

INTRODUCCIÓN

La **Metrología** es seguramente la ciencia más antigua del mundo. Conocerla nos permite conocer de forma cuantitativa, las propiedades físicas y químicas de los objetos.

La importancia de la metrología estriba en que hay que conocer con suficiente exactitud cuál es el contenido exacto de un determinado producto. Se consigue con instrumentos de medición adecuados (balanzas, termómetros, reglas, pesas, etc.), para obtener medidas que se adecúen a la realidad garantizando buenos resultados en el proceso de fabricación de un producto. Por otro lado, es necesario coordinar y normalizar las unidades de medida en todos los pueblos y países. Por ejemplo, un kilo de arroz en Jalisco debe contener la misma cantidad de masa que un kilo de arroz en cualquier parte del mundo.



Si nos fijamos bien en nuestra vida diaria, ¿cuántas veces medimos a lo largo del día o utilizamos unidades de medida en nuestro quehacer? Muchas, ¿verdad? Es por tanto por lo que la Metrología adquiere una importancia grande, la cual es mayor cuanto más influencia económica tenga, como es el caso de la fabricación de productos, especialmente si necesitan de mucha exactitud en sus dimensiones.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES EN METROLOGÍA

Metrología: Es la ciencia que trata de las medidas, sistemas de unidades adoptados, instrumentos usados para efectuarlas e interpretarlas, así como los métodos y normas que aplican a las mediciones.

Medir: es un verbo que tiene origen del latín “metiri” y hace referencia al acto de comparar una cantidad determinada de algo con una unidad de medida, en donde se establece cuántas veces esta unidad ocupa un lugar dentro de dicha cantidad. Determina la longitud, volumen, extensión, o capacidad de una cosa por comparación con una unidad de medida establecida que es utilizada como referencia, usualmente mediante algún instrumento graduado con dicha unidad.

Medición directa: La medida o medición diremos que es directa, cuando el instrumento indica directamente el valor de la magnitud medida. Ejemplo, medir una longitud con un metro, o si se desea medir el tiempo que le toma llegar a una persona desde el punto A hasta otro punto B, se hace uso de un instrumento de medición del tiempo como lo es un cronómetro.

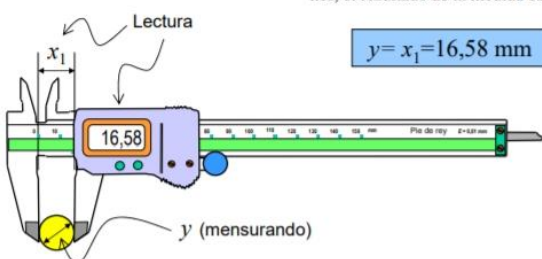


Medida directa de longitud con pie de rey

Al aplicar el pie de rey sobre el mensurando (desconocido) la escala de aquél indica la longitud de éste.

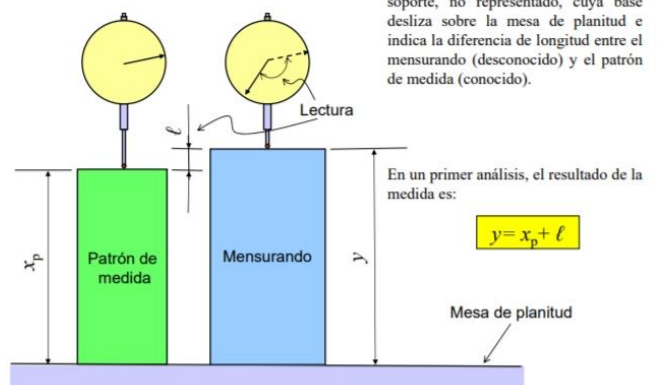
A reserva de mayores puntualizaciones, el resultado de la medida es:

$$y = x_1 = 16,58 \text{ mm}$$



Medida indirecta de longitud con reloj comparador

El reloj comparador se desplaza en un soporte, no representado, cuya base desliza sobre la mesa de planitud e indica la diferencia de longitud entre el mensurando (desconocido) y el patrón de medida (conocido).



En un primer análisis, el resultado de la medida es:

$$y = x_p + \ell$$

Fuente: Centro Español de Metrología

Medición indirecta: Es cuando necesitamos medir algo y no tenemos un instrumento para ello, o cuando la medida está fuera del campo de medida del mismo. Por ejemplo, el volumen que ocupa un líquido es una medición directa si se mide con una probeta graduada, y se considera como una medición indirecta si se obtiene de la medición de las dimensiones del recipiente que lo contiene. Otro ejemplo sería medir la velocidad de un móvil sin velocímetro, sabiendo el tiempo que tarda y la distancia recorrida

Instrumento de medición: Es un aparato que se usa para medir una magnitud. Instrumentos más usuales que se usan en la medición directa:

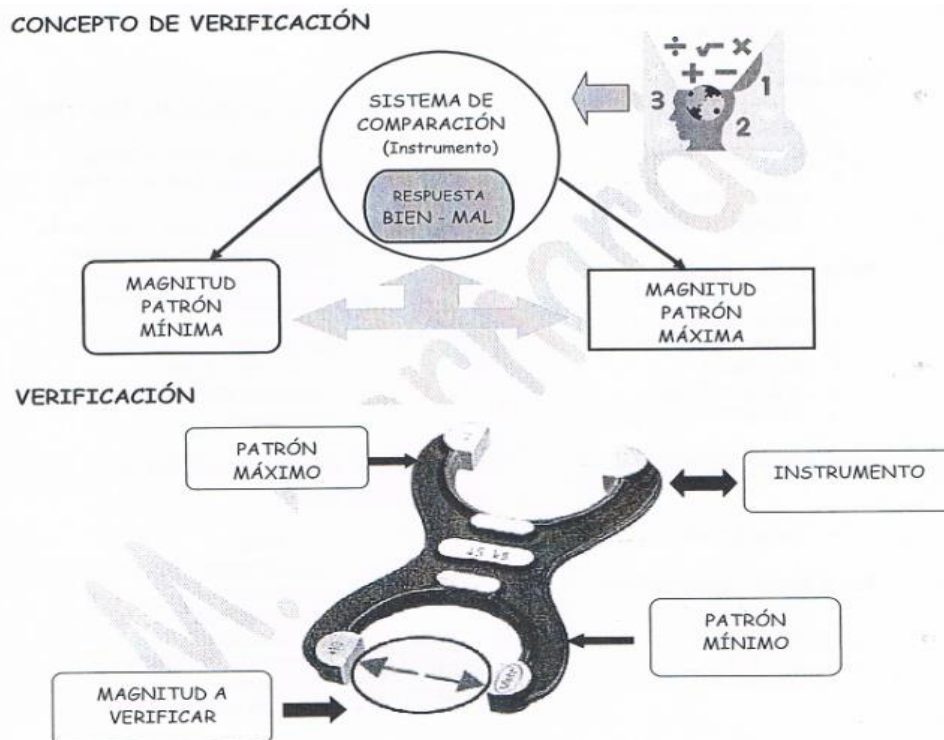
- Regla Graduada
- Calibre o pie de rey
- Micrómetro
- Goniómetro
- Columna de medir ...

Instrumentos más usuales que se usan en la medición indirecta:

- Comparador
- Alexómetro
- Micrómetro de alturas ...

Incertidumbre: Es el intervalo de valores dentro del cual se estima que está el verdadero valor de una medida. El VERDADERO VALOR NUMÉRICO DE UNA MAGNITUD ES DESCONOCIDO. Cuando medimos una magnitud física, sólo podemos aproximarnos a ese valor con una cierta aproximación, que será la incertidumbre, la cual obtenemos al comparar la magnitud a medir con un patrón (realización material de la unidad de medida) cuyo valor consideramos convencionalmente verdadero.

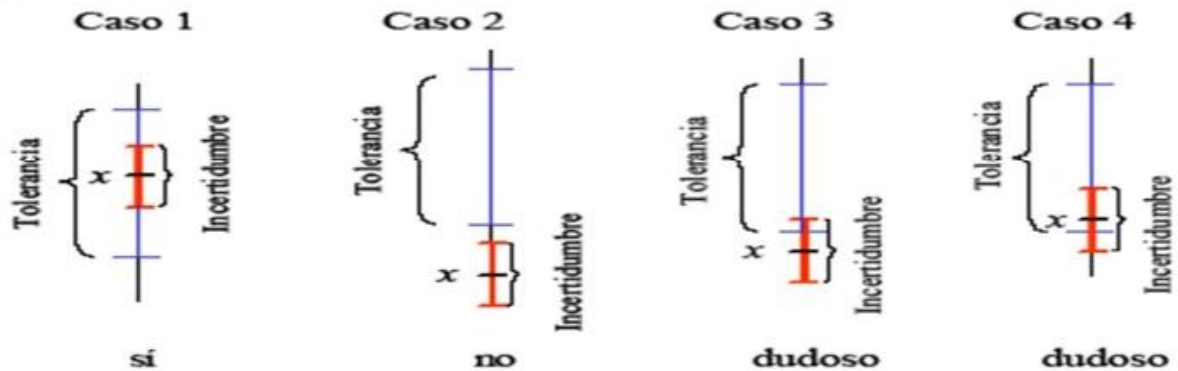
Verificación: “Es la aportación de evidencia objetiva de que un elemento dado satisface los requisitos especificados” (VIM).



Fuente:
Marianela Bernardo

Se usa mucho en la industria, ya que hay muchas veces que no hace falta dar un valor numérico, sino que basta con saber que *algo cumple con algo*. Un ejemplo sería las tolerancias dimensionales.

→ ¿El producto cumple con las especificaciones?



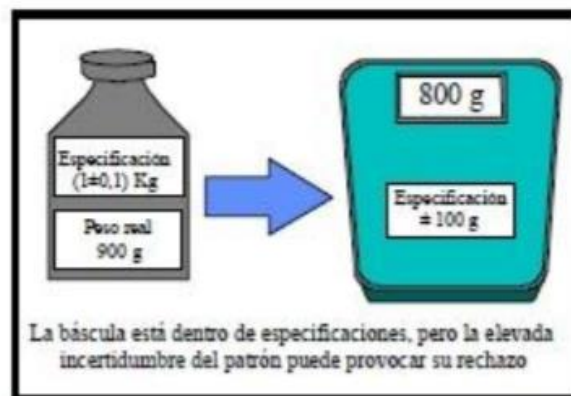
Calibración: La calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia.

Como evidencia y resultado de ella típicamente se entrega un documento, denominado “informe de calibración” en el que se informan las diferencias entre las indicaciones del instrumento contra las del patrón, junto con su respectiva incertidumbre.



Para que la calibración sea efectiva, es necesario que la incertidumbre del patrón sea menor que la incertidumbre del instrumento que se pretende calibrar. Por ejemplo, si se quiere calibrar una báscula de la que se especifica una incertidumbre de ± 100 g, con una pesa patrón de 1 Kg que tiene también una incertidumbre de ± 100 g, podría suceder que, aunque la báscula

esté dentro de especificaciones, su lectura fuera de 800 g. Esta desviación de 200 g con respecto a la lectura esperada de 1 Kg, nos haría rechazar la báscula por defectuosa.



La relación entre la incertidumbre del equipo a calibrar y la incertidumbre del patrón, calculadas ambas para el mismo nivel de confianza, recibe el nombre de T.U.R. (*Test Uncertainty Ratio*).

$$T.U.R. = \frac{\text{incertidumbre del equipo a calibrar}}{\text{incertidumbre del patrón}}$$

Para garantizar una calibración certera, el T.U.R. debe ser por lo menos de 4, aunque este valor puede variar dependiendo de los requerimientos de fiabilidad. En efecto, estadísticamente se puede demostrar que con un T.U.R. de 4, la probabilidad de dar por válido un equipo que realmente está fuera de especificaciones es tan solo del 0,15%. La relación T.U.R. proporciona un buen criterio de partida a la hora de seleccionar el instrumento adecuado para una medida.

Trazabilidad: Es la capacidad de relacionar los resultados de una medición individual a patrones nacionales o internacionales mediante una cadena ininterrumpida de comparaciones, llamada *cadena de trazabilidad*. Según el V.I.M., es “*la propiedad del resultado de una medida que consiste en poder referirla a patrones apropiados, generalmente internacionales o nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones*”.

Mensurando: Es “*la magnitud que se pretende medir*” (V.I.M). La longitud de una barra de acero, la temperatura de un líquido, son ejemplos de magnitudes que pueden ser medidas.

Las condiciones bajo las que la medición es realizada, puede modificar lo que está siendo medido. Por este motivo, hay veces que en la medición hay que saber otras magnitudes, que pueden cambiar el resultado de la medición. Se llaman **magnitudes de influencia**. Por ejemplo, no es lo mismo medir la longitud de una barra de acero a 20°C que a 25°C, o con una humedad alta si se alteran sus propiedades. Incluso también pueden alterar las propiedades del instrumento de medición utilizado.

Temperatura de referencia: Según la UNE-EN ISO 1:2003 es de **20°C**.

Repetibilidad: “*Grado de concordancia entre resultados de sucesivas mediciones del mismo mensurando, mediciones efectuadas con aplicación de la totalidad de las mismas condiciones de medida*”. (V.I.M.)

NOTAS:

1. Estas condiciones se denominan condiciones de repetibilidad.
2. Las condiciones de repetibilidad comprenden
 - El mismo procedimiento de medida
 - El mismo observador
 - El mismo instrumento de medida utilizado en las mismas condiciones
 - El mismo lugar
 - Repetición durante un corto periodo de tiempo
3. La repetibilidad puede expresarse cuantitativamente por medio de las características de dispersión de los resultados”.

Reproducibilidad: Es lo mismo que la repetibilidad, pero en condiciones con variaciones sin influencia directa sobre el resultado.

Según el VIM: “*Grado de concordancia entre los resultados de las mediciones del mismo mensurando, mediciones efectuadas bajo diferentes condiciones de medida*”.

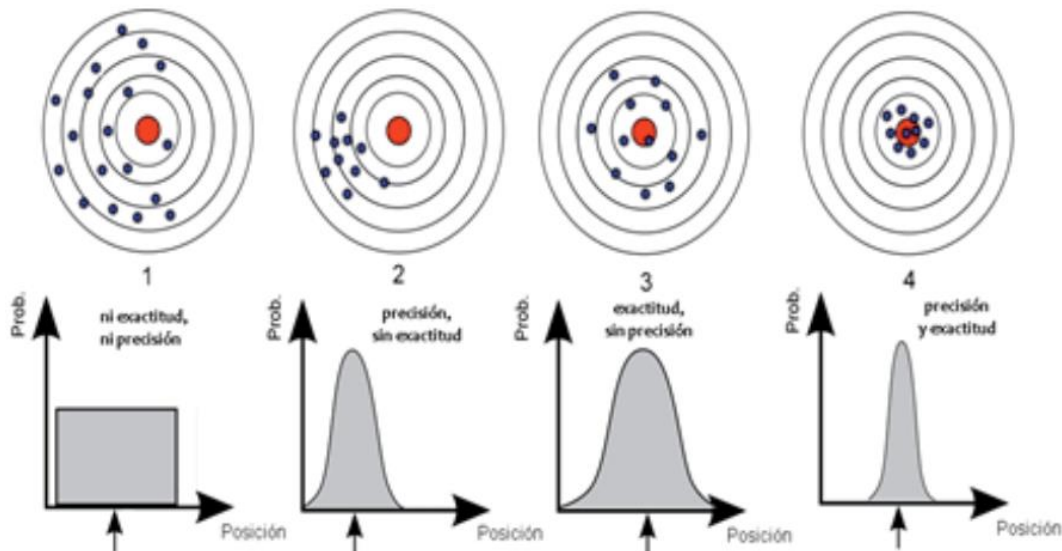
NOTAS:

1. Para que una expresión de la reproducibilidad sea válida, es necesario especificar las condiciones que han variado.
2. Las condiciones variables pueden comprender:
 - principio de medida
 - método de medida
 - observador
 - instrumento de medida
 - patrón de referencia
 - lugar
 - condiciones de utilización
 - tiempo
3. La reproducibilidad puede expresarse cuantitativamente por medio de las características de dispersión de los resultados.
4. Los resultados aquí considerados son habitualmente resultados corregidos”.

Error: Es la diferencia entre el valor obtenido y el verdadero.

Dispersión: Es la separación que presentan entre sí los valores de una serie de medidas.

Exactitud: Es la proximidad entre el valor obtenido y el verdadero. Por tanto, una medición es más exacta cuanto más pequeño es el error.



Fuente: e-medida.es

Centro Español de Metrología (CEM): Es el laboratorio nacional de referencia en materia de mediciones.

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.

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 sí 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

UF 1- METROLOGÍA, MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN. PREPARACIÓN DE PIEZAS Y MEDIOS PARA LA VERIFICACIÓN

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.

Ejemplo: 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

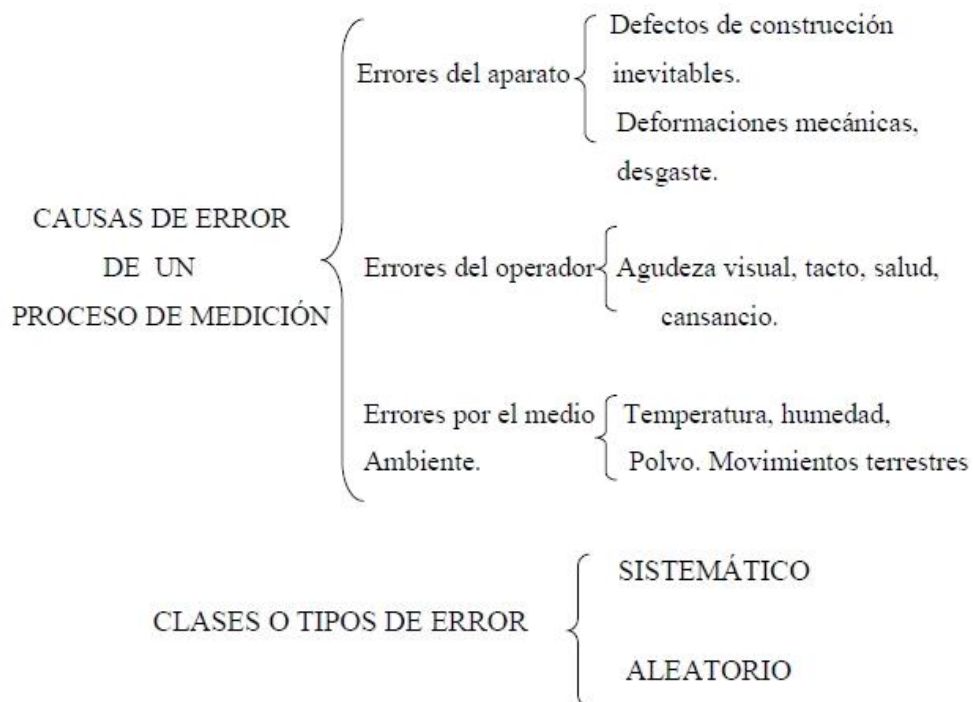
En ambos casos el valor estimado es el mismo (146 cm). Sin embargo, la precisión de las medidas no es la misma.

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.

$$\text{Medida} = \text{Valor observado} \pm \text{Error} \quad \rightarrow \quad \text{Unidad}$$

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

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



Número de mediciones

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.

$$\epsilon_{\text{absoluto}} = X_{\text{medido}} - X_{\text{real}}$$

$$\epsilon_{\text{relativo}} = \frac{\epsilon_{\text{absoluto}}}{X_{\text{real}}} = \frac{X_{\text{medido}} - X_{\text{real}}}{X_{\text{real}}}$$

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 $\epsilon_{r1} = 2/75 \cdot 100 = 2,7 \%$ y el de la segunda es $\epsilon_{r2} = 2/8 \cdot 100 = 25 \%$. 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.

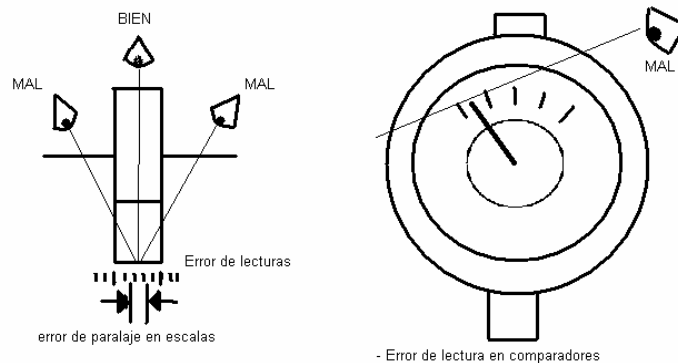
Los factores que generan error debido al equipo de medición pueden ser los siguientes:

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

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.

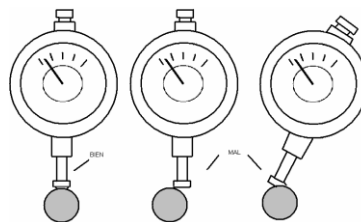


Error de precisión: Éste sucede cuando el aparato o instrumento carece en su construcción, de algún elemento que neutralice o regule un exceso de esfuerzo utilizado en el manejo del aparato.

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;* b) *Influencia del calor debido a la iluminación artificial y de las radiaciones solares;* c) *Temperatura del cuerpo humano.*

PATRONES DE MEDIDA

Los patrones de medida son aquellos objetos que permiten **materializar y reproducir las unidades de medida** o los múltiplos y submúltiplos de éstas.

Los patrones son primarios cuando materializan cualquiera de las unidades básicas de medida, o secundarios cuando los hacen de una unidad no básica.

Clasificación	Utilización
Patrón Internacional	Es el patrón reconocido por un acuerdo internacional para servir como referencia para la asignación de valores a otros patrones de la magnitud considerada
Patrones Primarios	Laboratorios de alta precisión, sirven como patrones nacionales
Patrones Secundarios	Laboratorios o metrologías de las industrias y sirven para verificar los patrones de taller o fabricación
Patrones de fabricación en taller	Para contraste o comprobación de los instrumentos de medición empleados en los talleres

Patrones nacionales

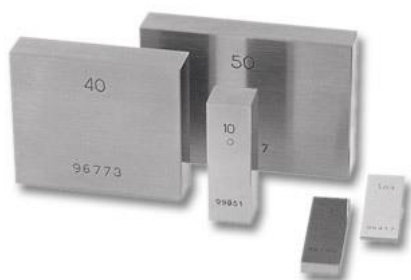
Según el VIM, “*es un patrón reconocido en un país para servir de referencia para la asignación de valores a otros patrones de esa magnitud*”.

En España es el CEM el organismo responsable de custodiar y mantener los patrones nacionales.

Bloques patrón

El ingeniero sueco C. E. Johansson fue el inventor de este tipo de patrones, los cuales constituyen el primer tipo de patrón materializado, y el más utilizado tanto en laboratorios de metrología como en el plano industrial.

Son piezas macizas en forma de paralelepípedo, en las que dos de sus caras paralelas (o caras de medida) presentan un finísimo pulido especular que asegura excepcional paralelismo y planitud, pudiendo materializar una longitud determinada con elevada precisión.

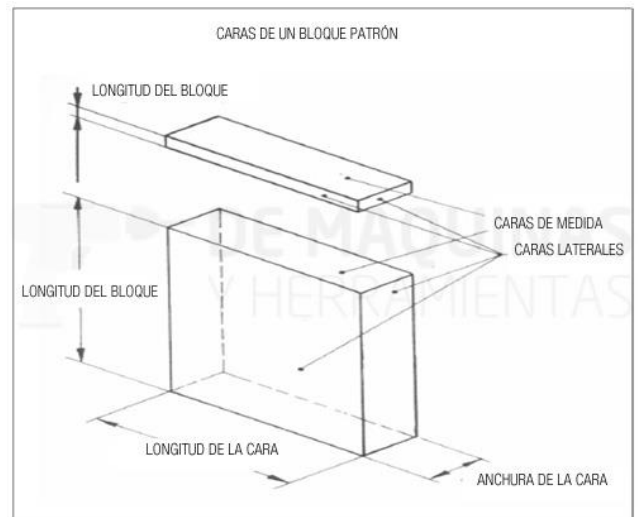


UF 1- METROLOGÍA, MEDICIÓN Y VERIFICACIÓN. PREPARACIÓN DE PIEZAS Y MEDIOS PARA LA VERIFICACIÓN

El material utilizado en la realización de los bloques posee una dureza bastante grande con el fin de evitar el posible rayado y un desgaste prematuro. La distancia entre sus caras paralelas es igual a la medida que se indica en él.

Generalmente se presentan por juegos de un número variable de piezas y gracias al fino acabado de sus caras de medida se pueden adherir entre sí mediante un simple deslizamiento manual, combinándose en la cantidad necesaria para disponer de cualquier valor nominal existente dentro de su campo de utilización, con escalonamientos de hasta 0,5 micras.

Aún dentro de cada clase de materiales con los que están contruidos, los **bloques patrón** se encuentran disponibles en distintas **calidades o grados de precisión** (en números o, más antiguamente, en letras), cada grado debidamente clasificado por la norma ISO 3650 y sujeto a las tolerancias estipuladas por la misma. Una vez más, el empleo de tal o cual grado de precisión depende de la aplicación, de acuerdo con los datos de la siguiente tabla:



CALIDAD O GRADOS DE PRECISIÓN

Calidad o Grado de Precisión		Tolerancia*	Aplicaciones
Números	Letras		
00	AA ó K	(0,05 + 0,0001L)	Son los bloques de mayor precisión. Se utilizan en trabajos científicos y en el laboratorio, como medida patrón de instrumentos de alta precisión.
0	A	(0,10 + 0,0002L)	Se emplean como medida patrón para el control de bloques patrón de taller (micrómetros ordinarios, calibres, etc.) y para el ajuste de aparatos y máquinas de medir de alta precisión.
1	B	(0,20 + 0,0004L)	Se utilizan para mediciones directas en los trabajos de precisión propios de la construcción de herramientas y utillaje, control de aparatos de verificación, medición de longitudes y trabajos de verificación en el gabinete de metrología.
2	C	(0,40 + 0,0008L)	Se utilizan como medida de ajuste y de trabajo en el taller y para la verificación de instrumentos de medida como micrómetros, relojes comparadores, etc.

* Representa la desviación máxima, en micras, de la longitud nominal del bloque expresada en milímetros (L)

INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA METROLOGÍA DIMENSIONAL

(LISTA DE WIKIPEDIA)

Para medir masa:

- Balanza
- Báscula
- Espectrómetro de masa

Para medir tiempo:

- Calendario
- Cronómetro
- Reloj de arena
- Reloj
- Reloj atómico

Para medir longitud:

- Cinta métrica
- Regla graduada
- Calibre
- vernier
- micrómetro
- Reloj comparador
- Interferómetro
- Odómetro

Para medir ángulos:

- Goniómetro
- Sextante
- Transportador

Para medir temperatura:

- Termómetro
- Termopar
- Pirómetro

Para medir presión:

- Barómetro
- Manómetro
- Tubo de Pitot

Para medir velocidad:

- Velocímetro
- Anemómetro (Para medir la velocidad del viento)
- Tacómetro (Para medir velocidad de giro de un eje)

Para medir propiedades eléctricas:

- Electrómetro (mide la carga)
- Amperímetro (mide la corriente eléctrica)
- Galvanómetro (mide la corriente)
- Óhmetro (mide la resistencia)
- Voltímetro (mide la tensión)
- Vatímetro (mide la potencia eléctrica)
- Multímetro (mide todos los valores anteriores)
- Osciloscopio

Para medir volúmenes

- Pipeta
- Probeta
- Bureta
- Matraz aforado

Para medir peso

- Dinamómetro
- Báscula
- Barómetro
- Pluviómetro

Para medir otras magnitudes:

- Caudalímetro (utilizado para medir caudal)
- Contador geiger
- Sismógrafo
- pHmetro (mide el pH)
- Luxómetro (mide el nivel de iluminación)
- Sonómetro (mide niveles de presión sonora)
- Dinamómetro (mide la fuerza)

Características de los instrumentos de medida

Resolución: Mínima variación de la magnitud a medir que es detectable por el instrumento. Es el **valor mínimo en que está dividida la escala** o el valor del último dígito significativo que muestran los sistemas digitales. También se le puede llamar **apreciación**.

Precisión: Capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o de dar el resultado deseado con exactitud. Según el VIM, es “*la proximidad entre las indicaciones o valores medidos de un mismo mensurando, obtenidos en mediciones repetidas, bajo condiciones especificadas*”. No depende del valor verdadero, sino de la distribución de los resultados.

Ajuste: Es aquella acción que permite **mejorar las condiciones de un instrumento de medición** (no confundir con reparación). Con esto se consigue que funcione con la precisión adecuada. Por ejemplo, el ajuste de cero de un micrómetro. Ejemplo de ajuste es la corrección de las lecturas del indicador de un instrumento con la finalidad que nos entregue un resultado más cercano al verdadero.

En otras palabras, ajuste implica mover tornillos, ajustar potenciómetros, quitar y colocar agujas de medición o configurar el equipo mediante un software de ajuste para que el instrumento mida lo más cercano al valor de medición del patrón de referencia.

Sensibilidad: Es el cociente entre el incremento del valor observado y el incremento de la magnitud medida o la **mínima variación en la magnitud medida que puede apreciar el instrumento de medición**. Ejemplo, no es lógico usar una regla para medir el ancho de una autovía.

Un instrumento de medida es tanto más sensible cuanto más pequeña es la cantidad que puede medir.

Indicación: Es el valor de una magnitud proporcionado por un instrumento de medida. El **valor leído sobre el dispositivo visualizador** puede denominarse indicación directa, la cual deberá multiplicarse por la constante del instrumento para obtener la indicación.

Campo de lectura: Es el comprendido entre los valores más alto y más bajo de un instrumento de medida.

Campo de medida: Es el intervalo de valores que puede tomar la magnitud a medir con un instrumento. Comprende, por tanto, los máximos y mínimos valores más los máximos errores que pueden obtenerse. El campo de medida comprende una parte del campo de lectura, o su totalidad.

Recorrido: Es la diferencia entre el primer y último valor del campo de medida.

Alcance: Valor máximo del campo de medida.

CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Hay veces que nos planteamos cuántos decimales tenemos que usar en nuestros cálculos. Ante la duda ponemos todo lo que nos da la calculadora para que el error sea el mínimo posible ¿Qué deberíamos hacer?

En nuestro caso, que es el que tiene que ver con la Metrología, la cantidad de decimales se relaciona con la medición en sí, con el instrumento utilizado y la exactitud que se precisa. Las cifras significativas de un número son aquellas que tienen un significado real y, por tanto, aportan alguna información. Por ejemplo, si medimos la altura de una mesa con una regla y el resultado es 73,2 cm, podemos expresarlo también como 0,732 m. o 732 mm. o 7,32 dm.. En cualquiera de los tres casos, se observa que las cifras manejadas son tres, ya que son datos reales de la medición realizada.

Si pusiéramos el resultado como 0,7320 m., no tendría sentido ya que la regla no es capaz de medir las diezmilésimas de metro (décimas de mm.). Podemos afirmar que la cantidad de cifras significativas de la medición con la regla es de tres, siendo la última incierta, ya que se considera normalmente que la incertidumbre de una medición es la unidad más pequeña que puede medir el instrumento.

Si queda claro que la última cifra de la medida de nuestro ejemplo es significativa pero incierta, la forma más correcta de indicarlo (asumiendo por ahora que la incertidumbre es de ± 1 mm), es

$$L = 0,732 \pm 0,001 \text{ m}$$

No obstante, lo más normal es omitir el término $\pm 0,001$ y asumir que la última cifra de un número siempre es incierta si éste está expresado con todas sus cifras significativas. Este es el llamado **convenio de cifras significativas** que asume que

“cuando un número se expresa con sus cifras significativas, la última cifra es siempre incierta”.

Reglas para establecer las cifras significativas de un número dado.

Regla 1. *En números que no contienen ceros, todos los dígitos son significativos.*

3,14159 → seis cifras significativas → 3,14159
5.694 → cuatro cifras significativas → 5.694

Regla 2. *Todos los ceros entre dígitos significativos son significativos.*

2,054 → cuatro cifras significativas → 2,054
506 → tres cifras significativas → 506

Regla 3. *Los ceros a la izquierda del primer dígito que no es cero sirven solamente para fijar la posición del punto decimal y no son significativos.*

0,054 → dos cifras significativas → 0,054
0,0002604 → cuatro cifras significativas → 0,0002604

Regla 4. *En un número con dígitos decimales, los ceros finales a la derecha del punto decimal son significativos.*

0,0540 → tres cifras significativas → 0,0540
30,00 → cuatro cifras significativas → 30,00

Regla 5. *Si un número no tiene punto decimal y termina con uno o más ceros, dichos ceros pueden ser o no significativos. Para poder especificar el número de cifras significativas, se requiere información adicional. Para evitar confusiones es conveniente expresar el número en notación científica, no obstante, también se suele indicar que dichos ceros son significativos escribiendo el punto decimal solamente. Si el signo decimal no se escribiera, dichos ceros no son significativos.*

$1200 \rightarrow$ dos cifras significativas $\rightarrow \underline{12}00$

$1200,$ \rightarrow cuatro cifras significativas $\rightarrow \underline{1200},$

Regla 6. Los números exactos tienen un número infinito de cifras significativas.

Los números exactos son aquellos que se obtienen por definición o que resultan de contar un número pequeño de elementos. Ejemplos:

- Al contar el número de átomos en una molécula de agua obtenemos un número exacto: 3.
- Al contar las caras de un dado obtenemos un número exacto: 6.
- Por definición el número de metros que hay en un kilómetro es un número exacto: 1000.
- Por definición el número de grados que hay en una circunferencia es un número exacto: 360

La medida 5,36 m tiene tres cifras significativas.

La medida 0,037 s tiene dos cifras significativas.

La medida 4,0 cm tiene dos cifras significativas.

La medida 0,4 cm tiene una cifra significativa.

La medida 4 km tiene una cifra significativa.

La medida 4,00 s tiene tres cifras significativas

En ocasiones, para conocer el número de cifras significativas de una medida, es conveniente expresar la misma en **notación científica**. Supongamos que obtenemos la siguiente medida con tres cifras significativas: 4,75 m. Si la expresamos en milímetros serían 4.750 mm. Podríamos pensar que su número de cifras significativas es ahora de cuatro, lo cual no tiene sentido, pero si la escribimos en notación científica $4,75 \times 10^3$ vemos, como era de esperar, que continúa teniendo tres cifras significativas.