

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
ÁREA BÁSICA
CURSO FÍSICAMATEMÁTICA

Incertidumbre y errores en mediciones experimentales

Documento de apoyo a la docencia

Elaborado por: Ing. Fredy Alexander Contreras Castañaza



2017

Incertidumbre experimental y errores en las mediciones

1. Incertidumbre experimental

El avance científico y tecnológico ha propiciado la construcción de instrumentos cada vez más precisos y el empleo de nuevos métodos para medir con el fin de disminuir el error en las mediciones. Desafortunadamente, este avance no ha eliminado dichos errores, ni ha elaborado un método universal o cien por ciento normado para calcularlos. Actualmente solo es posible determinar la incertidumbre o rango de incerteza experimental; es decir, el valor posible que pueda tener el error experimental.

La cuantificación del posible rango de incertidumbre en la medición o mediciones que se realicen en un experimento son importantes para poder expresar los límites del intervalo dentro de los que se está seguro capturar el valor verdadero en una medición. Así, la medición del diámetro de una esfera (d), con un instrumento, por ejemplo, una regla graduada, deberá ser expresado como:

$$d = 4.5 \pm 0.1 \text{ cm}$$

Lo que nos indica, que el valor más probable del diámetro de la esfera es 4.5 cm; pero está sujeto a distintos tipos de errores, por lo que el valor real del diámetro de la esfera, medido particularmente con esa regla graduada, estará entre los valores extremos, es decir, el valor real de el diámetro de la esfera se encuentra entre 4.4 y 4.6 cm. Si se conociera el valor real exacto de la esfera, por ejemplo 4.55cm, constataríamos que dicho valor se encuentra entre los valores extremos, es decir los límites del intervalo de incertidumbre. Por lo cualquier valor puntual que aparezca en este rango se tomará como válido.

Entonces como regla general podemos decir que **la forma de representar gráficamente una medida y su incerteza es la siguiente:**

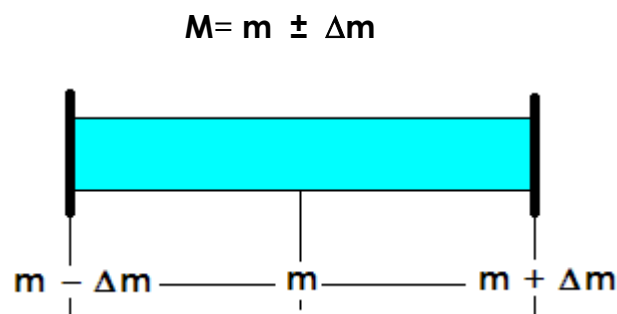


Fig. 1 Forma grafica de representar una medida experimental y su incertidumbre

De lo que podemos observar que para **registrar cualquier medida “M”** acompañada de su incerteza, se necesitan **tres aspectos importantes**:

1. Una magnitud comparada (cualquier número o valor representativo de la medida registrada con un instrumento), al que llamaremos **m**.
2. Un rango de incerteza ó intervalo de incerteza al que llamaremos **$\pm\Delta m$**
3. Una unidad en el Sistema Internacional (dimensionales)

Las mediciones pueden ser directas o indirectas. Para el alcance del curso nos enfocaremos en la medición directa.

Medición Directa: Es el resultado de la comparación que generalmente se realiza con instrumentos de medición sencillos; por ejemplo, usted realiza medición directa al registrar el peso de un paciente en una báscula, al registrar una masa de cierta cantidad deacrílico en una balanza, al “medir” la estatura de un determinado grupo de pacientes, etc.

Mientras el fabricante no indique el rango de incerteza del aparato con el que usted está midiendo se tiene el siguiente convenio:

Cuando se realiza **UNA SOLA MEDICION**, en los siguientes instrumentos: cinta métrica, regla graduada, escuadra, transportador, cronómetro mecánico, balanza, dinamómetro; el rango de incerteza Δm se representará de la siguiente forma

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

Todo instrumento de medición de laboratorio debe tener indicado por norma, cual es el valor más pequeño que puede registrar al momento de realizar una medición.

Cuando se realizan **VARIAS MEDICIONES**, de una misma magnitud física, con ayuda de la estadística, se puede generar un valor representativo **m** que será el valor medio de las mediciones registradas, y con la desviación media de la medida, se generará el rango de incerteza o Δm . Para un mínimo de cuatro repeticiones en la medición tenemos entonces

$$m = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) / 4$$

$$\Delta m = (| m - m_1 | + | m - m_2 | + | m - m_3 | + | m - m_4 |) / 4$$

Este método se recomienda para un máximo de ocho repeticiones, ya que si el número de observaciones es mayor, será necesario aplicar otros métodos estadísticos para determinar el rango de incerteza.

Aunado a esto, es importante recordar los conceptos de precisión y exactitud en la medida. La precisión en la medición depende de factores como de quien realiza la medición y bajo qué condiciones se realiza (temperatura, humedad, etc).

El concepto de precisión está asociado a que tantas veces puedo realizar una misma medición y que tan disperso puede ser el resultado de la misma. La exactitud en la medición se define como qué tan cerca está el valor que se registra con un instrumento de medición, comparado con el valor real; es decir, la exactitud en la medición dependerá de la calibración del instrumento de medida que utilizemos para determinar magnitudes físicas como longitud, temperatura, tiempo, etc.

Mientras más pequeña es la menor de las unidades en la que está calibrado un instrumento, más exacto será este; como ejemplo de esto, un cronómetro para tomar el tiempo de recorrido de un atleta que mide minutos, segundos y centésimas de segundo es más exacto que un reloj de pulsera que solo registra minutos y segundos.

2. Errores en las mediciones

El error experimental es inherente al proceso de medición, su valor solamente se puede estimar. Dicho error está definido como el valor medido y el valor verdadero de la cantidad medida. Matemáticamente, esto se expresa con la siguiente ecuación:

$$e = V_m - V_v$$

Para lo cual necesitamos conocer el valor considerado como verdadero en el experimento.

Debido a que los errores pueden surgir por muy distintas causas, los científicos clasifican los errores, para su análisis, en dos amplias categorías:

- **Errores sistemáticos**
- **Errores aleatorios o accidentales**

Los errores sistemáticos son los que se pueden evitar, corregir o compensar. Este tipo de errores se caracterizan por alterar la medida por no tomar en cuenta alguna circunstancia que siempre afecta de la misma manera el resultado, dando lugar a un alejamiento del sentido del valor al que llamamos verdadero en nuestra medición. Se les llama sistemáticos porque cuando se presentan siempre se obtienen valores más altos o más bajos, en comparación con el valor verdadero, de forma repetida.

Los errores sistemáticos se pueden originar por:

- a) **Defectos de fabricación del instrumento** de medición, lo cual se corrige al adquirir instrumentos de medición de marcas reconocidas y/o certificadas.
- b) **Falta de calibración del instrumento empleado**, lo cual se puede corregir dando una calibración periódica del instrumento de medición por un laboratorio certificado de calibración.
- c) **Las condiciones del medio ambiente** en que se realiza la medición, por lo que es necesario tener controlado condiciones de temperatura, humedad relativa, viento, etc, que puedan afectar la medición.
- d) **Malos hábitos en la forma de realizar observaciones, o forma inadecuada de utilizar instrumentos de medición.** Es necesario contar con la suficiente práctica y experiencia para manipular un instrumento de medición. No podemos decir que registramos con un valor real con la primer medición que realizamos con un instrumento que nunca antes hemos utilizado.
- e) Por el empleo de **constantes cuyos valores no corresponden** al lugar o condiciones en las cuales se están realizando las mediciones. Este tipo de error puede ser eliminado o compensado si se introduce la corrección correspondiente proveniente de tablas o fuentes confiables.

Los errores aleatorios o accidentales se deben, por lo general, a la combinación de un gran número de perturbaciones individuales o fluctuaciones que dan lugar a que la repetición de una misma medida dé como resultado, en cada ocasión, un valor distinto. Estos errores siempre están presentes en las mediciones y, en ausencia de los errores sistemáticos, son la causa de que los valores obtenidos en mediciones sucesivas se dispersen alrededor del valor real de la magnitud medida; gráficamente esto se representa de la siguiente forma:

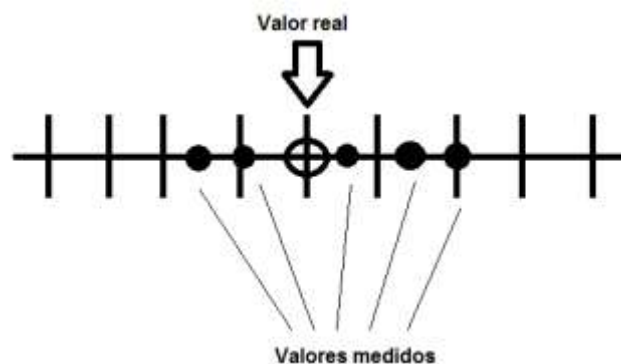


Figura 2. Resultado de mediciones en las que se producen errores aleatorios

3. Incertidumbre en medidas reproducibles

Si a pesar de la presencia de los errores no se detecta variación alguna de una medición a otra, quiere decir que la variación no rebasa la mitad de la escala mínima del instrumento de medición que estamos empleando; en otras palabras, cuando se realiza una medición directa de una magnitud y no se repite la medición o cuando al hacer una serie de medidas se obtiene el mismo valor para la magnitud medida, a la lectura resultante de forma general, se le asocia la incertidumbre absoluta.

La incertidumbre absoluta es igual a la mitad de la división más pequeña de la escala del instrumento.

Por ejemplo, si al medir repetidamente la masa de un vaso (45.5g), en una balanza cuya graduación es de 0.1g y esta no cambia, la incertidumbre absoluta se reportara como:

$$m = 45.5g \pm 0.05g$$

Es decir, que la incerteza será de 0.05g, la mitad del valor más pequeño que registra la balanza.

La incertidumbre absoluta representa los límites de confianza alrededor de 99% dentro de los que se está seguro de que el valor real se encuentra en dicho intervalo.

A nivel de experimentación, con frecuencia se utilizan como **indicadores de precisión**, la incertidumbre relativa y la incertidumbre porcentual.

La **incertidumbre relativa** se define como el cociente que resulta entre la incertidumbre absoluta y la magnitud medida, matemáticamente esto es:

$$I_r = i_A / V_m$$

I_r = Incertidumbre relativa

i_A = incertidumbre absoluta

V_m = valor de medido de la magnitud "x"

Por ejemplo, se mide una moneda utilizando un calibrador de vernier, y se obtiene como resultado 24.2 mm siempre. Si el calibrador indica que la escala mínima de lectura es 0.2 mm entonces la incertidumbre relativa para el diámetro de la moneda será:

$$I_r = 0.1 / 24.1 = 0.0041$$

Como se observa, es un valor mucho menor que la incertidumbre absoluta, por lo que el índice que comúnmente se utiliza para especificar la precisión de una medición es la incertidumbre porcentual.

La incertidumbre porcentual se define como el producto de la incertidumbre relativa en relativa al 100% de la medición; esto es:

$$I\% = I_r \times 100\%$$

$$I\% = \text{Incertidumbre porcentual}$$

$$I_r = \text{Incertidumbre relativa}$$

Del ejemplo anterior, podemos decir que la incertidumbre de la medición fue del 0.41%, es decir:

$$I\% = 0.0041 \times 100 = 0.41\%$$

4. Uso de cifras significativas en mediciones experimentales

El valor numérico que se obtiene en las mediciones directas es leído en muchas ocasiones en instrumentos analógicos en el que aparecen escalas que pueden fácilmente variar tan solo con el enfoque ocular propio del lector que manipula el instrumento.

Reportar el resultado de una medición con el número correcto de cifras indica en forma implícita, como se ha venido describiendo en este documento, la mínima escala del instrumento de medición así como la incertidumbre con la que asociaremos la medida. Cada una de las cifras o dígitos que se obtienen en una medición y que el operador está razonablemente seguro de obtener en el instrumento respectivo se denominan, para el efecto de la medición, cifras significativas; es decir, **las cifras significativas** para una medición experimental están integradas por aquellas de las que se está seguro y una cifra estimada, si es que el índice o valor de lo que se está midiendo queda a la misma distancia entre dos divisiones del instrumento que se está empleando, y esto es apreciable por el observador; gráficamente esto se representa en la figura 3.

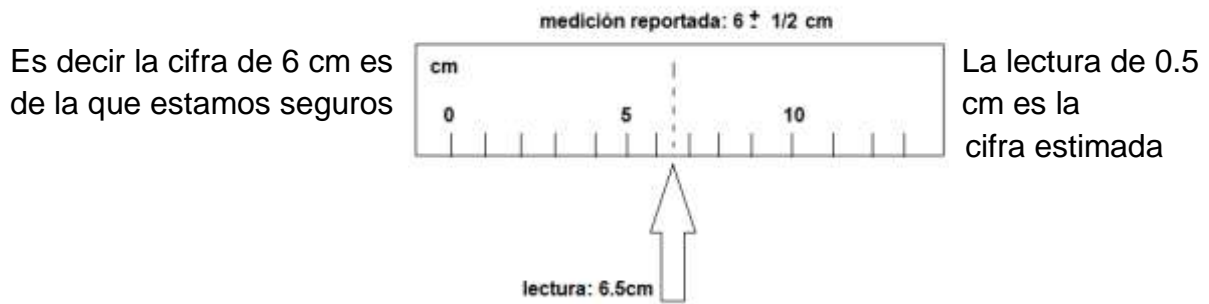


Figura 3. Cifras a considerar significativas en una medición experimental

En el caso de mediciones indirectas, se debe tener cuidado al hacer las operaciones correspondientes, pues el número correcto de cifras significativas se determinará por el número de cifras certeras del instrumento de medición menos preciso con el que contamos, por ejemplo, si un cohete recorre 17.0 m en 3.0 s su rapidez obtenida será de 5.666667 m/s obtenida en una calculadora, pero no deberá reportarse de esa forma, pues la fracción más pequeña de ambos instrumentos es 0.1, por lo que se reportará con un valor de 5.7m. Para la obtención de este resultado se tuvieron que eliminar cifras decimales, debido a que no eran significativas, es decir, se ve implícito un proceso de redondeo de cifras, que proviene de los principios aprendidos en el curso de estadística en el cual no ahondaremos por fines prácticos.

Para finalizar es importante que recordemos que la física inicia con el estudio de magnitudes para lo cual debemos de ser congruentes con nuestras mediciones, instrumentos de medición y sistemas de medidas, aunque en Guatemala no se cuente con un sistema único de medidas.

Fuentes de consulta:

Gutiérrez, C. **Física General**. Instituto Politécnico internacional. Editorial McGraw Hill, 2009. Mexico.

Serway, R. **Fundamentos de Física**. Volumen 1. Sexta edición. Thomson Editores, 2004. Mexico.