

Errores

Medir es comparar con un patrón. Por ejemplo, si medimos la anchura del laboratorio poniendo un pie delante de otro, podemos decir que la anchura del laboratorio es 18 pies, siendo nuestro patrón un pie. Ahora bien, una medida nunca puede ser exacta, es decir, siempre cometemos un error, por lo que nuestra medida no será completa sin la estimación del error cometido. Unas veces ese error será debido a los instrumentos de medida, otras a nuestra propia percepción, etc.

El **error** se define como la diferencia entre el valor verdadero y el obtenido experimentalmente.

En metrología se asume que toda cantidad a medir tiene un valor verdadero. Este valor verdadero es el que se obtendría con un instrumento de medida perfecto. Sin embargo, en metrología también se reconoce que tal instrumento ideal no existe, por lo que el verdadero valor de una medida no se conocerá (si bien nos podremos acercar al mismo tanto como la tecnología y nuestro procedimiento de medida nos permita). Para soslayar esta limitación se recurre al concepto de valor convencionalmente verdadero, es decir, el valor de la medida que, a efectos prácticos, se considera como suficientemente próximo al verdadero.

Los errores al medir son inevitables. Al realizar un proceso de medición, no es posible evitar una serie de errores pero si buscar que éstos sean mínimos.

En función de la naturaleza del error podemos definir dos tipos de error:

- **Errores sistemáticos:** Son aquellos que permanecen constantes a lo largo de todo el proceso de medida y, por tanto, afectan a todas las mediciones de un modo definido y es el mismo para todas ellas; se pueden subclasificar en errores instrumentales, personales o por la elección del método. Los errores instrumentales son los debidos al aparato de medida; por ejemplo, un error de calibrado generaría este tipo de imprecisión. Los errores personales se deben a las limitaciones propias del experimentador; así, una persona con algún problema visual puede cometer errores sistemáticos en la toma de ciertos datos. Finalmente, el error en la elección del método se presenta cuando se lleva a cabo la determinación de una medida mediante un método que no es idóneo para tal fin; por ejemplo, la medida del tiempo de caída de un objeto por mera inspección visual.
- **Errores accidentales:** son aquellos que se producen en las variaciones que pueden darse entre observaciones sucesivas realizadas por un mismo operador. Estas variaciones no son reproducibles de una medición a otra y su valor es diferente para cada medida. Las causas de estos errores son incontrolables para el observador. Los errores accidentales son en su mayoría de magnitud muy pequeña y para un gran número de mediciones se obtienen tantas desviaciones positivas como negativas. Aunque con los errores accidentales no se pueden hacer correcciones para obtener valores más concordantes con el real, si se emplean métodos estadísticos se puede llegar a algunas conclusiones relativas al valor más probable en un conjunto de mediciones.

Debido a la existencia de errores es imposible conocer el valor real de la magnitud a medir. Si somos cuidadosos podemos controlar los errores sistemáticos. En cuanto a los errores accidentales podemos reducirlos si tomamos un conjunto de medidas y calculamos su valor medio.

Tomaremos como valor estimado de la medida el valor medio de las distintas medidas realizadas.

Supongamos que se pretende medir la longitud L de una barra y se obtienen dos conjuntos de medidas:

Grupo a: 146 cm, 146 cm, 146 cm

Grupo b: 140 cm, 152 cm, 146 cm

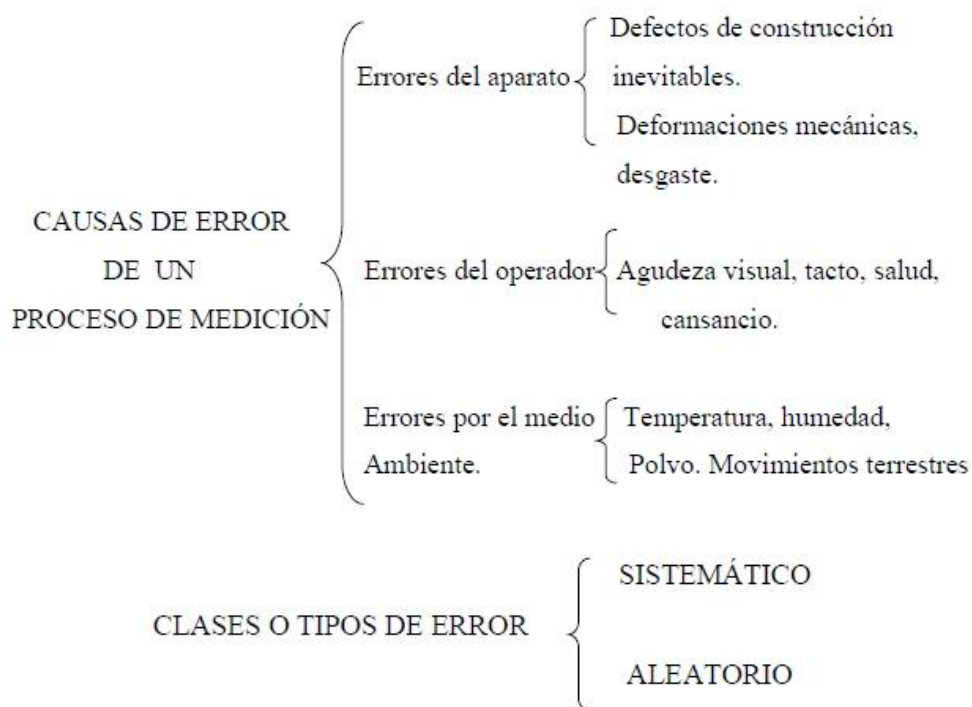
En ambos casos el valor estimado es el mismo (146 cm). Sin embargo, la precisión de las medidas no es la misma.

A la hora de expresar una medida siempre se ha de indicar el valor observado junto con su error y la/s unidad/es correspondiente/s. Podemos decir que el valor verdadero de la medida se encuentra con una alta probabilidad en un intervalo cuyos límites son la estimación de la medida más/menos el error estimado.

Medida = Valor observado \pm Error --> Unidad

En el ejemplo anterior, una vez estimado el error se escribiría: $L = 146 \pm 4$ cm

A continuación se muestra un cuadro en el que se resume las distintas causas de error que se presentan en un proceso de medición.



Desviación típica

Para obtener un buen resultado de una medida, minimizando el efecto de los errores accidentales, es conveniente repetir la medida varias veces. El valor medio será el que tomaremos como resultado de la medida, ya que probablemente se acerque más al valor real. Cuantas más repeticiones de la medida se efectúen, mejor será en general el valor medio obtenido, pero más tiempo y esfuerzo se habrá dedicado a la medida. Normalmente a partir de un cierto número de repeticiones no vale la pena continuar. ¿Cuál es el número óptimo de repeticiones? Para decidirlo hay que realizar tres medidas iniciales. A partir de estas medidas se calcula la dispersión D. La dispersión de una medida es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo obtenidos, dividido entre el valor medio, expresado en tanto por cien:

$$D = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{\bar{x}} \times 100$$

Si el valor de la dispersión es mayor del 2% es necesario realizar más medidas, según la tabla siguiente:

$D < 2 \%$	con tres medidas es suficiente
$2 \% < D < 8 \%$	realizar un total de seis medidas
$8 \% < D < 12 \%$	realizar un total de quince medidas
$D > 12 \%$	mínimo 50 medidas y tratamiento estadístico

Error absoluto y error relativo

El **error absoluto** es la diferencia entre el valor exacto y el valor obtenido por la medida. El error absoluto no puede ser conocido con exactitud ya que desconocemos el valor exacto de la medida. Por eso, utilizaremos una estimación del intervalo en el que se puede encontrar el error absoluto. A esta estimación se la denomina error o incertidumbre, y en este libro la llamaremos simplemente error y se denotará mediante el símbolo ϵ .

Por ejemplo, tenemos una regla y medimos la anchura de un papel, la medida es 22,5 cm. ¿Cuál es el error absoluto cometido? Hay que estimarlo. Si la regla está dividida en intervalos de un milímetro, ésta puede ser una cota superior aceptable del error absoluto. De esta forma, el valor real debería estar comprendido en un intervalo entre 22,4 y 22,6 cm. La medida se denota entonces como $22,5 \pm 0,1$ cm, donde 0,1 cm es el error de la medida.

El **error relativo** ε_r es el cociente entre el error y el valor medido. Se suele expresar en tanto por ciento. Esta forma de expresar el error es útil a la hora de comparar la calidad de dos medidas.

Por ejemplo, medimos la distancia que separa Valencia de Castellón y el resultado es 75 ± 2 Km. Después, medimos la longitud del aula resultando 8 ± 2 m. ¿Qué medida es mejor? El error relativo de la primera es $\varepsilon_{r1} = 2/75 * 100 = 2,7$ % y el de la segunda es $\varepsilon_{r2} = 2/8 * 100 = 25$ %. Por lo tanto, la primera medida es mejor, a pesar de que el error de la segunda medida es menor.

Errores del aparato

Defectos de construcción: Los equipos de medición llegan a las manos del usuario u operador con un cierto error, el cual, al usarse se debe corregir la medición realizada, al aplicar un factor de corrección que el mismo fabricante proporciona para este propósito.

Este error se debe a las imperfecciones de maquinado y construcción del aparato o equipo de medición, como es sabido, es difícil y sumamente costoso hacer piezas exactamente iguales, pero si se busca que estas piezas estén dentro del rango dimensional permisible.

El factor de corrección mencionado anteriormente, es obtenido por el fabricante a través de estudios y ensayos, el cual trata de compensar el error involuntario con que funciona el aparato o equipo de medición.

Los factores que generan error debido al equipo de medición pueden ser los siguientes:

- Articulaciones y juegos
- Defectos de rectitud y forma
- Peso, concetricidad, inclinación de contactos
- Defectos de alineamientos y centrado

Otras causas de error del aparato, son debidas a las deformaciones mecánicas y pueden ser las siguientes:

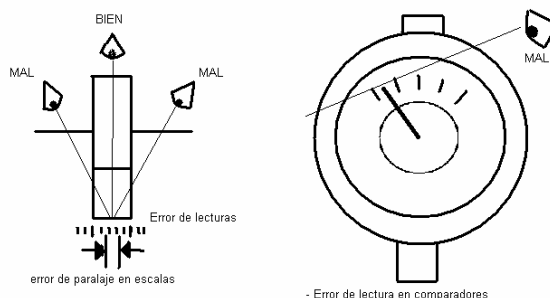
1. Deformaciones permanentes debidas al desgaste
2. Deformaciones elásticas debidas a:
 - Compresión general
 - Compresión local
 - Flexión, torsión

Por las razones antes descritas, se recomienda que los equipos de medición se verifiquen convenientemente con cierta frecuencia, los elementos necesarios para hacerlo correctamente los veremos más adelante.

Errores del operador

Los errores de medición personales son naturalmente inevitables pero pueden disminuirse mediante la práctica, de tal modo que el operador en su función de medir deberá tener cuidado en incurrir en ellos en el menor grado posible. Los errores principales que el operador puede cometer son los siguientes:

Error de paralaje: Éste resulta de la incorrecta posición del operador para leer la lectura que indica el aparato, la manera recomendable es que el operador se coloque en posición perpendicular a la escala o carátula donde deberá hacer la lectura.

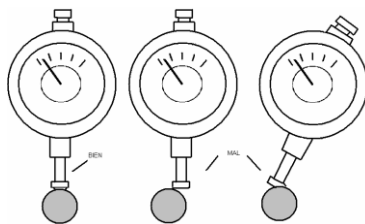


Error de precisión: Éste sucede cuando el aparato o instrumento carece en su construcción, de algún elemento que neutralice o regule un exceso de esfuerzo utilizado en el manejo del aparato.

En la medición propiamente dicha no debe olvidarse que si la acción se efectúa con mayor o menor esfuerzo, se producirá una medición de lectura de valor distinto que dependerá del grado de esfuerzo utilizado debido a aplanamientos de las superficies de contacto de dicho instrumento.

También se tiene el caso, cuando se utilizan calibres que al sujetarlo manualmente con una fuerza mayor a la necesaria, la sensibilidad disminuye.

Error de posición: Otra fuente de errores, estriba en la colocación incorrecta de los aparatos o instrumentos a utilizar o también de las piezas a medir. En casi todos los procesos de medición de longitudes, los instrumentos o aparatos deberán colocarse perpendicular paralelamente a la superficie de cuya dimensión se desea medir.



Error por el medio ambiente.

En todas las mediciones efectuadas, en la construcción de elementos de máquinas de precisión, así como en la determinación o verificación de dimensiones de precisión, el medio ambiente en el cual se trabaja es de suma importancia para obtener resultados satisfactorios y de mayor seguridad.

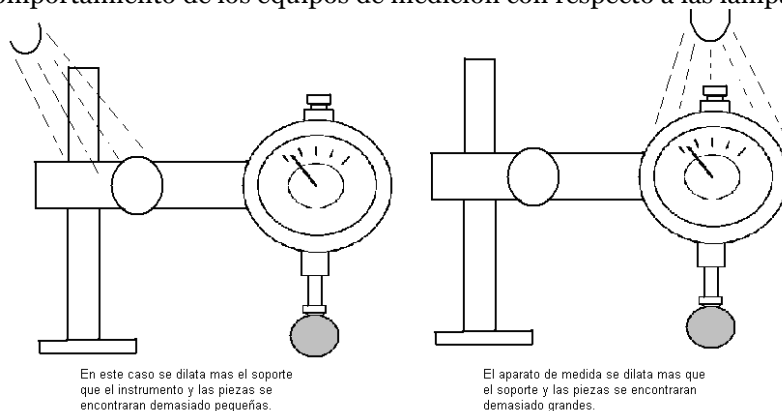
Error por temperatura: puesto que las dimensiones de los cuerpos sólidos varían al cambiar la temperatura a que se encuentran, se ha fijado para la medición de los productos de precisión una temperatura de referencia internacional ya antes mencionada ($20^{\circ}\text{C} \pm 0.5$). Por temperatura de referencia se entiende a la temperatura a la que los equipos y las piezas presentan su valor nominal.

En el error por temperatura interviene a su vez los siguientes factores:

a) *Variaciones de temperatura en la sala de mediciones:* Es indudable que una comisión importante para las mediciones técnicas, es la observación y conservación de una temperatura uniforme en la sala de medición, tanto en la pieza medir como del instrumento utilizado para dicho efecto.

Las diferencias de temperatura entre la pieza medir y el instrumento a utilizar, dan lugar inevitablemente a errores de medición.

b) *Influencia del calor debido a la iluminación artificial y de las radiaciones solares:* No hay que olvidar, que en la medición, la influencia de la temperatura debida al calor de los rayos solares o de las lámparas de alumbrado, dan lugar de inseguridad en las operaciones de medición, por lo cual, se recomienda hacer una distribución adecuada. En la figura se puede ver el comportamiento de los equipos de medición con respecto a las lámparas de alumbrado.



c) *Temperatura del cuerpo humano:* La temperatura del cuerpo humano juega un papel importante en las operaciones de medir:

1) cuando el operador sujeta con la mano un instrumento de medición que no tenga empuñadura aislada (el aislamiento elimina la influencia del calor de la mano).

2) Cuando se trata de ajustar algún equipo de medición usando galgas patrón, no se deben sostenerse en la mano demasiado tiempo (sólo el necesario). Para mediciones de precisión, debe evitarse un contacto directo entre operador y los instrumentos de medición usados, por lo que se recomienda que en el trabajo se usen guantes o algún otro material aislante