***ESCUELA:* 4-107 "EJÉRCITO ARGENTINO"**

- **Espacio Curricular: Física**
- **Curso/División: 3° 1ra/2da**
- **Profesor: Fernando Barrigón**
- **Nombre y Apellido:**

GUÍA N°3

Tema: Metrología

Objetivo:

- ✓ Comprender y dominar las técnicas y las unidades de la medición.

Fecha de Entrega
1era. 25/03/22
2da. 28/03/22

A continuación se detallan las capacidades a evaluar:

- Lectura comprensiva
- Resolución de problemas
- Aplicación de saberes previos

Concepto de física. Errores en las mediciones

A continuación seguiremos con el trabajo de la materia que nos permitirá desarrollar las siguientes actividades.

CUESTIONARIO

Preg. 1 - ¿Qué es un fenómeno físico? Ejemplo.

Preg. 2 - ¿Qué es la física?

Preg. 3 - Si tenemos que estudiar un fenómeno físico ¿Qué acción resulta imprescindible?

Preg. 4 - ¿Qué es una magnitud?

Preg. 5 - ¿Cuándo una magnitud es escalar y cuando vectorial?

Preg. 6 - ¿Qué es un vector? Grafíquelo.

Aparatos de medición

Preg. 7 - Describe y explique el funcionamiento de Nonius O Vernier (Calibre).

Preg. 8 - ¿A qué denominamos aproximación del Vernier? Cálculo de dicha aproximación.

Preg. 9 - Describe y explique el funcionamiento del Palmer o tornillo micrométrico.

Preg. 10 - ¿Cuál es la aproximación del tornillo micrométrico?

Preg. 11 - Enumere y explique los tipos de errores.

Preg. 12 - ¿Qué es el error absoluto?

Preg. 13 - ¿Qué es el error relativo?

Preg. 14 - Defina valor verdadero o probable y explique cómo se calcula.

Preg. 15 - Defina error absoluto ¿Cómo se calcula?

Preg. 16 - Defina error relativo ¿Cómo se calcula?

Preg. 17 - ¿Qué es el error relativo **porcentual**? ¿Cómo se calcula?

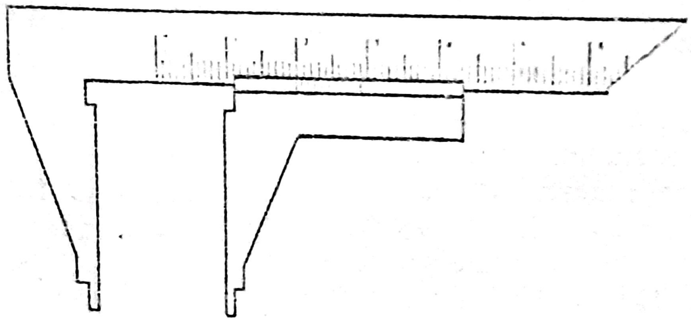


Fig. 1-3. *Vernier. La corredera tiene 10 divisiones que corresponden a 9 de la regla mayor*

APARATOS DE MEDIDA

Por la experiencia y actividad diarias conocemos distintos aparatos de medida.

a) **Para longitudes:** reglas graduadas (al milímetro, al medio milímetro).

b) **Para tiempos:** los cronómetros, metrónomos.

c) **Para pesos:** balanzas de precisión con pesas que llegan hasta el miligramo. Las más modernas permiten lectura directa de 0,1 mg.

Nonius o vernier

Para el caso de longitudes o espesores de menos de medio milímetro, que no pueden apreciarse con reglas graduadas, se emplean aparatos especiales, tales como el nonius o vernier, y el palmer.

Nonius o vernier: se emplea para medir longitudes con apreciaciones de $\frac{1}{10}$; $\frac{1}{20}$; $\frac{1}{50}$; $\frac{1}{100}$ de milímetro.

El nonio, o vernier, consta de una regla graduada (al milímetro o medio milímetro) que posee una corredera (fig. 1-3), también graduada, pero del siguiente modo:

10 divisiones de esta regla menor equivalen a 9 de la mayor o 20 divisiones de la regla menor equivalen a 19 de la menor o 50 divisiones de la regla menor equivalen a 49 de la menor.

Para el caso de que 10 divisiones de la regla menor correspondan a 9 de la mayor, resulta que cada división de la regla menor difiere en 1/10 de cada una de la regla mayor, diferencia que nos indica la aproximación del vernier.

Las lecturas mediante el vernier se realizan del siguiente modo:

1º Colocado el objeto sobre la regla mayor, de modo que un extremo coincida con el origen de ésta (valor cero) y el otro esté en contacto con el origen del vernier (regla pequeña) como indica la figura 1-4.

2º Se procede luego a leer en la regla mayor los centímetros y milímetros indicados hasta el cero del vernier (en nuestro ejemplo, fig. 1-4, 3 cm 5 mm 0,4 mm).

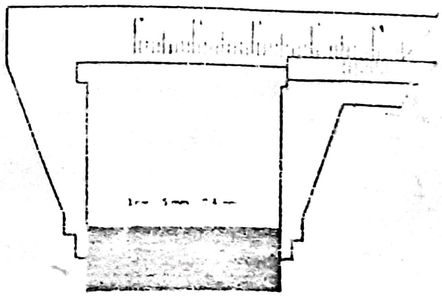


Fig. 1-4. *Lectura en un vernier. El vernier está indicando 3 cm 5 mm 0,4 mm.*

3º Buscamos entre las divisiones del vernier (regla menor) cuál es la división que coincide exactamente con una de la regla mayor, por ej.: la 4a. división.

En consecuencia, si cada división difiere respecto de la regla mayor en 1/10, las 4 divisiones nos están indicando una diferencia, o mejor, un exceso de 4 décimos de milímetro, por lo cual la medición efectuada según la figura 1-4 es de 3 cm 5 mm y 4 décimos de milímetro.

Aproximación del vernier

Para conocer la aproximación de un vernier se aplica la siguiente relación:

$$A = \frac{d}{V}$$

A: aproximación;
d: menor división de la regla mayor;
V: número de divisiones del vernier o regla menor.

Así, si la menor división de la regla mayor es de 1 mm y el vernier está dividido en 10 partes, es:

$$A = \frac{1}{10}$$

Si la menor división de la regla mayor es 1/2 mm y el vernier está dividido en 10 partes:

$$A = \frac{1/2}{10} = \frac{1}{20}$$

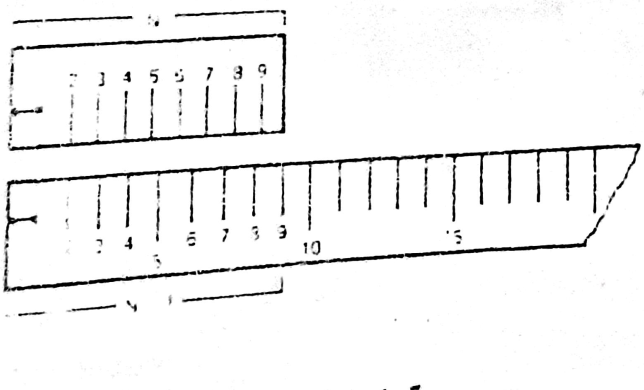


Fig. 1-5.

Si la menor división de la regla mayor fuera 1 mm y el vernier posee 50 divisiones, es:

$$A = \frac{1}{50}$$

En consecuencia, cuanto mayor sea el número de divisiones de la regla menor, es mayor la aproximación del aparato.

Cálculo de la formula de la aproximación del vernier

Recordemos que:

N divisiones del vernier corresponden a $(N - 1)$ en la mayor. Si la regla menor o vernier tiene N divisiones y cada división es: v, resulta (fig. 1-5)

$N \cdot v$ longitud del vernier

Análogamente $(N-1)$ divisiones de la regla mayor, multiplicada por cada una de sus divisiones mínimas, para el caso d, tendremos:

$$(N - 1)\ d$$

longitud de la regla mayor, equivalente a la del vernier.

Es decir, si las dos longitudes son iguales

$$N\,v = (N - 1)\ d$$

o bien

$$N\,v = N\,d - d$$

luego

$$d = N\,d - N\,v$$

factoreando el 2º miembro es.

$$d = N\,(d - v)$$

y, pasando N al primer miembro, resulta

$$\frac{d}{N} = d - v \qquad (1)$$

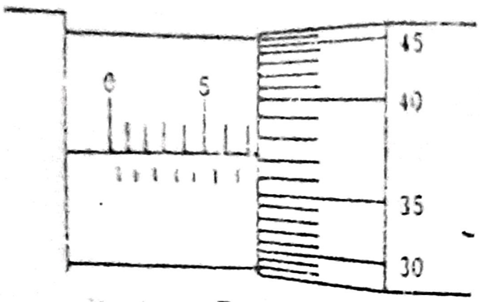
Observe el 2º miembro $(d - v)$; nos está indicando la aproximación del vernier, es decir, la diferencia entre cada división de la regla mayor (d) y cada una de la regla menor (v), o sea,

$$d - v = A \text{ (aproximación)}$$

reemplazando en (1) es

$$\frac{d}{N} = A$$

El uso del nonio o vernier está completamente generalizado en todo tipo de talleres de precisión, así como en aparatos de física, en teodolitos, barómetros, catetómetros, etc.



cilindro	7mm
tambor	0,373mm
total	7,373mm

Fig. 1-6. *Forma de leer en el tornillo micrométrico.*

Palmer o tornillo micrométrico o micrómetro

Se emplea para medir espesores (diámetros de varillas, de tornillos, etcétera) con precisión de 1/100 de mm (figs. 1-7 y 1-8).

Consta de un tornillo cuyo paso de rosca es de 1 mm, es decir, en cada vuelta completa del tornillo se produce un avance o un retroceso de 1 mm. Simultáneamente con el tornillo gira un tambor cilíndrico, el cual está dividido, según su periferia, en 100 partes. Luego, el tambor actúa como un vernier. Si la división del tornillo (paso de rosca) es de 1 mm (d = 1 mm) y el número de divisiones en el tambor es N = 100, resulta la aproximación (según lo visto)

$$A = \frac{d}{N} \quad \text{o sea:} \quad A = \frac{1}{100}$$

Entonces la lectura hecha sobre el tambor nos marca las centésimas de milímetro.

A medida que el palmer se va abriendo, el tambor deja ver una regla graduada en cm y mm. El número de divisiones desde el cero del tambor hasta la división que coincide con el guión de la regla nos indica las centésimas de milímetro.

También pueden usarse tornillos de paso de 0,5 mm y el tambor correspondiente dividido en 50 partes, la aproximación resulta la misma pues

$$A = \frac{0{,}5 \text{ mm}}{50 \text{ div}} = \frac{1}{100} \text{ mm},$$

pero al estar el tambor dividido en 50 partes es posible hacer lectura más cómoda y precisa.

Si en cambio el paso fuera 0,5 mm y el tambor dividido en 100 partes tendríamos una aproximación:

$$A = \frac{0{,}5 \text{ mm}}{100} = 0{,}005 \text{ mm}$$

(aproximación 5 milésimos de milímetro).

LA APROXIMACION Y EL ERROR EN LAS MEDICIONES

Clases de errores

Realizada una medición, obtenemos entonces un valor, por ej. 0,583 m o 1,725 g, etcétera.

Si repitiéramos varias veces (unas 20 o 30 veces) el proceso de medición podremos establecer que no todas las veces obtendremos ese mismo valor. Unas veces será mayor, otras, menor y en otras se repetirá el obtenido la primera vez.

Es lógico pensar que entre todas las mediciones realizadas está el *valor exacto* de la magnitud considerada.

¿Por qué han ocurrido esas diferencias?

Pues porque se ha incurrido en ciertos errores que *no* son producto de un mal trabajo, son errores lógicos, naturales.

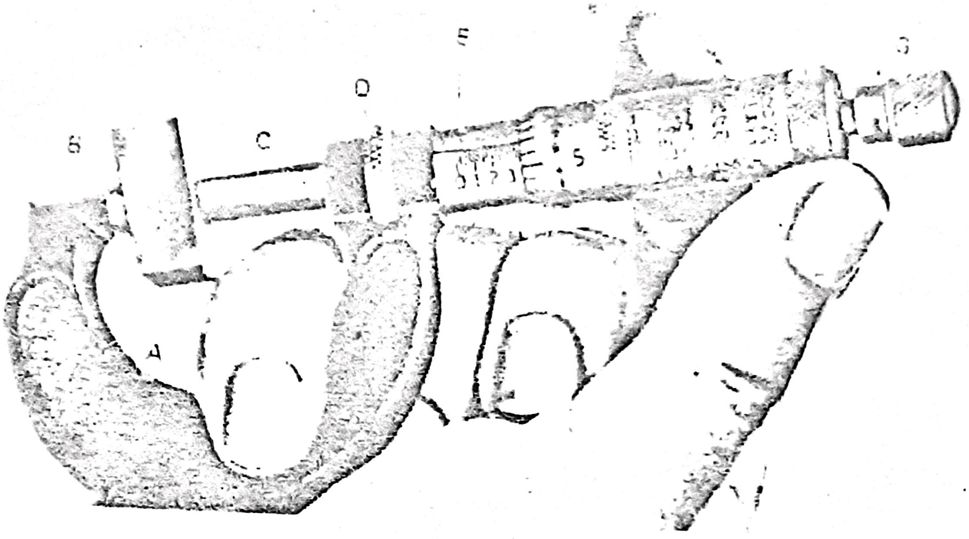


Fig. 1-7. *Tornillo micrométrico. A: Cuerpo. B: Yunque. C: Husillo. D: Fijador. E: Manguito graduado. F: Tambor. G: Crique.*

En consecuencia: en toda medición se producen siempre errores que el experimentador debe saber manejar.

Los errores pueden clasificarse en:

a) **Errores sistemáticos:** son los provocados por defectos en la escala del aparato empleado o mala construcción del mismo.

b) **Errores de apreciación:** son los que se originan por malas lecturas realizadas por el observador. La menor o mayor experiencia que posea el observador en realizar esta tarea será la mejor o menor calidad de la medición realizada.

c) **Errores casuales:** son originados por factores no previsibles como temperatura, presión, movimiento del soporte que sostiene el aparato, fatiga del observador.

Error absoluto y relativo

Toda vez que se efectúa una medición, debemos tener en cuenta la existencia de

a) un error absoluto;

b) un error relativo;

ambos pertenecen a los errores casuales.

En consecuencia:

no es posible establecer el valor exacto de una medición.

Hemos dicho que es necesario repetir varias veces el proceso de medición para así lograr acercarnos al *valor verdadero* o *más probable* y luego determinar el error dentro del cual puede admitirse que esa medición es aceptable.

Valor verdadero o probable. Puede admitirse como "valor más probable" o "valor verdadero" la media aritmética de los valores obtenidos con las mediciones realizadas.

Por ejemplo:

Si la	1ª medición	da: 4,05 m
"	2ª "	" : 4,03 m
"	3ª "	" : 4,07 m
"	4ª "	" : 3,99 m
"	5ª "	" : 4,02 m
"	6ª "	" 4,03 m
"	7ª "	" : 4,04 m

Consideraremos como *valor probable* o *verdadero* (simbolizado con $\overline{X}$)

$$\overline{X} = \frac{4,05 + 4,03 + 4,07 + 3,99 + 4,02 + 4,03 + 4,04}{7} = \frac{28,23}{7}$$

$$\overline{X} = \frac{28,23}{7} \; ; \; \overline{X} = 4,03$$

luego el valor más probable o verdadero será:

$$\overline{X} = 4,03$$

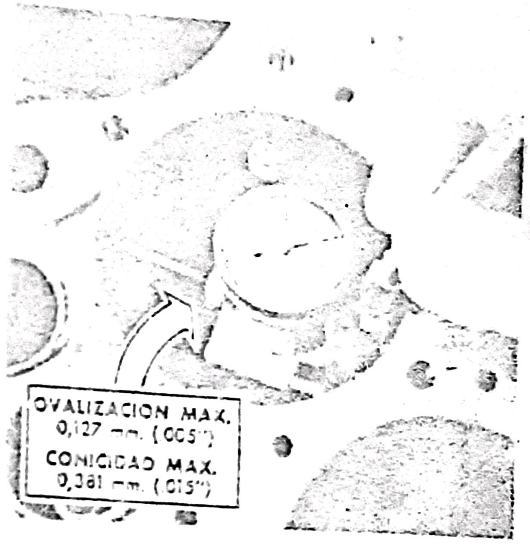


Fig. 1-8. *Micrómetro*

Error absoluto

Llamamos error absoluto (ε) a la diferencia entre el valor más probable y el de cada una de las mediciones realizadas.

En símbolos:

$$\varepsilon = \overline{X} - x_i$$

ε: error absoluto,
$\overline{X}$: valor verdadero o probable;
x_i: valor de cada medición.

Para los datos indicados más arriba sería:

Errores absolutos

Para la 1ª medición: $\varepsilon_1 = 4,03 - 4,05 = -0,02$ (por exceso)
" " 2ª medición: $\varepsilon_2 = 4,03 - 4,03 = 0$
" " 3ª medición: $\varepsilon_3 = 4,03 - 4,07 = -0,04$ (por exceso)
" " 4ª medición: $\varepsilon_4 = 4,03 - 3,99 = +0,04$ (por defecto)
" " 5ª medición: $\varepsilon_5 = 4,03 - 4,02 = +0,01$ (por defecto)
" " 6ª medición: $\varepsilon_6 = 4,03 - 4,03 = 0$
" " 7ª medición: $\varepsilon_7 = 4,03 - 4,04 = -0,01$ (por exceso)

Cuando la diferencia es positiva el error absoluto es por defecto mientras que al dar negativo será por exceso.

Error relativo

Llamamos error relativo (ε_r) al cociente entre el error absoluto (ε) y el valor considerado probable o verdadero.

En símbolos:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\overline{X}}$$

ε_r: error relativo,
ε: error absoluto,
$\overline{X}$: valor más probable

Como surge en lo expuesto más arriba, existe un error relativo para cada medición.

Así por ejemplo:

para la primera medición resulta:

$$\varepsilon_{r1} = \frac{-0,02}{4,03} = -0,0049$$

para la cuarta medición:

$$\varepsilon_{r4} = \frac{0,04}{4,03} = 0,0099$$

para la quinta medición:

$$\varepsilon_{r_1} = \frac{0{,}01}{4{,}03} = 0{,}002$$

Error relativo porcentual

Suele indicarse el error relativo en forma porcentual, es decir expresado por cien.

Para ello se multiplica el error relativo por cien.

Ejemplo:

$\varepsilon_r = 0{,}02 \quad \therefore \quad \varepsilon\% = 2\%$

$\varepsilon_r = 0{,}015 \quad \therefore \quad \varepsilon\% = 1{,}5\%$

$\therefore$ se lee: por lo tanto

Propagación de errores

Cuando se realizan mediciones de varias magnitudes ligadas entre sí por determinadas operaciones como en el caso del cálculo de una superficie, un volumen, una velocidad, etcétera (esas magnitudes pertenecen a una misma función), se producen nuevos errores provenientes de los errores de cada magnitud.

Tales hechos están regidos por la llamada *Ley de Propagación* de los errores.

I) *De errores absolutos:*

a) En la suma o la resta, el error está dado por la suma de los errores de los números que se han sumado o restado respectivamente.

b) En un producto, el error se considera (aproximadamente) igual al producto del primer factor por el error del segundo más el segundo factor por el error del primero.

Si A y B son dos magnitudes, a y b los errores determinados, resulta que el error del producto A B será:

$$\overline{X} = A\,b + B\,a$$

c) El error del cociente de dos números es igual (aproximadamente) al error del dividendo por el divisor más el error del divisor por el dividendo, todo dividido por el divisor al cuadrado.

En símbolos:

A y B son las dos magnitudes

a y b sus dos errores

luego para

A ÷ B el error es

$$\overline{X} = \frac{A\,b + B\,a}{B^2}$$

II) *De errores relativos:*

a) El error relativo de un producto es aproximadamente igual a la suma de los errores relativos de los factores.

$$E_p = \varepsilon_{r1} + \varepsilon_{r2}$$

Ep: error del producto,

ε: error de los factores.

b) El error relativo de un cociente está dado, aproximadamente, por la suma de los errores relativos del dividendo y del divisor.

$$E_c = \varepsilon_{r1} + \varepsilon_{r2}$$

Ec: error del cociente,

ε_{r1}: error del dividendo,

ε_{r2}: error del divisor.