

Práctica 2

Medidas y su incertidumbre

El propósito de esta práctica es comprender el concepto de medición, el cual se define como “*Un acto para determinar la magnitud de un objeto en cuanto a cantidad*”. En este sentido es posible realizar dos tipos de mediciones, a) la medición directa, que consiste en determinar la magnitud de un objeto mediante un instrumento de medición y b) la medición indirecta, que consiste en la determinación de alguna magnitud mediante la combinación de dos o más mediciones directas. Cada medida tiene asociada una incertidumbre y/o un error (aleatorio o sistemático), los cuales deben ser reportados correctamente dependiendo de la información contenida en la medida, las características del instrumento utilizado y/o el valor convencionalmente verdadero.

En esta práctica se pretende comprender la importancia de identificar los errores del proceso de medición, calcular la incertidumbre de una medida directa y/o indirecta y expresarla correctamente.

Introducción

El proceso de medición y la representación de sus resultados es parte esencial de toda actividad experimental. Esta práctica tiene como objetivo fundamental aprender a reportar los resultados del proceso de medición.

Las diversas metodologías científicas proporcionan ciertas reglas generales para resolver los problemas que los científicos enfrentan. En general, cuando se ha definido un problema y se ha diseñado el experimento para resolverlo, se deberá responder las siguientes preguntas: **¿qué medir?, ¿cómo medir?, ¿con qué equipo, ¿cuándo y dónde hacerlo?** Además, habrá que verificar si los datos obtenidos son congruentes con los valores esperados de la variable medida y evaluar y cuantificar, si es posible, los errores propios de cualquier medición.

Una de las frases más conocidas de Lord Kelvin está dedicada a la importancia de las mediciones en la ciencia; él decía: “**Medir es conocer**”, y no le faltaba razón. También dijo: “**Si no lo puedes medir, no lo puedes mejorar**”, estas son afirmaciones que resumen sus ideas más célebres:

“Cuando se puede medir aquello de lo que se está hablando y expresarlo en números, se conoce algo del tema, pero cuando no se puede medir, el conocimiento es pobre y de calidad poco satisfactoria, puede ser el principio del conocimiento, pero en sus pensamientos, usted, apenas ha avanzado al estado de Ciencia cualquiera que sea el asunto del que esté tratando.”

¿Qué medir? Esto dependerá del problema a resolver y de los objetivos de la experimentación. Por ejemplo, si se desea conocer la masa de un comprimido (kg), el espesor de un cabello (mm) o el volumen de una sustancia (m^3), el proceso de medición indica usar el instrumento adecuado y tomar directamente la lectura de la escala. Es decir, si queremos medir la temperatura, ponemos

en contacto térmico al sistema con el bulbo del termómetro y tomamos la lectura de la escala del termómetro. Por ello este tipo de medidas se conocen como **medidas directas**.

Cuando el valor que se desea estimar no puede medirse con un instrumento, sino que requiere de operaciones entre medidas previamente obtenidas, se tiene una **medida indirecta**, que no es otra cosa que operaciones matemáticas que involucran medidas directas. Por ejemplo, si queremos obtener la superficie de un rectángulo medimos el largo y el ancho, y luego calculamos la superficie, es decir, que lo que medimos no es superficie (medida indirecta) sino longitudes (medidas directas).

Selección del instrumento. En la selección del instrumento se debe considerar el tipo de escala, la capacidad mínima y máxima, las marcas de división, su forma de uso y la correcta interpretación de las mediciones.

Factores que influyen en la medida. Se debe considerar además si los factores externos pudieran afectar el resultado, tomando en cuenta que hay variables externas, algunas controlables y otras no, que deben ser identificadas de manera oportuna. También se debe tomar en cuenta que en ocasiones al leer un instrumento podemos cometer errores sistemáticos, los cuales habrá que identificar y corregir de manera inmediata. Hay otros errores que no pueden disminuirse, los errores aleatorios.

Número de medidas. Uno siempre se enfrenta al problema de conocer cuál debe ser el número de medidas que hay que realizar antes de reportar una medida que pueda considerarse confiable. Si una persona mide el largo de un objeto con un instrumento y otra repite la medición para verificar el valor obtenido, se encontrará con algunas sorpresas; si no se usa la misma escala (la medida podría contener más o menos información), podría dar un resultado completamente diferente. Aun utilizando la misma escala, podría existir diferente interpretación de la medida, errores de paralaje, instrumento no calibrado, etc. Para que nuestro resultado sea confiable, se debe repetir la medición y con estos resultados y algunas herramientas de estadística descriptiva, obtener un intervalo en el que se encuentre el valor real de la variable medida con mayor probabilidad.

Siempre se debe hacer al menos un experimento de prueba, para familiarizarse con el equipo e instrumentos, para identificar y minimizar los posibles errores e identificar variables de dependencia fuerte que podrían afectar las medidas.

Luego, la medida se repite tres veces en las mismas condiciones. Para reportar el “**valor representativo**” de la magnitud medida, se calculan la media aritmética (\bar{x}) de las tres medidas y el valor de dispersión D , calculado como el rango de medida (diferencia entre el valor máximo y mínimo). Con éstas, se calcula el porcentaje de dispersión ($\%D$) como:

$$\%D = \frac{100D}{\bar{x}} \%$$

Según el valor de $\%D$ se puede considerar el siguiente criterio¹:

si $\%D$ se encuentra entre 0% y 5% son suficientes las 3 medidas obtenidas;
si se encuentra entre 5% y 8% se deben realizar de 6 a 10 medidas y si es mayor a 8% se deben hacer al menos 15 medidas.

Incertidumbre asociada a una medida. Toda medida directa tiene asociada una incertidumbre que puede adjudicarse al hecho de que es una réplica de un patrón primario, además de los errores propios del proceso de experimentación: posibles errores de interpretación del experimentador, marcas desgastadas o mal entintadas en los aparatos, errores aleatorios, etc. Por ello debemos asociar una incerteza a la medida que solo se adjudique al instrumento, para lo cual se considera la mínima capacidad de resolución del instrumento. En instrumentos analógicos, se puede asociar la incertidumbre a la resolución de este (ejemplo vernier) o, si el instrumento lo permite, a la mitad de su resolución en las escalas lineales (ejemplo regla) y angulares (ejemplo reloj). En el caso de instrumentos digitales se debe de considerar la información dada por el fabricante.

La medida indirecta tiene asociada una incertidumbre que depende de las incertidumbres de las medidas directas involucradas. Por ello, su obtención es un poco más compleja, sin embargo, conociendo las reglas básicas de derivación y el modelo matemático que involucre a las variables medidas se puede obtener la incertidumbre (ecuación 11 del repartido anexo).

El resultado del proceso de medición no se puede expresar como un número *real* o *exacto*, debe expresarse como un intervalo que llamamos intervalo de validez de la medida o intervalo de confianza:

$$x \pm \delta x$$

donde $x - \delta x$ es el radio por defecto (cota inferior), $x + \delta x$ es el radio por exceso (cota superior), x la medida y δx la incertidumbre. La incertidumbre es siempre un valor positivo y tiene las mismas dimensiones que x , la forma correcta de expresar cualquier magnitud es: número \pm incertidumbre, con sus unidades. La medida correcta oscila entre varios valores, para ello definimos un intervalo de validez de la medida, o intervalo de confianza comprendido entre las cotas.

¹ Un criterio aceptado es el que se da en ecuación 20 del repartido anexo.

Objetivo operacional. Determinar la densidad de un cuerpo irregular realizando medidas de su masa y volumen.

Para ello determinamos la masa del cuerpo con una balanza digital (medición directa) y su volumen por dos métodos indirectos, el de desplazamiento de líquidos y a partir de su diámetro. La densidad (magnitud indirecta) se determina a partir de la masa y volumen, su incertidumbre se calcula a partir de la ecuación de propagación de errores (ecuación 11 del repartido anexo).

Bibliografía

Baird, D. C.; *Experimentación: una introducción a la teoría de mediciones y al diseño experimental*. Segunda edición. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana. México, 1995.

Bevington, P. R.; Robinson, D. K.; *Data reduction and error analysis for the physical science*. Segunda edición. Editorial Mc Graw Hill, 2003.

Hewitt, P. G.; *Física conceptual*. Primera edición. Editorial Addison-Wesley Longman. México, 1999.

Kirkpatrick, L. D.; *Física, una mirada al mundo*. Sexta edición. Editorial Cengage Learning. México, 2010.

Navidi, W.; *Principles of statistics for engineers & scientists*. Tercera edición. Editorial Mc Graw Hill, 2011