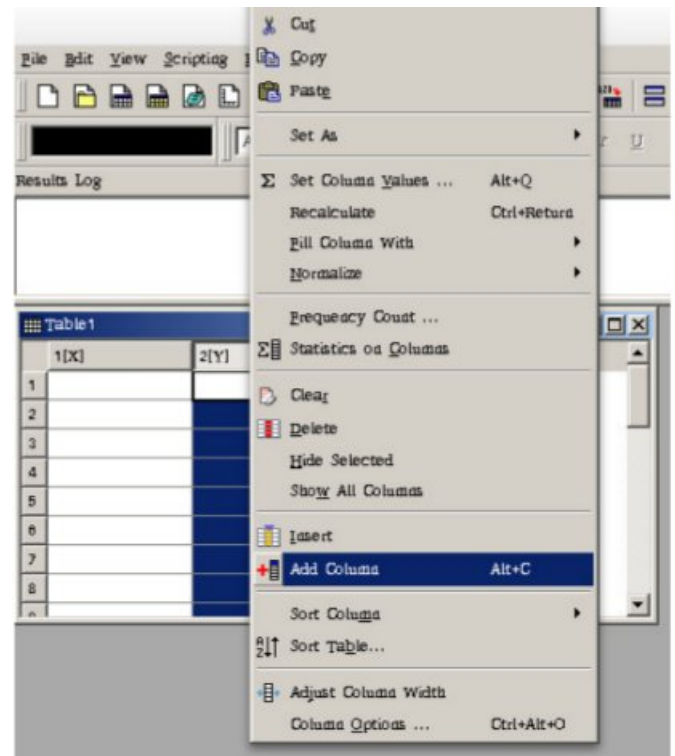


Figura 3.3: Haga clic derecho sobre el encabezado de cualquier columna para ver este cuadro de dialogo.

pero el encabezado de las nuevas columnas dirá 3Y y 4Y, como estas columnas serán las incertezas debemos declararlas como columnas de incertezas, para esto se debe hacer clic derecho en Column Options (ver Fig. 3.4)

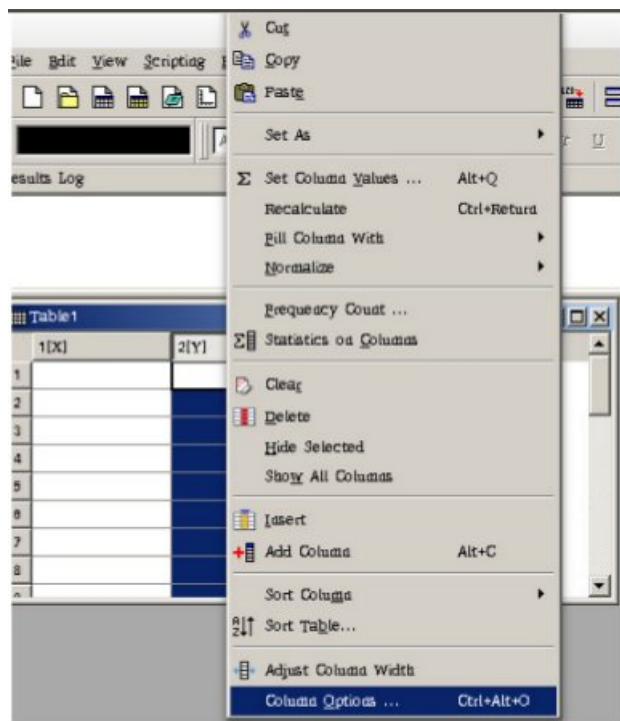


Figura 3.4:

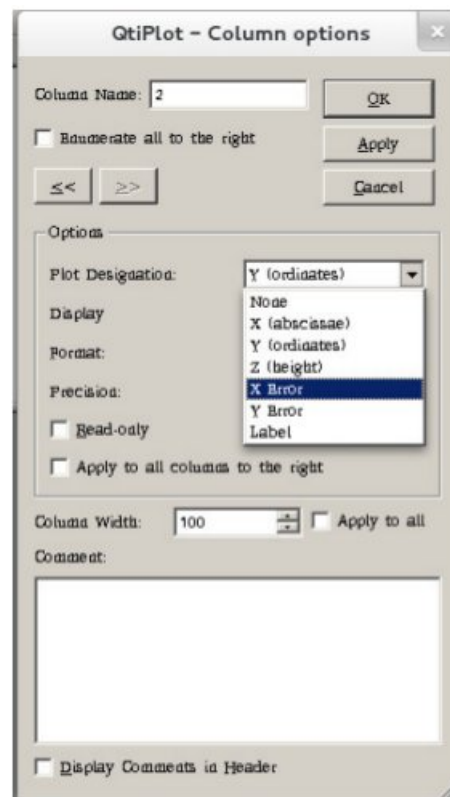


Figura 3.5:

luego buscar la opción que dice Plot Designation y seleccione la opción *x error* para una columna y en la otra *y error*, finalmente seleccionar Ok, Posteriormente ingrese los datos en sus respectivas columnas, y seleccionar en el menú Plot la opción Scatter, esta opción graficará los datos con sus respectivas incertezas sin unir los datos con una línea.

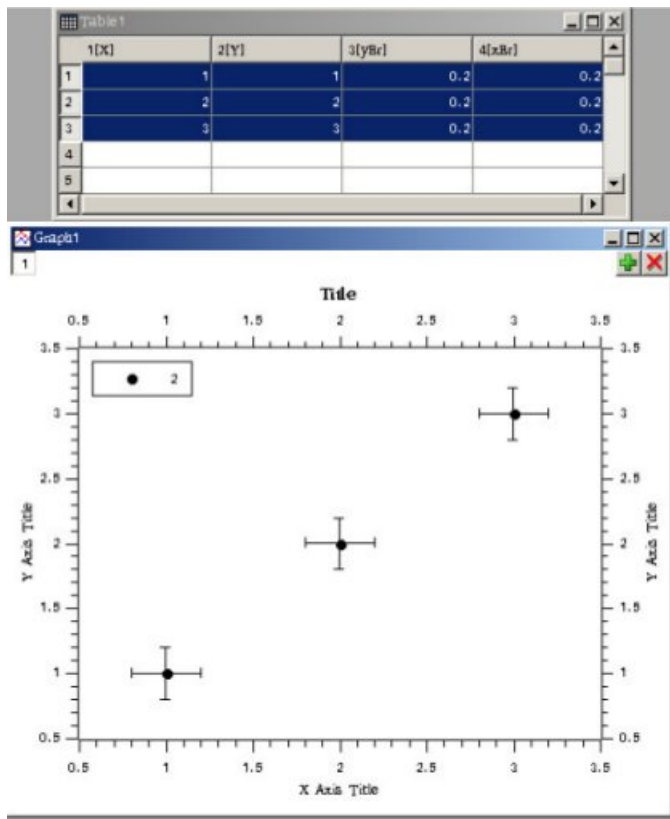


Figura 3.6:

Una vez que se obtiene la gráfica es momento de editarla, esto se hace haciendo doble clic sobre las etiquetas del Title para escribir el título de la gráfica, Y Axis Title para escribir el nombre del eje Y y X Axis Title para escribir el nombre del eje X.

Por lo general se desea obtener una función que modele el comportamiento de los datos es decir un FIT, para esto se hace clic en el menú Analysis, y se selecciona el tipo de Fit que se desea según el experimento que se realizó, pero por lo general las funciones que se necesitan son polinomiales, para ello es necesario hacer clic en la opción Fit Wizard (ver Fig. 3.7), luego en el cuadro de dialogo que apareció se debe escoger la opción Built In y finalmente escoger el tipo de función que se desea, por ejemplo si desea una función cuadrática, debe escoger la opción de Polynomial y seleccionar que es de orden 2 (ver Fig. 3.8), una vez seleccionada la función haga clic en Add Expression,

y dependiendo de sus condiciones iniciales usted debe editar su función en el espacio en blanco que aparece con la función escrita.

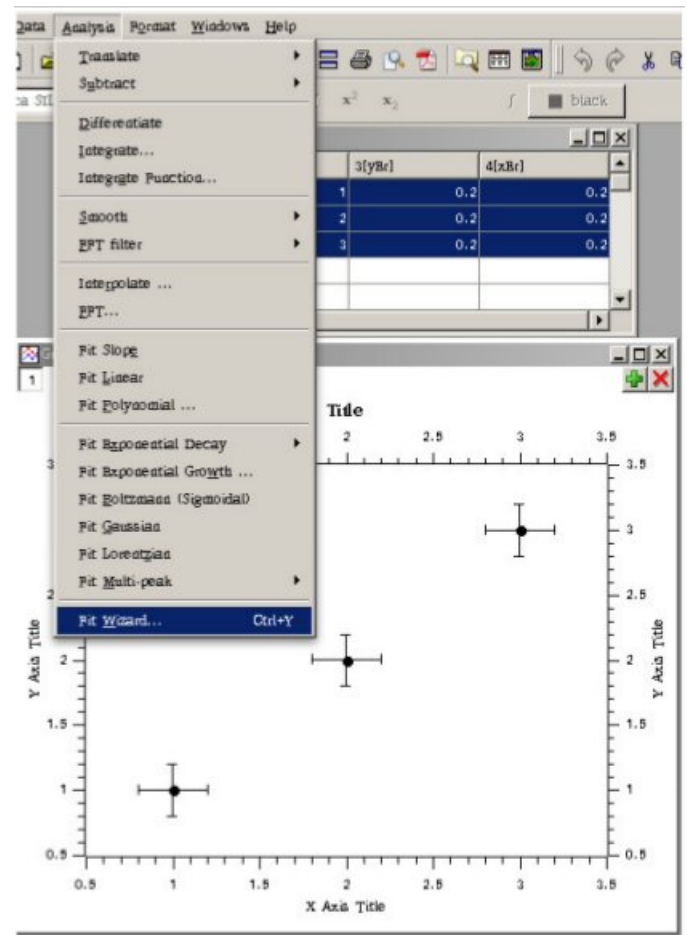


Figura 3.7:

Finalmente haga clic en la flecha que aparece en la parte inferior del cuadro de dialogo, y en el siguiente cuadro seleccione la opción que dice FIT para que el programa proceda a calcular el fit correspondiente. (ver 3.9)

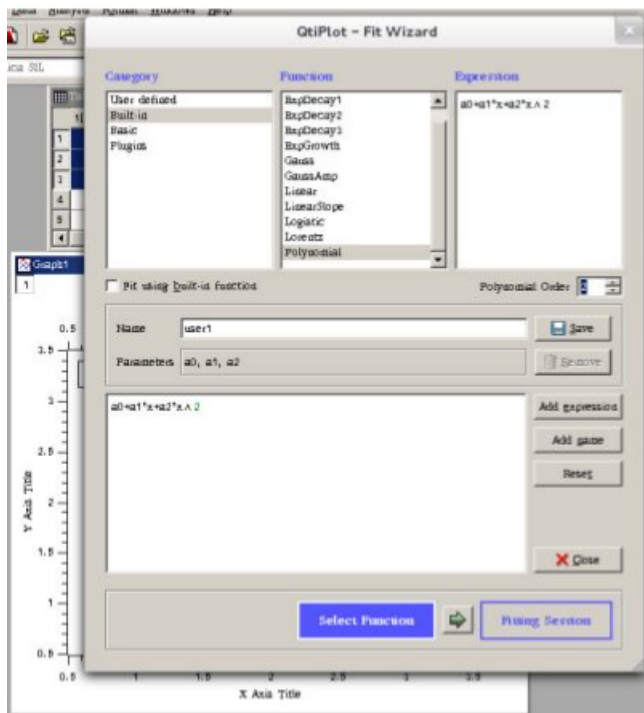


Figura 3.8:

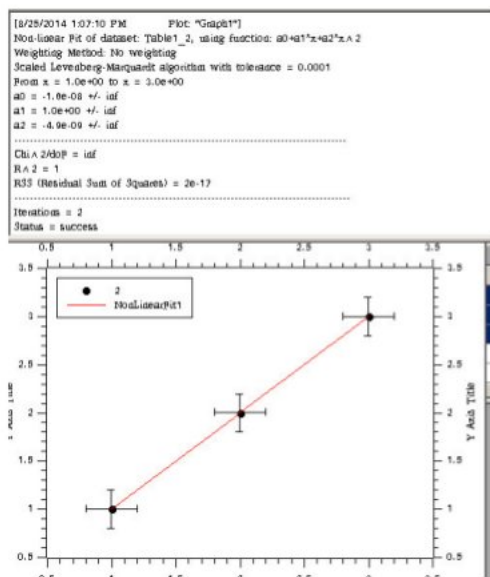


Figura 3.9: En el cuadro en blanco que se observa arriba de la gráfica, aparecen los valores de cada una de las constantes de la función con sus respectivas incertezas, así como el coeficiente de correlación lineal.

Otro asunto de vital interés, es el análisis de incertezas, esto se debe hacer comparando el valor teórico contra el valor experimental, la forma más común es realizar una gráfica donde se muestren ambos valores con sus respectivas incertezas (ver Fig. 3.10)

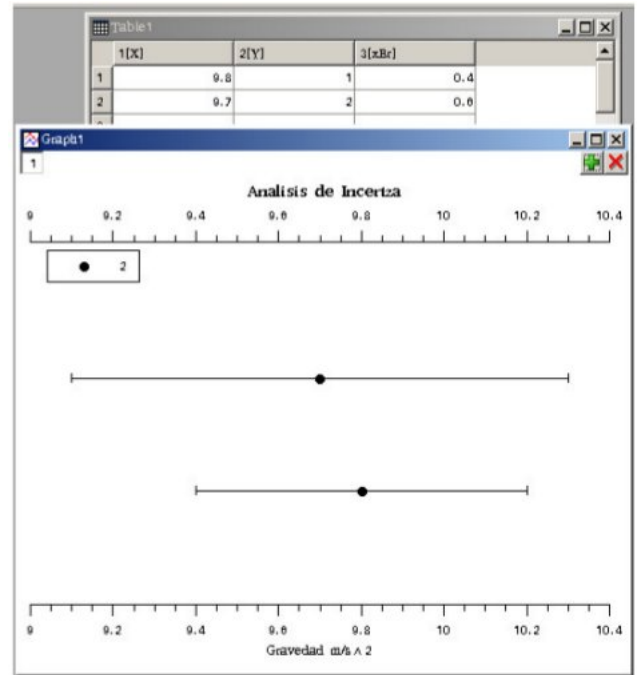


Figura 3.10: Se muestra un ejemplo de la comparación entre el valor Teórico de la Gravedad y el Valor Experimental de la misma

DESARROLLO DE LA PRACTICA

Equipo

- * Una esfera
- * Un Cronómetro
- * Una cinta de papel de 1 metro de largo
- * Dos trocitos de madera
- * Un tablero de 1 metro de largo

Magnitudes Físicas a Medir

- * La posición x de la esfera

- * El tiempo t que tarda la esfera en llegar a la posición x

Procedimiento

- * Levantar el tablero con un par de trozos de madera formando un plano inclinado con un angulo pequeño.
- * Colocar la cinta de papel sobre el tablero de tal manera que sirva como riel para que ruede la esfera, y marque cada 20 cm.
- * Suelte la esfera desde la posición $x_o = 0$ cm y mida 10 veces el tiempo que le toma en alcanzar cada posición x_i , es decir $x_1 = 20$ cm, $x_2 = 40$ cm... etc.

- * Realizar el análisis de datos(Fit) en la gráfica (v-t).

- * Si al realizar los ambos Fits se observa una función cuadrática en el gráfico (x-t) y en el gráfico de (v-t) se observa una función lineal, podemos concluir que el modelo matemático escogido es correcto.

3.3. Procesamiento Estadístico de Datos

- * Tabular y realizar un promedio de los datos experimentales en una tabla como se muestra, recordar que la incerteza de la posición x es la medida mas pequeña que posee su instrumento de medición y la incerteza del tiempo es la desviación estándar de la media σ_t .

$x_i(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$\dots$	$\bar{t}_i$	$v_i(m/s)$
0							
0.20							
0.40							
0.60							
0.80							
1.00							

- * Realizar un gráfico en qtiplot posición-tiempo, es decir (x-t).
- * Realizar un fit del gráfico y obtener una función de la forma $Y = Ax^2$, al comparar esta función con la Ecuación 3.5, es fácil observar que $A = \frac{1}{2}a$ despejando la aceleración se obtiene que $a = 2A$.
- * Determinar las velocidades de la esfera en cada una de las posiciones y realizar un gráfico velocidad-tiempo es decir (v-t).

3.4. HOJA DE DATOS

Práctica: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado (MRUV)

Fecha: _____

Hora: _____

CARNÉ: NOMBRE:

FIRMA:

Tabla 3.1: MRUV

$x_i(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$t_5(s)$	$t_6(s)$	$t_7(s)$	$t_8(s)$	$t_9(s)$	$t_{10}(s)$
0.200 ± 0.001										
0.400 ± 0.001										
0.600 ± 0.001										
0.800 ± 0.001										
1.000 ± 0.001										

4 | Movimiento Parabólico

Composición de Textos Científicos

Un trabajo científico es un texto organizado para satisfacer las necesidades de una publicación científica válida. Los editores y las revistas científicas recomiendan diferentes sistemas de organización de los trabajos científicos que, a pesar de seguir un cierto orden lógico de presentación se diferencian en las partes en que se divide el trabajo, según la disciplina científica de que se trate el artículo. Lo que tienen en común todas estas normas y estándares es que un trabajo científico ha de consistir en: resumen, desarrollo, resultados, discusión de resultados, conclusiones y referencias bibliográficas.

Partes de un Reporte

Resumen

Un buen resumen debe permitir al lector identificar, en forma rápida y precisa, el contenido básico del trabajo; no debe tener más de 250 palabras y debe redactarse en pasado, exceptuando el último párrafo o frase concluyente. No debe aportar información o conclusión que no está presente en el texto, así como tampoco debe citar referencias bibliográficas. Debe quedar claro el problema que se investiga y el objetivo del mismo.

Objetivos

Es necesario indicar de manera el propósito del trabajo. Definir los objetivos de la práctica permite la formulación de una o varias hipótesis. Los objetivos se pueden clasificar en objetivos generales y específicos.

Marco Teórico

Su contenido debe tener una exposición lógica y ordenada de los temas, así como evitar la excesiva extensión y el resumen extremo de la presentación de la teoría. Es importante que la teoría expuesta no sea una "transcripción bibliográfica" de temas que tengan alguna relación con el problema, sino que fundamente científicamente el trabajo.

Diseño Experimental

Hace una descripción del método o técnica utilizada para medir y/o calcular las magnitudes físicas en estudio, y si es el caso, del aparato de medición. Hay que recordar que el "método" es el procedimiento o dirección que conducirá a la solución del problema planteado. Las Partes del Diseño Experimental son: Equipo, Magnitudes Físicas a medir y Procedimiento.

Equipo

En este apartado debe aparecer una lista detallada de todos los instrumentos utilizados en el desarrollo de la práctica, si es posible incluir una imagen donde se pueda apreciar todo el equipo.

Magnitudes Físicas a Medir

En este apartado usted debe escribir una lista de todas las mediciones que realizó durante el experimento. Por ejemplo si necesita medir la distancia que recorrió una partícula, usted debe escribir: La distancia x que recorre la partícula.

Procedimiento

En este apartado usted debe detallar paso a paso de forma clara y ordenada como realizo el experimento.

Resultados

Los resultados se analizan, en general, por medio de gráficos o diagramas, debidamente identificados, que muestran el comportamiento entre las magnitudes medidas o que permiten calcular otras magnitudes.

Todos los datos obtenidos deben ir acompañados de las unidades dimensionales, con su debida incertidumbre de medida, que mostrarán la calidad, precisión y reproductibilidad de las mediciones. Éstos deben ser consistentes, a lo largo del reporte.

Discusión de Resultados

En este apartado se deben analizar los resultados obtenidos, contrastándolos con la teoría expuesta en la sección del Marco Teórico. Corresponde explicar el comportamiento de las tablas y gráficas expuestas en la sección de Resultados, tomando en cuenta el análisis estadístico apropiado.

Conclusiones

Las conclusiones son interpretaciones lógicas del análisis de resultados, que deben ser consistentes con los objetivos presentados previamente.

Bibliografía o Referencias

Las fuentes de consulta se citan en forma organizada y homogénea, el más utilizado es el reglamento APA, el cual detalla de que manera se deben citar los libros, artículos y obras en general consultadas, que fueron indispensables en el desarrollo del informe.

4.1. Movimiento Compuesto de una Esfera

Al hacer girar una esfera sobre un plano inclinado con un ángulo muy pequeño, la esfera se desplazará describiendo un movimiento rectilíneo uniformemente variado, pero cuando la esfera llega al borde de la mesa, la esfera experimenta una caída libre en un movimiento en dos dimensiones (depreciando la acción del aire y solo considerando la atracción de la tierra), el movimiento es llamado tiro parabólico.

Una descripción del movimiento muestra que la esfera no experimenta aceleración en dirección x (dirección horizontal) y decimos que el movimiento es uniforme, y por lo tanto su velocidad en esa dirección es constante:

$$v_x = v_{ox} = cte \quad (4.1)$$

Su posición esta dada por

$$x = v_x t \quad (4.2)$$

En el eje Y la esfera experimenta una aceleración constante g hacia abajo, la cual es producida por la fuerza de la gravedad, siendo su posición:

$$y = v_{oy} t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (4.3)$$

Considerando el ángulo de inclinación del plano muy pequeño, (CUIDADO: esta simplificación puede alterar algunos resultados finales) se puede desprejar la velocidad inicial en la dirección y entonces la Ec. (4.3) se simplifica como

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (4.4)$$

Combinando ambos movimientos y despejando t de la expresión de la posición en el eje x, y sustituyendo en la dirección del eje y, se obtiene:

$$y = \frac{g x^2}{2 v_{ox}^2} \quad (4.5)$$

La ecuación anterior nos informa que la trayectoria que sigue la esfera a medida que cae experimenta una trayectoria de tipo parabólica. Ahora si se conoce la

altura del borde de la mesa al piso, y prediciendo por medio de un análisis gráfico la función de la velocidad para poder predecir la velocidad de salida al borde de la mesa, se puede predecir a qué distancia horizontal L cayó la esfera del borde de la mesa al chocar en el piso.

$$L = v_{ox} \sqrt{\frac{2Y}{g}} \quad (4.6)$$

DESARROLLO DE LA PRACTICA

Equipo

- * Una Esfera
- * Una regla métrica de un metro o cinta métrica.
- * Un cronómetro.
- * Una cinta de papel de dos metros de largo y 15 cm
- * de cinta adhesiva.
- * Un trozo de papel manila y un papel pasante.
- * Un cuadro de duroport ó una tabilla de madera.
- * Dos trocitos de madera y una plomada.

Magnitudes Físicas a Medir

- * La posición x de la esfera respecto a un punto de referencia arbitrariamente escogido.
- * El tiempo t que tarda la esfera en llegar a la posición x
- * La altura h del piso a borde de la mesa y el recorrido horizontal L .

Procedimiento

- * Levantar el tablero con un par de trozos de madera formando así un plano inclinado.



Figura 4.1: Tablero Levantado con trozos de Madera



Figura 4.2: Plano Inclinado formado con el tablero

- * Seleccionar un sistema de referencia, para medir la posición x , en una cinta de papel, que servirá como riel. Con su regla métrica, señale distintas posiciones, separadas por ejemplo unos 20 centímetros.
- * Soltar la esfera desde la posición $x_o = 0 \text{ cm}$ y mida 10 veces el tiempo que le toma en alcanzar cada posición x_i , es decir $x_1 = 20 \text{ cm}$, $x_2 = 40 \text{ cm}$... etc.
- * Tabule y realice un promedio de sus datos experimentales en una tabla como la que se muestra a continuación, recuerde que la incerteza de la posición x es la medida mas pequeña que posee su instrumento de medición y la incerteza del

tiempo es la desviación estándar de la media σ_t

$x_i(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$\dots$	$\bar{t}_i$	$v_i(m/s)$
0							
0.20							
0.40							
0.60							
0.80							
1.00							

- * Realizar un gráfico en QtiPlot de posición-tiempo, es decir (x vs t).
- * Realizar un fit del gráfico y usando un modelo de la forma $Y = Ax^2$, y al comparar esta función con las Ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente variado, es fácil observar que $A = \frac{1}{2}a$ despejando la aceleración se obtiene $a = 2A$.

4.2. Uso de Software LaTeX

LaTeX es un sistema de composición de textos, concebido para la creación de documentos escritos que presenten una alta calidad tipográfica. Por sus características y posibilidades, se utiliza especialmente y en gran medida en la generación de artículos y libros científicos que incluyen expresiones matemáticas, entre otros elementos. Es además un software libre distribuido bajo licencia **LPPL**.

"LaTeX está formado por un gran conjunto de macros de TeX, escrito por *Leslie Lamport* en 1984, con la intención de facilitar el uso del lenguaje de composición tipográfica TeX, creado por *Donald Knuth*. Es muy empleado para la composición de artículos académicos, tesis y libros técnicos, dado que la calidad

tipográfica de los documentos realizados en LaTeX, se considera adecuada a las necesidades de una editorial científica de primera línea, muchas de las cuales ya lo emplean."

Latex básicamente se divide en dos partes, el preámbulo, y el cuerpo del programa, lo primero es indicarle a Latex el tipo de documento, si es un artículo, una carta, etc., esto debe ir en el preámbulo es decir antes de iniciar el documento, y mediante el siguiente comando se puede definir el tipo de documento:

```
\documentclass[Opciones]{style}
```

Donde en el apartado style es donde se indica el tipo de documento a continuación se listan los más utilizados

Tipo	Style
Carta	letter
Artículo	article
Reporte	report
Libro	book
Presentación	slides

Un formato ampliamente aceptado, es el formato IEEEtran, esta es una clase para autores de publicaciones y conferencias del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE).

Como todo lenguaje de programación LaTeX necesita de ciertas librerías para poder ejecutar las ordenes que el usuario desea, a estas librerías se les llaman paquetes (package), estas librerías se deben colocar en el preámbulo:

```
\usepackage[opciones]{nombre del paquete}
```

Función	Paquete
Codificación Alfabeto	<code>\usepackage[utf8]{inputenc}</code>
Idioma en Español y punto decimal	<code>\usepackage[spanish, es-nodecimaldot]{babel}</code>
Codificación de Fuente	<code>\usepackage[T1]{fontenc}</code>
Gráficos	<code>\usepackage{graphicx}</code>
Posición de Figura	<code>\usepackage{float}</code>
Matemática	<code>\usepackage{amsmath}</code> <code>\usepackage{amsfonts}</code> <code>\usepackage{amssymb}</code>
Tablas	<code>\usepackage{multirow}</code> <code>\usepackage{multicol}</code> <code>\usepackage{booktabs}</code>

para indicarle a LaTeX donde inicia el contenido del documento se utiliza el siguiente comando

```
\begin{document}
Contenido del documento
\end{document}
```

Una vez que estamos en el cuerpo del programa es momento de empezar a editarlo, lo primero es definir quien es el autor, el titulo del documento y la fecha, eso se hace mediante el comando:

```
\title{Titulo del documento}
\author{Autor o Autores}
\date{Fecha}
\maketitle{}
```

Una sección muy importante en la composición de textos científicos es el resumen o abstract, en latex esto se hace de la siguiente forma:

```
\begin{abstract}
Resumen
\end{abstract}
```

Lo siguiente sería escribir los objetivos, marco teórico y las demás secciones del texto científico, por lo que para cada sección usaremos:

```
\section{Titulo de la Seccion}
```

Para la sección del Marco Teórico es necesario ingresar las ecuaciones que se utilizaron en el desarrollo del experimento, estas deben ir numeradas, esto lo hace latex de manera automática por medio del comando:

```
\begin{equation}
Ecuacion
\end{equation}
```

Para ingresar ecuaciones la siguiente tabla será de mucha utilidad:

Operación	Comando
$\frac{m}{n}$	<code>\frac{num}{den}</code>
$\sqrt[n]{x}$	<code>\sqrt[n]{argumento}</code>
m^n	<code>m^{n}</code>
m_n	<code>m_{n}</code>
Signo Por ($\times$)	<code>\times</code>
$\pm$	<code>\pm</code>

En algunas secciones por ejemplo en Resultados, es necesario ingresar imágenes o figuras, estas también deben ir numeradas, de nuevo latex lo hace automáticamente, por medio del comando:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\includegraphics[scale]{nombre imagen}
\caption{Descripcion de la imagen}
\label{etiqueta}
\end{figure}
```

Nota: en `includegraphics` donde dice *scale*, significa que usted debe ingresar la escala de la imagen, por ejemplo `scale=0.8`, esto quiere decir que la imagen se insertará con el 80 % de su tamaño.

En el caso en que necesitéramos ingresar tablas se utiliza:

```
\begin{table}[H]
\begin{center}
\scalebox{escala horizontal}[vertical]{
\begin{tabular}{columnas}
columna 1 & columna 2 & . . . \\ \hline
\end{tabular}
}
\end{center}
\end{table}
```

4.3. HOJA DE DATOS

Práctica: Movimiento Parabólico

Fecha: _____

Hora: _____

CARNÉ: NOMBRE: _____

FIRMA: _____

Tabla 4.1: MRUV

$x_i(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$t_5(s)$	$t_6(s)$	$t_7(s)$	$t_8(s)$	$t_9(s)$	$t_{10}(s)$
0.200 ± 0.001										
0.400 ± 0.001										
0.600 ± 0.001										
0.800 ± 0.001										
1.000 ± 0.001										

Tabla 4.2: Recorrido horizontal L(cm)

L(cm)			
1		6	
2		7	
3		8	
4		9	
5		10	

5 | Segunda Ley de Newton

5.1. Determinación del Coeficiente de Fricción Estático entre un Bloque y un Plano Inclinado

La experiencia nos lleva a creer que los movimientos de los cuerpos son controlados por interacciones entre ellos y los demás objetos que los rodean, es por eso que la mecánica se encarga de estudiar el movimiento de los cuerpos. Isaac Newton fue el primero en dar una completa formulación de las leyes de la mecánica por medio de sus tres famosas leyes:

- * Inercia: Todo cuerpo permanecerá en estado de reposo o en movimiento uniforme en línea recta siempre que no sea obligado a cambiar de estado por fuerzas que actúen sobre él.
- * La razón de cambio del momentum respecto del tiempo es proporcional a la fuerza ejercida sobre un cuerpo, y su dirección es la dirección en la que la fuerza actúa.
- * Acción y Reacción: A toda acción se opone siempre una reacción.

De la segunda ley de Newton, el momentum lineal se define como:

$$P = mv \quad (5.1)$$

y el cambio del momentum respecto del tiempo no es más que su derivada respecto del tiempo es decir:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{d(mv)}{dt} = v \frac{dm}{dt} + m \frac{dv}{dt}$$

dado que para la mayoría de situaciones la masa es constante, es decir que la masa del cuerpo no cambia,

y sabiendo que el cambio de la velocidad en el tiempo es la aceleración, entonces:

$$\frac{dP}{dt} = m \frac{dv}{dt} = ma \quad (5.2)$$

lo cual nos lleva a la definición usualmente conocida de la fuerza:

$$\Sigma F = ma \quad (5.3)$$

Uno de los problemas más comunes y el que también trataremos en esta práctica, es el movimiento de dos masas en un plano inclinado unidas por medio de una cuerda

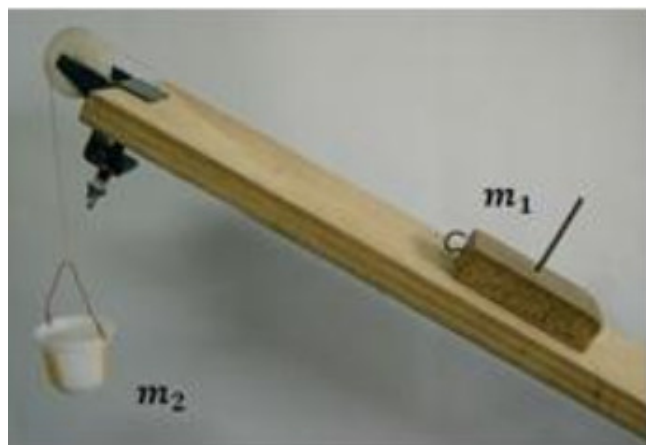


Figura 5.1:

Tanto la cuerda como la polea las consideraremos como ideales, el conjunto de fuerzas que actúan sobre ellas se puede observar en la figura 5.1

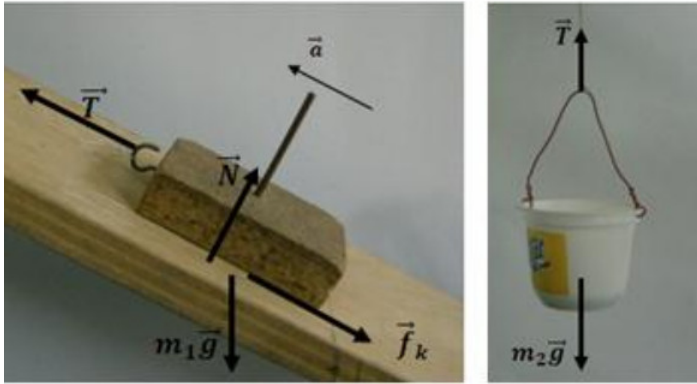


Figura 5.2: Se muestra la dirección de la aceleración de la masa m_1 para indicar que fuerzas se oponen al movimiento.

Aquí los diferentes tipos de fuerzas son: la fuerza del peso, que es la fuerza que ejerce la tierra sobre cualquier cuerpo de masa m y se define como $m\vec{g}$ (siendo g la aceleración de la gravedad de la tierra cercana a la superficie y con un valor de $g = 9.8m/s^2$ y su sentido y dirección es vertical y hacia abajo. Otra es la fuerza que ejerce la cuerda jalando al cuerpo, llamada fuerza de tensión y denotada por la letra T su sentido es sobre la línea de acción de la cuerda y hacia a donde jala el cuerpo, otra es la fuerza normal, que es la fuerza que le ejerce la superficie del plano inclinado a la masa que hace que el cuerpo no se hunda en ella, se denota por la letra N su sentido y dirección es una línea perpendicular a la superficie y hacia afuera.

Por último la fuerza de fricción, se denota con la letra f , la cual es una fuerza cuyo sentido siempre es en contra del movimiento del cuerpo, existen dos tipos: cuando el cuerpo se encuentra en reposo (fuerza de fricción estática f_s) la cual se define como $f_s \leq \mu_s N$ donde μ_s es el coeficiente de fricción estático, por simplicidad utilizaremos el signo de igualdad ($=$) y no el signo ($\leq$) esto quiere decir que es cuando el objeto esta a punto de moverse, y cuando el cuerpo se encuentra en movimiento (fuerza de fricción cinética f_k) la cual se define como $f_k = \mu_k N$ donde μ_k es el coeficiente de fricción cinético, en ambos casos N es la fuerza normal, los coeficientes de fricción dependen

de las superficies en la cual se encuentren los cuerpos y es una medida de que tan lisa o que tan rugosa es la superficie de contacto.

Luego realizar el análisis de fuerzas y al descomponerlas para x y y , se despejan los coeficientes de fricción según sea el caso:

Para el coeficiente de fricción estático

$$\mu_s = \frac{m_2 - m_1 \sin \theta}{m_1 \cos \theta} \quad (5.4)$$

Para el coeficiente de fricción cinético

$$\mu_k = \frac{m_2 g - m_1 g \sin \theta - (m_1 + m_2) a}{m_1 g \cos \theta} \quad (5.5)$$

DESARROLLO DE LA PRACTICA

Equipo

- * Plano inclinado, polea y masa.
- * Un cronómetro.
- * Una cinta métrica.
- * Un recipiente como segunda masa variable con unas 20 monedas de 1 centavo.
- * Hilo de cáñamo 1.65 m de largo.
- * Una balanza.

Magnitudes Físicas a Medir

- * La masa de madera m_1 sobre el plano inclinado.
- * La masa que cuelga m_2 según las condiciones dadas.
- * El tiempo que la masa que cuelga tarda en recorrer cierta distancia

Procedimiento

- * Montar el equipo como se muestra en la figura 5.1, escoger y fijar un ángulo de inclinación entre 30 a 40 grados.



Figura 5.3: Ejemplo del Equipo Armado, asegúrese que cuando la masa m_1 se encuentre hasta arriba del plano la cuerda que sujeta a m_2 no tope en el suelo.

Coefficiente de Fricción Estático

- * Vaciar el recipiente de la masa que cuelga, es decir m_2 , y colocar la masa m_1 en el inicio del plano.
- * Comenzar a introducir centavos en m_2 , halar de vez en cuando el hilo poco a poco, solo para ver si el sistema comienza a moverse, de no ser así, siga introduciendo monedas hasta que la masa m_1 esté a punto de moverse.
- * Al lograr esta condición, medir: las masa de m_2 , m_1 y el ángulo de inclinación del plano, sustituir estos datos en la Ecuación 5.4 y determinar el coeficiente de fricción estático.
- * Para determinar la incerteza del coeficiente de fricción estático utilizar

$$\Delta\mu_s = \mu_s \left(\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2} \right) \quad (5.6)$$

Coefficiente de Fricción Cinético

- * Con el contenido de monedas del inciso anterior, seguir introduciendo más monedas hasta que la masa m_1 se deslice en el plano, de tal manera, que no sea ni tan rápido ni tan despacio, una vez lograda esta condición medir la masa m_2 .
- * Para medir la aceleración del sistema colocar la masa m_1 al inicio del plano y soltar la masa m_2 , medir el tiempo que le toma a la masa m_2 llegar al suelo, y medir el cambio de altura h que experimenta la masa m_2 como se muestra en la figura 5.4.



Figura 5.4: h es el cambio de altura que experimenta m_2

- * Repetir el paso anterior 10 veces, de tal modo que tendrá 10 tiempos y 10 alturas, determinar el tiempo promedio, la desviación estándar de la media del tiempo y la altura promedio con la desviación estándar de la media de la altura.
- * Al soltar la masa m_2 , su velocidad inicial será cero, por lo que la ecuación que describe su mo-

vimiento será $h = \frac{1}{2}at^2$ despejando a se obtiene

$$a = \frac{2h}{t^2}$$

sustituir el tiempo promedio y la altura promedio en la ecuación anterior para determinar la aceleración del sistema.

- * Para determinar la incerteza de la aceleración utilice

$$\Delta a = a \left(\frac{\Delta h}{h} + \frac{2\Delta t}{t} \right)$$

- * Una vez calculada la aceleración el sistema, proceder a determinar el coeficiente de fricción cinético por medio de la Ecuación. 5.5.
- * Por simplicidad no se considerara la incerteza del ángulo y de las masas, por lo tanto la incerteza del coeficiente de fricción cinético es:

$$\Delta \mu_k = \mu_k \left(\frac{\Delta m_1}{m_1} + \frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta a}{a} \right)$$

- * Si se desea un calculo más preciso de las incertezas utilice derivadas parciales y la regla de cuadratura.

5.2. HOJA DE DATOS

Práctica: Segunda Ley de Newton

Fecha: _____

Hora: _____

CARNÉ: NOMBRE:

FIRMA:

Coefficiente Estatico

masa 1 (g)

masa 2 (g)

Angulo θ ($^{\circ}$)

Coefficiente Cinetico

masa 1 (g)

masa 2 (g)

Angulo θ ($^{\circ}$)

No.	h(m)	t(s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

6 | Teorema del Trabajo y Energía

6.1. Determinación del Cambio de Energía Cinética de un Bloque que se Desliza sobre un Plano Inclinado

El teorema de trabajo y energía establece que

$$\Delta E = \Sigma W_{No\ conservativas} \quad (6.1)$$

donde ΔE es el cambio de la energía mecánica del sistema y $\Sigma W_{No\ conservativas}$ es la suma todos los trabajos realizados por las fuerzas no conservativas del sistema.

La energía mecánica viene dada por la suma de la energía cinética (K) y la energía potencial (U) del sistema.

$$E = K + U$$

donde la energía cinética viene dada por

$$K = \frac{1}{2}mv^2$$

y la energía potencial viene dada por

$$U = mgh$$

por lo que es evidente que el cambio de la energía es

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgh_f - \frac{1}{2}mv_o^2 - mgh_o \quad (6.2)$$

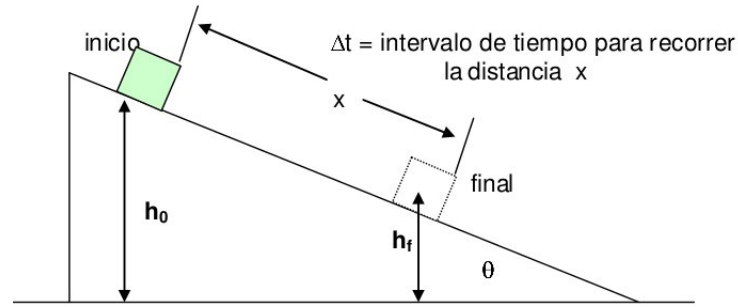


Figura 6.1:

pero debido a las condiciones iniciales del sistema, las cuales son $v_o = 0\ m/s$ y $h_f = 0\ m$ entonces la ecuación anterior se reduce a

$$\Delta E = \frac{1}{2}mv_f^2 - mgh \quad (6.3)$$

Por otro lado, la única fuerza no conservativa que actúa sobre el sistema es la fuerza de fricción, y se sabe que el trabajo de la fuerza de fricción viene dado por

$$W = f_f d \cos(\alpha)$$

pero dado que la fuerza de fricción siempre actúa en contra del movimiento del sistema, $\alpha = 180^\circ$, entonces, $\cos(\alpha) = -1$, por lo que el teorema del trabajo y energía se reduce a

$$-F_f d = \frac{1}{2}mv_f^2 - mgh \quad (6.4)$$

Donde la fuerza de fricción se puede encontrar mediante el análisis de fuerzas que actúan sobre el bloque:

$$F_f = mg \sin(\theta) - ma \quad (6.5)$$

y dado que el movimiento que describe el bloque sobre el plano es un movimiento acelerado, tomando en cuenta las condiciones iniciales las ecuaciones que describen el movimiento son:

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad (6.6)$$

$$v = at \quad (6.7)$$

Desarrollo de la Práctica

Equipo

- * Plano inclinado y masa.
- * Un cronómetro.
- * Una cinta métrica.
- * Una balanza.

Magnitudes Físicas a Medir

- * La masa de madera m sobre el plano inclinado.
- * El tiempo que la masa tarda en recorrer cierta distancia

Procedimiento

- * Montar el equipo como se muestra en la figura 6.2, escoger y fijar un ángulo de inclinación entre 30 a 40 grados.



Figura 6.2:

- * Colocar la cinta de papel sobre el plano de tal y marque cada 10 cm.
- * Soltar el bloque de masa m desde la posición $x_o = 0cm$ y medir 10 veces el tiempo que le toma alcanzar cada posición x_i , es decir $x_1 = 10 cm$, $x_2 = 20 cm \dots$ etc.
- * Medir el cambio de altura h que experimenta el bloque, desde x_o hasta x_f

6.2. Procesamiento Estadístico de Datos

- * Tabular y realizar un promedio de sus datos experimentales en una tabla como la que se muestra a continuación, recuerde que la incerteza de la posición x es la medida mas pequeña que posee su instrumento de medición y la incerteza del tiempo es la desviación estándar de la media σ_t .

$x_i(m)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$\dots$	$\bar{t}_i$	$v_i(m/s)$
0							
0.20							
0.40							
0.60							
0.80							
1.00							

- * Realizar un gráfico en qtiplot de posición-tiempo.
- * Realizar un fit de los datos, y determinar la aceleración del sistema.
- * Determinar la velocidad final del bloque.
- * Determinar el cambio de energía que experimenta el bloque
- * Determinar la fuerza de fricción que actúa sobre el bloque
- * Verificar si se cumple el teorema del trabajo y la energía.
- * Proceder a Realizar un informe de laboratorio en LaTeX utilizando el formato oficial

6.3. HOJA DE DATOS

Práctica: Teorema del Trabajo y Energía

Fecha:_____

Hora:_____

CARNÉ: NOMBRE:

FIRMA:

Posición (cm)	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t_4(s)$	$t_5(s)$	$t_6(s)$	$t_7(s)$	$t_8(s)$	$t_9(s)$	$t_{10}(s)$
10.0 ± 0.1										
20.0 ± 0.1										
30.0 ± 0.1										
40.0 ± 0.1										
50.0 ± 0.1										
60.0 ± 0.1										
70.0 ± 0.1										
80.0 ± 0.1										

Altura h (cm)

masa m (g)