



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

## GUIA DE LABORATORIO

Página 1 de 5

### *Ingenieria Industrial*

**ESPACIO ACADÉMICO:** Física I Mecánica Newtoniana

**NOMBRE PRACTICA:** Teoría de Errores

**TIPO DE PRACTICA:**

SEGUIMIENTO A UNA GUIA: X

PROPUESTA POR EL DOCENTE: X

DISEÑO E IMPLEMENTACION: Presencial

#### *Objetivos*

**OBJETIVO GENERAL:** 1. Identificar y manipular adecuadamente diferentes instrumentos de medición en física Mecánica Newtoniana

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Reconocer, identificar y cuantificar la incertidumbre de medición en un trabajo experimental
2. Presentar adecuadamente los datos y resultados de un trabajo experimental de acuerdo con las normas de calidad.
3. Analizar datos y resultados experimentales.

#### *Marco Teórico*

La longitud en abstracto, sin referirse a ninguna longitud en particular, es una magnitud. La longitud de un cuerpo en particular (por ejemplo; de una mesa) es una cantidad. Lo abstracto es la longitud y lo concreto la cantidad. El Sistema Internacional de Medida (S.I) considera como magnitudes fundamentales para el estudio de la mecánica: la longitud, la masa y el tiempo.

Las unidades fundamentales serán en las que se midan las magnitudes fundamentales. En nuestro caso serán: el metro (m), el kilogramo (Kg) y el segundo (s). Las unidades que se deriven de operaciones con las fundamentales se denominan unidades derivadas.

Todo resultado experimental tiene una incertidumbre de medición. Hay incertidumbre asociada a los instrumentos de medida y a la forma como se desarrolla el experimento. Es importante identificarla y cuantificarla, es decir, expresarla en forma numérica. Las distintas maneras en que se presenta la incertidumbre en un trabajo experimental se suman unas con otras y producen una incertidumbre total en el resultado. De hecho, reconocer las limitaciones de la experimentación en cuanto a la incertidumbre intrínseca que conlleva, ya es un logro del experimentador.

Los valores obtenidos a partir de las medidas realizadas durante los experimentos, deben presentarse apropiadamente en tablas de datos, que son registros ordenados de los mismos ceñidos a normas de calidad. Esto le permite al experimentador observar si sus datos tienen una secuencia lógica; por ejemplo, si el valor de una cantidad variable siempre aumenta o sí se presenta un dato inusual o absurdo, entre otros, lo que implica tomar decisiones como la de repetir la medición correspondiente. Los datos generalmente se operan matemáticamente para producir resultados y éstos también deben presentarse en las tablas de datos. Todos y cada uno de ellos deben registrarse con su correspondiente incertidumbre de medición. Para estimar la incertidumbre del resultado total se recurre a la Ley de Propagación de la Incertidumbre Cando es posible repetir una medida varias



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

## GUIA DE LABORATORIO

Página 2 de 5

veces, se recomienda hacerlo y reportar el dato haciendo uso de la estadística, las medidas de tendencia central y variabilidad que generalmente corresponden al promedio aritmético (media) y a su desviación estándar.

Así mismo, este valor promedio debe estar acompañado de una cantidad que cuantifique la seguridad que se tiene de esta medición, a esto es a lo que se le llama la incertidumbre experimental.

Para que una medición tenga significancia desde el punto de vista estadístico, se recomienda medir al menos tres (3) veces la misma variable, preferiblemente con las mismas condiciones espaciales, ambientales, y de cualquier otra índole. Incluso se recomienda que sea el mismo manipulador del aparato de medición. Sea  $X_i$  la  $i$ -ésima medición de la variable de interés.

Se define la media o valor promedio como:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n X_k \quad (1.1)$$

Donde  $N$  es el número de mediciones realizadas.

La incertidumbre experimental relativa o simplemente incertidumbre relativa está dada por:

$$\Delta X = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (d_k)^2}{n(n-1)}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1.2)$$

Donde  $d_k$  es la desviación del valor promedio y  $\sigma$  es la desviación estándar, cuyas expresiones se muestran a continuación:

$$d_k = \bar{X} - X_k \quad (1.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (d_k)^2}{n-1}} \quad (1.4)$$

Cada instrumento de medición conlleva su propia incertidumbre la cual debe establecerse previamente a cualquier medición. Ésta se llama incertidumbre del aparato de medición.

En el caso que sólo sea posible tomar un dato en una determinada acción de medición, de cualquier magnitud física, la incertidumbre que deberá reportarse es la incertidumbre del aparato de medición. Ésta corresponde a la mitad de la mayor precisión con la que se puede medir con dicho aparato. Por ejemplo si se usa una regla milimetrada, la incertidumbre será medio milímetro (0,5 mm). Si se mide el tiempo con un cronómetro con precisión hasta la centésima de segundo, la incertidumbre será media centésima de segundo (0,005 s) y así sucesivamente.

Otra cantidad que da el valor de precisión de una medición es la incertidumbre porcentual relativa. Se obtiene con la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (1.5)$$

Una vez que se haya hecho el cálculo de las anteriores cantidades, un dato de un valor promedio debe reportarse como: Valor promedio  $\pm$  incertidumbre experimental o incertidumbre relativa

Ejemplos:

El periodo de un péndulo en Monserrate es de  $1,52 \text{ s} \pm 0,05 \text{ s}$  o  $3,3\%$

La cancha mide:  $1000,80 \text{ m}^2$   $1,02 \text{ m}^2$  o  $0,1\%$

En el caso práctico de evaluar la incertidumbre en ingeniería, hay que acogerse a la norma internacional dada por el GUM, guía para la estimación de la incertidumbre por sus siglas en inglés, que se expresa en forma general:



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

## GUIA DE LABORATORIO

Página 3 de 5

$$\Delta z = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial w} \Delta w\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \Delta y\right)^2} \quad (1.6)$$

**"Error" o incertidumbre:** Las mediciones físicas involucran la utilización de instrumentos de medida y a un observador (quien realiza la medida). Tanto los instrumentos como el observador están sujetos a errores. Los errores en los instrumentos se deben a la apreciación del aparato, esto quiere decir que cada instrumento posee un valor mínimo de medida, el cual consideramos como la incertidumbre de dicho instrumento.

**Cálculo de incertidumbres:** Como se dijo anteriormente, existe una incertidumbre asociada al instrumento de medición. Además, existe una incertidumbre de carácter estadístico la cual se presenta cuando medimos reiteradamente cierta cantidad. Una medida de esta incertidumbre es denominada desviación estándar: ( $\sigma$ )

Conociendo ambas incertidumbres, la desviación estándar y la apreciación del instrumento, se debe tomar en cuenta la mayor, dado que ésta abarca la otra.

**Incertidumbre Absoluta:** Esta es la incertidumbre asociada con la medida, la cual será igual a la apreciación del instrumento o a la desviación estándar (incertidumbre estadística), según sea el caso.

**Incertidumbre relativa:** Es la razón entre la incertidumbre asociada con la medida (incertidumbre absoluta) y la medida obtenida:  $\frac{\Delta a}{a}$

**Propagación de incertidumbres:** Generalmente el proceso de medición es indirecto, es decir, el resultado obtenido se logra midiendo directamente otras cantidades y aplicando luego alguna expresión matemática (por ejemplo: una ley física o una fórmula geométrica). Esto quiere decir que las incertidumbres asociadas con las cantidades medidas se propagan al resultado de la medida final.

En términos más sencillos, si el volumen de un prisma de base rectangular se determina midiendo sus longitudes características  $a, b, c$ , y haciendo

$$V = a \cdot b \cdot c,$$

entonces la incertidumbre  $\Delta V$  será tal que

$$V + \Delta V = (a + \Delta a)(b + \Delta b)(c + \Delta c).$$

Desarrollando estos productos, y suponiendo que cada incertidumbre es pequeña comparada con la medida correspondiente, se obtiene que

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$$

Para ilustrar el método expuesto, se considera el caso de propagación de la incertidumbre en el volumen de un cilindro recto cuyos registros de altura y radio son  $(125.5 \pm 0.5)$  mm y  $(20.5 \pm 0.5)$  mm, respectivamente. Para esto se procede de la siguiente manera:

1. Se busca la relación geométrica para el volumen de un cilindro recto, en función de la altura y el radio, esto es:

$$V = \pi r^2 h \quad (1.7)$$

2. se calcula el valor nominal del volumen del cilindro

$$V = \pi(125,5)(20,5)^2 \text{mm}^3 = 165691,9 \text{mm}^3$$



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

## GUIA DE LABORATORIO

Página 4 de 5

3: usando el cálculo diferencial, se obtiene el diferencial total, de la función:

$$dV = \frac{\partial V}{\partial h} dh + \frac{\partial V}{\partial r} dr = \pi r^2 dh + 2\pi hr dr$$

$$dV = \frac{\partial V}{\partial h} dh + \frac{\partial V}{\partial r} dr = \pi r^2 dh + 2\pi hr dr \quad (1.8)$$

- se trata el diferencial como una diferencia finita, reescribiéndola:

$$\Delta V = \sqrt{(\pi r^2 \Delta h)^2 + (2\pi hr \Delta r)^2} \quad (1.9)$$

- se reemplazan los valores registrados, en la expresión anterior, y se calcula la incertidumbre sobre el volumen

$$\Delta V = \sqrt{[\pi(20,5)^2(0,5)]^2 + [2\pi(125,5)(20,5)(0,5)]^2} mm^3 = 8109,4 mm^3$$

- Redondeando el resultado obtenido, el valor del volumen a registrar es

$$V = (165692 \pm 8109) mm^3.$$

### Procedimiento

- Llene la tabla siguiente caracterizando cada uno de los instrumentos en cuanto a su escala e incertidumbre.

Tabla 1.1. Caracterización de algunos instrumentos básicos de medición

Instrumento	Rango	Unidad	Incertidumbre
Regla			
Calibrador			
Tornillo Micrométrico			
Balanza			
Cronómetro			

- Cada estudiante deberá medir dos veces el diámetro de la esfera utilizando la regla, tornillo micrométrico y el pie de rey. Identificar la incertidumbre relativa y absoluta involucradas en dicha medición, repórtelos en la tabla 1.2
- Medir el perímetro de la esfera utilizando la regla (cada estudiante mide dos veces)
- Medir la masa de la esfera, e identificar su incertidumbre absoluta y relativa (cada estudiante mide dos veces).
- Calcular el volumen de la esfera y su incertidumbre (V), utilizando los datos de menor incertidumbre en la medida del diámetro.
- Empleando el dato de la masa y el volumen de la esfera, calcular su densidad media y su incertidumbre.
- Mida el diámetro de uno de los cilindros que se dan para la práctica utilizando la regla, tornillo micrométrico y el pie de rey y repórtelos en la tabla 1.3

Tabla 1.2. Medición perímetro y diámetro de la esfera (valores promedio)

Instrumento	Diámetro	Perímetro	Incertidumbre



UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

UNIVERSIDAD DISTRITAL  
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

## GUIA DE LABORATORIO

Página 5 de 5

Tabla 1.4. Medición altura y diámetro del cilindro (valores promedio)

Instrumento	Diámetro	altura	Incertidumbre

### Resultados

Con los datos de las tablas 1.2 y 1.3 determine la densidad de los objetos entregados en clase y calcule el error relativo teniendo en cuenta la densidad teórica de la tabla 1.4 y teniendo en cuenta la teoría de la propagación del error cuando aplique la relación de densidad volumétrica de masa:  $\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$

Tabla 1.4 Metales y sus densidades

Metal	Símbolo	Densidad g/cm <sup>3</sup>
Cinc	Zn	7.14
Cobre	Cu	8.93
Niquel	Ni	8.9
Plata	Ag	10.5
Platino	Pt	21.5
Aluminio	Al	2.64
Estaño	Sn	7.3
Hierro	Fe	7.72
Plomo	Pb	11.36

### Forma de Evaluación

Se presenta un informe sobre la práctica utilizando el formato tipo artículo el cual debe contener las tablas de mediciones, las gráficas obtenidas y el proceso teórico que permita comprobar la relación entre el tiempo de oscilación del péndulo simple obtenido de manera práctica y la longitud de este. Determinar el porcentaje de error entre los resultados de laboratorio y la teoría. Adicionalmente contemplar las incertidumbres que puedan presentarse durante la práctica.

Escribir dos conclusiones

FECHA DE LA PRACTICA O CLASE: 12 de febrero de 2024

NOMBRE DEL DOCENTE ENCARGADO DE LA ASIGNATURA: Pilar Delgado Niño