

Metrología Básica

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Aplicar los conceptos básicos de metrología a través de la determinación del volumen y la densidad de un sólido.

1.1.2. Específicos

- Aplicar los procesos de medición directa e indirecta.
- Conocer el manejo del vernier y tronillo micrométrico como instrumentos de medición.
- Conocer el manejo de la balanza electrónica como instrumento de medición.
- Redactar el informe siguiendo el formato o estructura de un informe técnico.

1.2. Fundamentos Teóricos

Para poder medir una cantidad física es necesario establecer una comparación entre dicha cantidad y otra cantidad de la misma especie elegida previamente como patrón. La existencia de relaciones matemáticas entre diferentes cantidades físicas, permite que se pueda seleccionar algún pequeño número de estas, definiéndose como cantidades fundamentales, a partir de las cuales se pueden expresar las demás (derivadas).

1.2.1. Cifras Significativas y Redondeo

Los resultados primarios solamente deberían reportarse con el apropiado número de cifras significativas. El número de cifras significativas y la incertidumbre asociado son una indicación de la precisión de los resultados analíticos. El manejo correcto de las cifras significativas (y de la incertidumbre) y la preservación de la precisión disponible, requiere de una comprensión de la propagación de la incertidumbre en los cálculos.

Generalmente, si no se especifica, se puede asumir que la precisión es ± 1 la posición del último dígito de la cifra reportada, el cual es llamado el dígito menos

significativo. Sin embargo, algunos valores tienen efectivamente un número infinito de cifras significativas. Por ejemplo, 1 pulgada se define como exactamente 2,54 centímetros (2,54 con un número infinito de ceros a la derecha) y cada valor es infinitamente preciso para propósitos de conversión. Además, para propósitos prácticos, muchas constantes (velocidad de la luz, constante de Planck, etc.) son comparativamente precisas y no limitan la precisión de los resultados de los cálculos en que intervienen.

El acarreo de ceros es una fuente de confusión. El uso de la notación científica le permite a quien escribe la cifra indicar la precisión. Considere el número 2000 (el cual cuando fue escrito de esta forma, tenía cuatro cifras significativas). La mejor manera de indicar el número de cifras significativas consiste en usar la notación científica:

2×10^3	1 Cifra Significativa
$2,0 \times 10^3$	2 Cifras Significativa
$2,00 \times 10^3$	3 Cifras Significativa

Cuando es necesario reducir el número de dígitos en un resultado, esta operación debería ser llevada a cabo mediante el redondeo. Si el número después del último dígito significativo es mayor que 5, se debería aumentar en una unidad el dígito menos significativo; y si es menor que 5, redondear por debajo.

Ejemplo:

Numero	5 Cifras	4 Cifras	3 Cifras	2 Cifras	1 Cifra
3,14159	3,1416	3,142	3,14	3,1	3
9,80701	9,8070	9,807	9,81	9,8	10
0,064451207	0,64451	0,64451	0,644	0,64	0,6
$3,5040 \times 10^{-3}$	$3,5040 \times 10^{-3}$	$3,504 \times 10^{-3}$	$3,50 \times 10^{-3}$	$3,5 \times 10^{-3}$	4×10^{-3}

Importante: El redondeo no debe hacerse en forma sucesiva

Como podrán observar a lo largo del curso, todos los números resultantes de un medida tienen una cierta incertidumbre, por ello es necesario eliminar aquellas cifras que carecen de significado porque la incertidumbre es mayor que lo que estas cifras significan. A continuación se presenta un ejemplo.

El resultado de la medición de la temperatura de un cuerpo se ha expresado de la siguiente forma:

$$T = (503,612 \pm 0,3)K$$

lo cual es incorrecto, puesto que las dos últimas cifras 12 no tienen significado alguno, al ocupar un posición menor que la incertidumbre. La forma de expresar correctamente el resultado anterior es la siguiente:

$$T = (503,6 \pm 0,3)K$$

1.2.2. Cálculos y Cifras Significativas

Uno debería mantener todos los dígitos mientras realiza los cálculos y redondear los resultados al número apropiado de cifras significativas, cuando finaliza. Para sumas y restas, el resultado debería tener tantas de cifras significativas como tenga la cantidad menos precisa del cálculo.

Por ejemplo:

$$14,72 + 1,4331 + 0,00235 = 16,16$$

Por el contrario, teóricamente la única forma de determinar el número correcto de cifras significativas para los resultados de cálculos que involucren multiplicaciones y divisiones consiste en hacerlo como se realiza en la propagación de incertidumbres (Método de las Derivadas Parciales).

A continuación se hará la descripción de diferentes instrumentos que permiten la medición de las cantidades físicas fundamentales.

1.2.3. Medida de Longitud

La manera convencional para determinar longitudes entre 1mm y 100 m es mediante el uso de una regla graduada o de una cinta métrica. Existen otros instrumentos como el vernier y el tornillo micrométrico que permiten obtener exactitudes de hasta $1/10\text{mm}$

1.2.4. Regla y cinta métrica

El método más simple para medir las dimensiones lineales de un cuerpo es el de compararlas directamente con el patrón de medida. Este patrón se obtiene empleando reglas rígidas que llevan grabada una escala, es decir un conjunto de pequeños trazos rectilíneos paralelos que tienen distancia entre si igual a la unidad de medida o sus múltiplos y submúltiplos. Superponiendo el cuerpo a la escala se obtiene una evaluación inmediata de la longitud de este contando cuantas divisiones de la escala caen entre los puntos extremos del cuerpo.

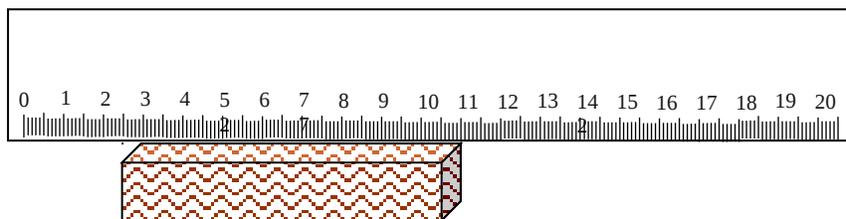


Figura 1.1: Regla con escala

Para facilitar esta operación se numeran las divisiones de la escala y la diferencia entre los números correspondientes a dos divisiones de la escala es la distancia entre las mismas. Por ejemplo una regla con escala en centímetros es superpuesta a una varilla paralelepípeda tal como se muestra en la figura 1.1.

1.2.5. Vernier

El vernier es un instrumento que permite medir longitudes con una mayor exactitud que una cinta métrica. El vernier posee una escala auxiliar, llamada vernier o nonio rectilíneo, la cual permite hacer mediciones con una apreciación de $(1/10)$ mm ó $(1/20)$ mm. La Figura (1.2) muestra el esquema de un vernier.

Para un nonio de N divisiones su apreciación A_p es:

$$A_p = \frac{\text{Apreciación de la escala principal}}{N}$$

Normalmente la escala principal coincide con la escala de una regla de apreciación igual a 1mm y el nonio puede tener 10 o 20 divisiones. En estos casos la apreciación es:

Para 10 divisiones, la Apreciación del vernier = $(1/10)$ mm

Para 20 divisiones, la Apreciación del vernier = $(1/20)$ mm

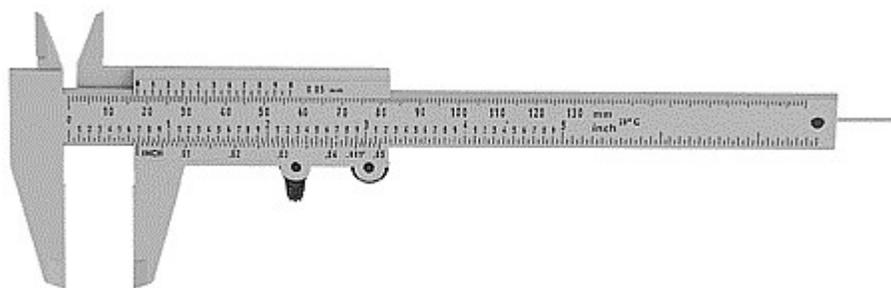
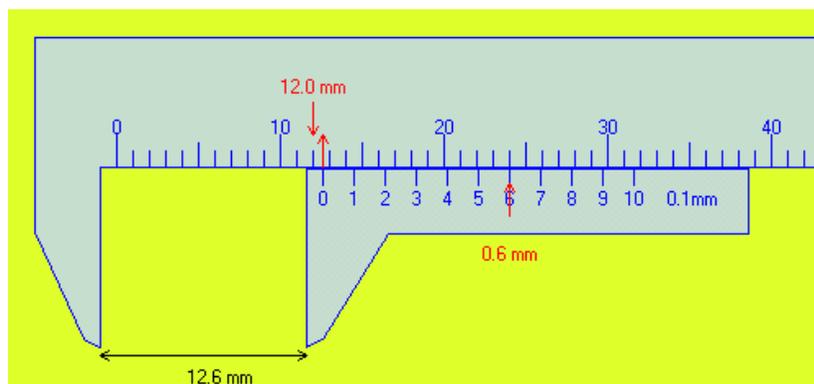
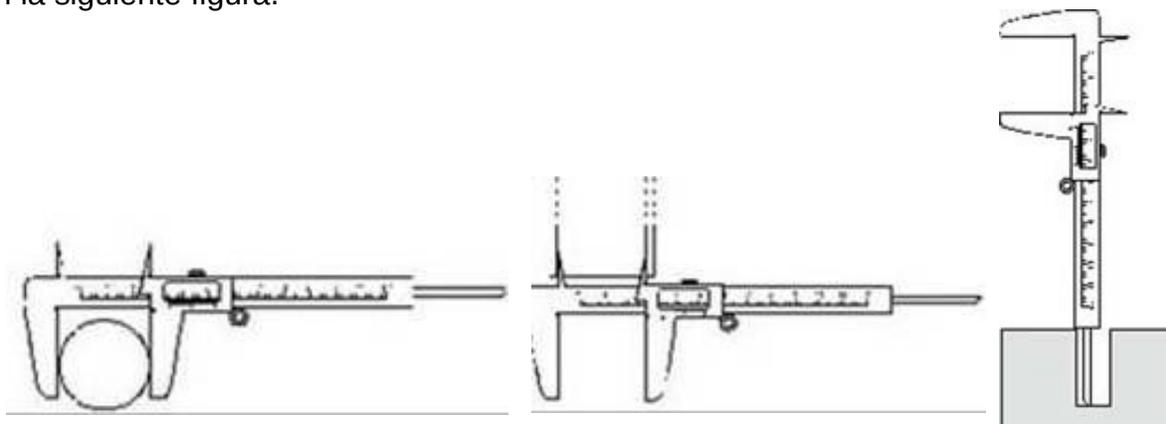


Figura 1.2: Vernier

La parte entera de la cantidad física a medir se determina considerando el índice (cero del nonio) con respecto a la escala principal. La fracción se consigue buscando en el nonio la marca que coincide con la escala principal.



El vernier tiene tres parejas de topes que sirven para medir dimensiones exteriores, dimensiones interiores y profundidades respectivamente como se muestra en la siguiente figura.



1.2.6. Tornillo Micrométrico

Es un instrumento que mide longitudes muy pequeñas tales como diámetros de alambres o espesores muy delgados. Este instrumento consiste en una pieza en forma de herradura o arco, que lleva en uno de sus extremos un tope y en el otro un mango, sobre el cual existe una escala fija graduada en milímetros o en pulgadas. Dentro de este mango se mueve un tornillo milimétrico. El tornillo lleva un tambor sobre el cual se encuentra una escala graduada en 50 ó 100 divisiones iguales, tal como se muestra en la figura (1.3).

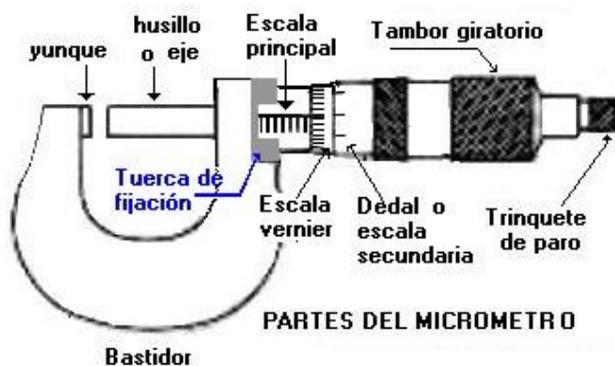


Figura 1.3: Tornillo Micrométrico

La apreciación del tornillo micrométrico se determina de la siguiente forma:

$$A = \frac{\text{Paso del Tornillo}}{\text{N}^\circ \text{ de divisiones del Tambor}}$$

El paso del tornillo es la longitud que avanza el tornillo por una vuelta del tambor.

1.2.7. Procedimiento Experimental

1. Use una muestra de una misma clase (metras, preferiblemente 30 muestras)
2. Mida la masa de cada uno de los elementos de la muestra.
3. Mida con el vernier el diámetro de las metras tres veces.
4. Aplicando el principio de Arquímedes y utilizando el cilindro graduado mida el volumen de cada elemento de la muestra.

1.2.8. Cálculos y Gráficos

1. Determine el volumen de cada muestra, a partir de las dimensiones obtenidas con el vernier.
2. Determine la incertidumbre del volumen obtenido a través de las dimensiones de las muestras y la obtenida con el cilindro graduado.
3. Seleccione el volumen de más confiabilidad para usted, y calcule la densidad de cada elemento de la muestra.
4. Obtenga el histograma de frecuencia para la densidad de cada elemento de la muestra.
5. Calcule la densidad promedio y la desviación estándar asociada.
6. Reúna los datos de cada uno de sus compañeros y repita los pasos 4 y 5.

1.2.9. Análisis

1. Observe la tendencia del histograma al aumentar el número de mediciones ¿Qué observaciones puede usted exponer al respecto?
2. A partir de los valores de la desviación estándar obtenido para cada uno de los histogramas, interprete el comportamiento de este parámetro en función del número de mediciones.
3. A partir de la densidad promedio obtenida. ¿Puede usted determinar la composición de la muestra utilizada?

1.3. Cálculo de la Densidad de un Sólido

1.3.1. Fundamentos Teóricos

La densidad ρ de un sólido se define como:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (1.1)$$

donde m es la masa sólido y V el volumen que contiene esa cantidad de masa.

En la ecuación (1.1) se puede observar que para determinar la densidad, se requiere determinar la masa y el volumen del cuerpo.

1.3.2. Determinación de la Densidad de un Cilindro

Consideremos un alambre sólido de longitud L y radio R , su volumen se puede calcular usando la siguiente expresión:

$$V = \pi \cdot R^2 \cdot L. \quad (1.2)$$

Sustituyendo (1.2) en (1.1) se obtiene:

$$\rho = \frac{m}{\pi \cdot R^2 \cdot L}. \quad (1.3)$$

En la ecuación (1.3) se puede observar que para determinar la densidad de un cilindro basta con medir la longitud, la masa y el radio del mismo.

1.3.3. Materiales y Equipos

- Trozo de alambre metálico
- Tornillo micrométrico
- Vernier
- Balanza electrónica

1.3.4. Procedimiento Experimental:

1. Mida la masa del alambre utilizando la balanza electrónica.
2. Con la ayuda del micrómetro, mida el radio del alambre en, al menos, diez (10) puntos.

3. Con la ayuda del vernier, mida la longitud del alambre. Repita esta medición, al menos, tres veces.
4. Haga una tabla con los resultados obtenidos.

1.3.5. Cálculos y Análisis de los Resultados:

1. Con la ayuda de la Ec.(1.2) y la datos obtenidos, determine el volumen promedio del alambre con su respectiva incertidumbre.
2. Usando la Ec. (1.1), junto con los valores de masa y volumen promedio, determine la densidad del alambre con su respectiva incertidumbre.
3. De acuerdo a los resultados obtenidos, indique cual de las variables experimentales tiene una mayor incidencia en la incertidumbre asociada al valor de la densidad. ¿Cómo se puede disminuir esta incidencia?
4. Identifique el material con que esta hecho el alambre. (Sugerencia: Consulte con un Handbook de Física o una Tabla de constantes físicas).
5. Analice porque se usan los valores promedios del radio y la longitud del alambre en la determinación de la densidad.
6. Presente las conclusiones de los resultados obtenidos.