

c. Con el flexómetro mida el largo y el ancho de la mesa y encuentre su área.

d. Calcule el volumen de una pelota de futbol, suponiendo que es una esfera.

e. ¿Con qué instrumento le fue más difícil escribir un dato preciso?

Valor central e incertidumbre absoluta ●●●

Al medir la longitud de una cuerda, se compara con un flexómetro o una cinta métrica y luego se lee en la escala la medida; por otro lado, al medir la velocidad de un caballo de carrera, se compara el tiempo que tarda en recorrer una determinada distancia con el intervalo de tiempo registrado por un cronómetro y después se calcula el cociente de la distancia recorrida entre el valor leído en el cronómetro.

Las mediciones anteriores están sujetas a una serie de factores que influyen en los resultados obtenidos y se producen incertezas. Por ejemplo, cuando se mide la temperatura de un cuerpo, este se pone en contacto con un termómetro,

pero cuando este toca la superficie, hay un intercambio de energía en forma de calor entre el cuerpo y el termómetro, dando como resultado un pequeño cambio en la temperatura de ambos. Así, el instrumento de medida afecta de algún modo a la magnitud o variable que se desea medir.

En consecuencia, toda medición es una aproximación al valor real y por lo tanto siempre tendrá asociada una incerteza denominada incertidumbre.

Todas las mediciones tienen asociada una incertidumbre que puede deberse a los siguientes factores:

- El operador que realiza la medición.
- La naturaleza de la magnitud que se mide.
- El instrumento que es utilizado para realizar la medición.
- Las condiciones externas.
- La unidad o patrón de la comparación.

Cada uno de estos factores constituye por separado una fuente de incertidumbre y contribuye en mayor o menor grado a la incertidumbre total de la medida. La tarea de detectar y evaluar las incertidumbres no es simple e implica conocer diversos aspectos de la medición.

La causa por la que estos factores intervienen en la medición se debe a las interacciones existentes entre ellos, es decir, la interacción operador-instrumento, instrumento- sistema de estudio, objeto-operador, etc.

Debido a las interacciones previamente nombradas entre el observador, instrumento, objeto a medir, etcétera, no es posible que alguna medición realizada conduzca a un número exacto, por tanto, toda medición debería estar acompañada de un margen de error de la medida. Este margen de error es llamado incertidumbre absoluta.

Retomando la idea de las medidas desde un ejemplo cotidiano, analice la siguiente situación: dos amigas hacen una cita, le dice una a la otra: nos vemos en Plaza Miraflores más o menos a las tres, pero, ¿qué significa ese más o menos? Bueno, que quedaron de verse a las tres y que posiblemente alguna llegue entre diez y quince minutos tarde, por lo tanto, se sabe que posiblemente una de las dos amigas tendrá que esperar o llegar temprano.

Suponga que el tiempo de diferencia entre la hora concertada y la de llegada es de diez minutos. Un investigador que esté estudiando Física podría o sea, que el tiempo de llegada que asigna sería entre 2:50 y 3:10, lo que en Física se escribiría como:

$$3:00 \pm 0:10$$

Donde:

3:00 \rightarrow es el valor central

$\pm \rightarrow$ más o menos

0:10 \rightarrow es la incertidumbre absoluta

La incertidumbre absoluta, junto con el valor central, son cantidades que brindan un espectro de posibles medidas.

Cálculo de la incertidumbre absoluta

Cuando se realizan medidas de una misma magnitud y se obtienen los mismos resultados, no se puede concluir que la incertidumbre sea cero; lo que sucede es que los errores quedan ocultos, ya que son menores que la incertidumbre asociada al aparato de medición, a las condiciones del ambiente o al investigador.

En este caso, puede establecerse un criterio simple y útil: cuando las medidas son iguales, *se asigna una incertidumbre igual a la mitad de la división más pequeña del instrumento* (para calcular este valor se toman dos unidades consecutivas, luego se resta el valor menor del mayor y esta diferencia se divide entre dos).

Por ejemplo, al medir con un instrumento graduado en mililitros repetidas veces el volumen de un recipiente se obtiene siempre 35.0 ml, la incertidumbre será 0.5 ml, $[(2 - 1)/2 = 0.5]$; lo que significa que la medición está entre 34.5 a 35.5 ml, a este se le conoce como intervalo de confianza de la medición y su tamaño es el doble de la incertidumbre. Esto generalmente se aplica cuando se trata de aparatos de medición, como reglas, transportadores, balanzas, probetas, manómetros, termómetros, etc.

Regla para expresar una medida

Toda medida debe de ir seguida por la unidad de la variable que se mide y se expresa de la forma: $x = \bar{x} \pm \Delta x$,

Donde:

- x representa el valor de la medida.
- \bar{x} representa el valor central de la medición, que es la suma de todas las medidas entre el número total de ellas.
- Δx representa la incertidumbre.

De manera que la medición está comprendida entre el intervalo:

$$\bar{x} - \Delta x, \bar{x} + \Delta x$$

El resultado final de la medida de una magnitud puede escribirse como:

$$x = \bar{x} \pm \Delta x.$$

El símbolo “ \pm ” determina los límites dentro de los cuales está la magnitud medida. El signo “+” indica el límite por la derecha de la medida (error por exceso) y el signo “-” el límite por la izquierda (error por defecto).

Recordando el ejemplo anterior, el volumen del recipiente está comprendido en el intervalo [34.5 ml, 35.5 ml] y se debe reportar como volumen:
 $= 35.0 \pm 0.5$ ml.

Incertidumbre relativa

Representa qué proporción del valor reportado es dudosa. En este texto se utilizará el símbolo Δr inmediatamente antes del símbolo que represente a la variable de interés para representar la incertidumbre relativa. Para ilustrar más claramente este concepto, analice los siguientes ejemplos.

La longitud de un lápiz es de 8.0 cm, la altura de una puerta 210.40 cm, como los dos objetos están medidos con un flexómetro, las incertidumbres absolutas de ambas mediciones serán idénticas y la medida de cada uno es la siguiente:

Largo del lápiz: $l = \bar{l} \pm \Delta l = (8.00 \pm 0.05) \text{ cm}$

Alto de la puerta: $l = \bar{l} \pm \Delta l = (210.40 \pm 0.05) \text{ cm}$

Entonces:

La incertidumbre relativa del largo del lápiz es: $\Delta r = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.05 \text{ cm}}{8.00 \text{ cm}} = 0.0625$

La incertidumbre relativa del largo de la puerta es: $\Delta r = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.05 \text{ cm}}{210.40 \text{ cm}} =$
 $= 0.000238$

Como puede apreciarse, las incertidumbres relativas no tienen unidades y dependen de la magnitud de la variable medida. Mientras mayor sea el valor central, menor será la incertidumbre relativa (para incertidumbres absolutas iguales).

Incertidumbre porcentual

También representa qué proporción del valor reportado es dudosa, pero en este caso en tanto por ciento. Se utilizará el símbolo $\Delta\%$ inmediatamente antes del símbolo que represente a la variable de interés para representar la incertidumbre porcentual.

Tomando en cuenta que Δx representa la incertidumbre absoluta y x representa el valor central de la medición, entonces $\Delta x/x$ representa la incertidumbre relativa al valor central y $\Delta\% = \Delta x/x (100\%)$ representa la incertidumbre relativa porcentual.

Retomando los ejemplos del largo del lápiz y el alto de la puerta, la incertidumbre porcentual se representa así:

La incertidumbre porcentual del largo del lápiz es:

$$\Delta\% = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.05\text{cm}}{8.00\text{cm}} (100\%) = 6.25\%$$

La incertidumbre porcentual del alto de la puerta es:

$$\Delta\% = \frac{\Delta l}{l} = \frac{0.05\text{cm}}{210.40\text{cm}} (100\%) = 0.0238\%$$

En todas las mediciones, la incertidumbre siempre debe ser menor que el valor medido. La incertidumbre porcentual refleja la calidad de la medición.

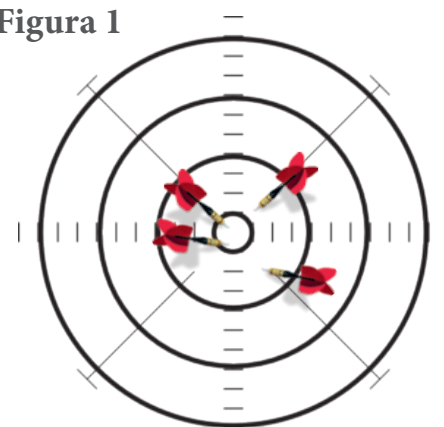
Precisión de una medida

Otro término que escuchará con respecto a los experimentos y los resultados experimentales es la precisión a largo plazo. La precisión es el grado de exactitud con el que se mide una cantidad. Se refiere a la repetitividad de la medición. La precisión de las mediciones está relacionada con los errores cometidos en la obtención de las mismas.

Una idea ilustrativa de precisión se observa claramente con el ejemplo de la diana, que es un instrumento redondo que tiene anillos concéntricos, usado para el lanzamiento de tiro al blanco con dardos (ver figura 1). En el ejemplo, lo que se quiere es lanzar los dardos de tal forma que acierten en el blanco (centro de la diana). Este centro se considera como el valor verdadero de una medida, denotado por x en la figura. En las cuatro dianas se representa cómo se distribuyeron los repetidos lanzamientos en los círculos concéntricos.

En la diana los lanzamientos fueron muy precisos, ya que el margen de error fue pequeño y cayeron muy cercanos unos de otros. Esto significa que el error fue pequeño. Sin embargo, a pesar de la gran precisión, la exactitud fue muy baja, ya que el valor promedio de los lanzamientos está alejado del valor real, que en el caso de la diana es el centro. La *precisión* de un resultado es una medida de la reproductividad de una observación, es decir, de cuán bien se puede reproducir el resultado,

Figura 1



Puntos de impacto de los dardos en la diana.

independientemente de lo cerca que se encuentre del valor verdadero. Al error asociado se le denomina incertidumbre de un resultado.

La *exactitud* es una medida de lo correcta que es una observación, o sea cuán cerca está del valor verdadero.

ACTIVIDAD 12

- a. Después de medir varias veces el largo de un terreno con un flexómetro se obtuvo una medida de 300 metros. Determine el valor de esa medida incluyendo el intervalo de incertidumbre y la incertidumbre porcentual.

- b. Forme un equipo de tres integrantes y analice las recomendaciones generales para la realización de las prácticas y elaboración de informes.