

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE N° 01

### Unidades de la Técnica y Calibradores

#### GENERALIDADES

##### METROLOGIA

Es la ciencia de las medidas, en su generalidad trata del estudio y aplicaciones de todos los medios propios para la medida de magnitudes, tales como: longitudes, masas, tiempo, temperaturas, intensidad de corriente, etc.

Trataremos únicamente del estudio de su aplicación en la verificación geométrica y dimensional de piezas mecanizadas y órganos montados que entran en la construcción de máquinas, así como en los vehículos y maquinarias.

Este control es una de las bases fundamentales de la organización racional de las fabricaciones. La calidad de una fabricación, su constancia y la buena reputación de una fábrica no pueden adquirirse más que por un control riguroso en todas las mediciones de la fabricación.

Para que un producto industrial, tal como una maquina por ejemplo pueda controlarse correctamente, importa definir bien este producto, así como sus condiciones de fabricación y control. Esta es la misión de los planos de ejecución, acompañados de las especificaciones técnicas relativas a dicho producto.



Control de piezas mecánicas

<b>SENTENCIAS BREVES</b>	
<b>Medir ¿qué es?</b>	Es comparar una magnitud con una unidad (y sus múltiplos y submúltiplos).
<b>Medir ¿qué?</b>	Es medible todo lo cuantificable en términos de una unidad.
<b>Medir ¿para qué sirve?</b>	Para referir inequívocamente, para traficar con volúmenes, masas, para reproducir cantidades o estados, para controlar, etc.
<b>Medir ¿cómo?</b>	Estableciendo una relación de orden cuantificada con una referencia universalmente aceptada.
<b>Medir ¿cuándo?</b>	Cuando no se tenga fe en los datos y ante situaciones nuevas.
<b>Medir ¿lo no observable?</b>	Quien dice que sólo deberían tratarse las magnitudes "observables" es que no se ha parado a pensar qué es la luz. Quien dice que hay que distinguir entre variables "observables" como el peso o la temperatura, y variables "hipotéticas" como la carga del electrón o la entropía, es que no se ha parado a pensar qué es el conocimiento y cómo se ratifica (sanciona).
<b>¿Por qué medir en moles?</b>	Porque hay muchos fenómenos naturales que se comportan según el número de entidades atómico-moleculares que contengan, y como hay un número de éstas tan gigantesco en cada cuerpo, en lugar de contarlas por docenas o por gruesas (12 docenas) se cuentan en grupos de unos seiscientos mil trillones, que se llama número de Avogadro (o mejor constante de Avogadro), $N_A=6,022 \cdot 10^{23}$ . El número de Avogadro es el factor de escala antropométrico elegido para contabilizar entidades atómico-moleculares.
<b>¿Por qué medir en kelvin y no en °C?</b>	Porque en las fórmulas de la Termodinámica (para el trabajo con gases, rendimientos de máquinas, etc.) la magnitud que aparece es la temperatura absoluta T, y si no, habría que poner siempre $T+T_0$ °C. Sin embargo, ningún termómetro de mercurio viene graduado en kelvines, todos vienen en grados Celsius, porque el mayor uso de la termometría es simplemente para comparación y no para cálculos derivados. Hay que reconocer de todas formas que la temperatura es una magnitud básica especial porque es la única unidad básica no aditiva.

## I. MAGNITUDES Y UNIDADES SI

SI significa "Système International d' unites" (Sistema Internacional de Unidades). El sistema viene especificado en ISO 31 el ISO 1000 (ISO: International Organization for Standardization) y en DIN 1301 (DIN: Deutsches Institut für Normung).

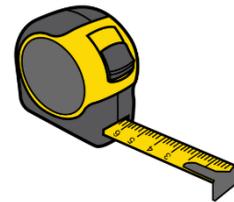
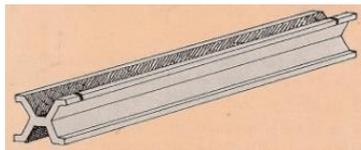
Las unidades SI son las siete unidades básicas SI y las coherentes con las mismas, es decir, las unidades que se derivan con el coeficiente 1.

## 1.1. UNIDADES BÁSICAS SI

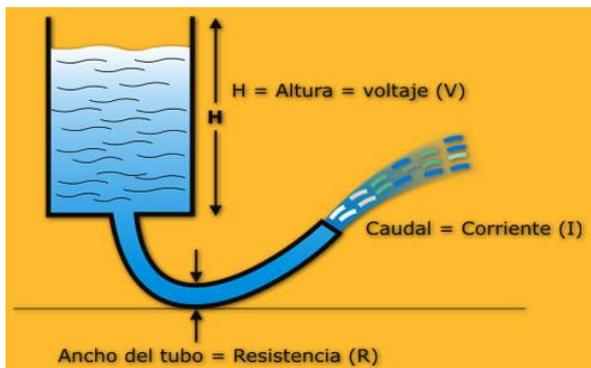
Ítem	Magnitudes Básicas	Unidades SI	
		Nombre	Símbolo
1	Longitud	Metro	m
2	Masa	Kilogramo	kg
3	Tiempo	Segundo	s
4	Intensidad de Corriente eléctrica	Ampere	A
5	Temperatura	Kelvin	k
6	Cantidad de materia	Mol	mol
7	Intensidad de luz	Candela	cd

## 1.2. DEFINICIONES DE LAS UNIDADES SI

- 1) **metro**, es la longitud de trayecto que recorre la luz el vacío durante un tiempo de  $1/299972458$  segundos 17° CGPM, 1983<sup>(1)</sup>. El metro se define con ello por medio de la velocidad de la luz en el vacío,  $c=299972458\text{m/s}$ ; ya no se define por la longitud de onda de la radiación del átomo de criptón  $^{86}\text{Kr}$ . Antiguamente se definía el metro como la millonésima parte del cuadrante del meridiano terrestre que pasa por Paris (metro patrón, Paris, 1875).



- 2) **Amperio**, es la intensidad de una corriente eléctrica que, al circular en el mismo sentido por dos conductores paralelos infinitamente largos, situados en el vacío y a un metro de distancia, hace que se atraigan con una fuerza de  $2 \cdot 10^{-7}$  newton por cada metro de longitud. El instrumento de medida que utilizamos para medir la intensidad de corriente es el amperímetro.



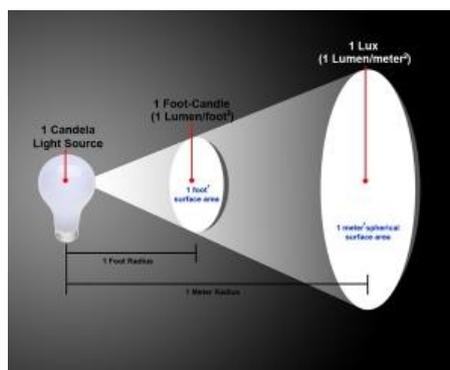
- 3) **kilogramo**, Es la masa de un cilindro de platino e iridio de 39 milímetros de diámetro y 39 milímetros de altura y que se conserva en la oficina de Pesas y Medidas de París. El instrumento que utilizamos para medir masas es la balanza.



- 4) **Segundo**, en la actualidad se define como la duración de 9 192 631 770 períodos de la radiación que corresponde a la transición entre dos niveles energéticos hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio-133. El instrumento que utilizamos para medir el tiempo es el cronómetro.

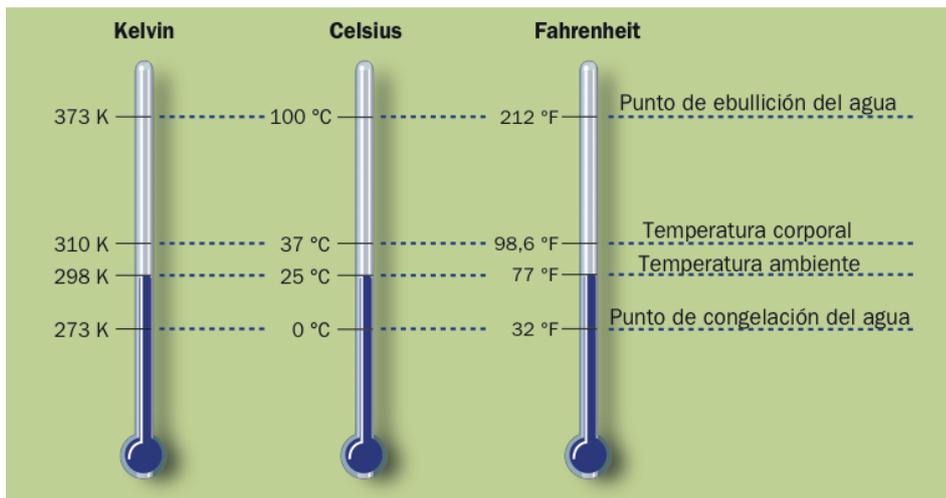


- 5) **Candela**, es la intensidad luminosa de una fuente que, en una dirección dada, emite una radiación monocromática de frecuencia  $540 \cdot 10^{12}$  Hz, y cuya intensidad energética en esa dirección es de  $1/683$  vatios/estereorradián.



- 6) **kelvin**, La escala termodinámica de temperaturas se adoptó en la XI Conferencia General de Pesos y Medidas celebrada en París en 1960, y se define como la fracción  $1/273,16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Con esto, la temperatura de congelación del agua a la presión de 1 atm se tomó como 273,15 K, y la de ebullición, 373,15 K. Por tanto,

y al igual que la escala Celsius (llamada así en honor del astrónomo sueco Anders Celsius, quien la propuso en el siglo XVIII), la escala Kelvin tiene 100 divisiones; cada una de ellas es un Kelvin.



7) **Mol**, Es el número de partículas representativas (átomos, moléculas, iones...) como las que hay en 12 gramos de carbono-12 puro ( $6,023 \times 10^{23}$ ). Este número es el que conocemos como número de Avogadro. A través de años de experiencia, se ha establecido que un mol de cualquier sustancia contiene  $6,023 \times 10^{23}$  partículas representativas.



La fotografía muestra un mol de diferentes sustancias: agua, fósforo, cinc y dicromato de potasio. Aunque la masa es diferente para cada una de ellas, todas contienen el mismo número de entidades elementales (la misma cantidad de sustancia).

De las magnitudes y unidades básicas se derivan todas las demás magnitudes y unidades. Así se obtienen la unidad internacional de fuerza, aplicando en la ley de Newton las unidades básicas correspondientes:

### 1.3. UNIDADES DERIVADAS

MAGNITUD	DEFINICIÓN	FORMULA	NOMBRE	SIMB
Frecuencia	Un hercio es un ciclo por segundo.	$Hz = \frac{1}{s} = s^{-1}$	Hertz o hercio	<b>Hz</b>
Fuerza	Un newton es la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de $1 \text{ m/s}^2$ a un objeto cuya masa sea de $1 \text{ kg}$ .	$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$	Newton	<b>N</b>
Presión	Un pascal es la presión normal (perpendicular) que una fuerza de un newton ejerce sobre una superficie de un metro cuadrado.	$Pa = \frac{N}{m^2} = \frac{kg}{s^2 \cdot m}$	Pascal	<b>Pa</b>
trabajo y energía	Un julio es el trabajo realizado por una fuerza de $1 \text{ newton}$ para desplazar $1 \text{ m}$ en la dirección de la fuerza a un objeto cuya masa sea de $1 \text{ kg}$ .	$J = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$	Julio o Joule	<b>J</b>
Potencia	Un vatio es la potencia que genera una energía de un julio por segundo. En términos eléctricos, un vatio es la potencia producida por una diferencia de potencial de un voltio y una corriente eléctrica de un amperio.	$W = \frac{J}{s} = V \cdot A = \frac{m^2 \cdot kg}{s^3}$	Vatio	<b>W</b>
fuerza electromotriz	Diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente eléctrica de una intensidad de un amperio utiliza un vatio de potencia.	$V = \frac{J}{C} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^3 \cdot A}$	Voltio	<b>V</b>
Resistencia eléctrica	Un ohmio es la resistencia eléctrica existente entre dos puntos de un conductor cuando en ausencia de fuerza electromotriz en éste- una diferencia de potencial constante de un voltio aplicada entre esos dos puntos genera una corriente de intensidad de un amperio	$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^3 \cdot A^2}$	Ohmio	<b><math>\Omega</math></b>
Capacidad eléctrica	Un faradio es la capacidad de un conductor que con la carga estática de un culombio adquiere una diferencia de potencial de un voltio.	$F = \frac{s^2 \cdot C^2}{m^2 \cdot kg} = \frac{s^4 \cdot A^2}{m^2 \cdot kg}$	Faradio	<b>F</b>
Densidad	La densidad, es la relación de masa y su volumen.	$\rho = \frac{m}{V} = \frac{kg}{m^3}$	Densidad	<b><math>\rho</math></b>

MAGNITUD	DEFINICIÓN	SIMBOLO
Volumen	Un metro cúbico es el volumen equivalente al de un cubo de un metro por lado	$m^3$
Velocidad	Un metro por segundo es la velocidad de un cuerpo que, con movimiento uniforme, en un segundo recorre una longitud de un metro	$\frac{m}{s}$
Cantidad de movimiento	Es la cantidad de movimiento de un cuerpo con una masa de un kilogramo que se mueve a una velocidad instantánea de un metro por segundo.	$N \cdot s = kg \cdot \frac{m}{s}$
Aceleración	Es el aumento de velocidad regular -que afecta a un objeto- equivalente a un metro por segundo cada segundo.	$\frac{m}{s^2}$
Número de onda	Es el número de onda de una radiación monocromática cuya longitud de onda es igual a un metro.	$\frac{1}{m}$
Velocidad angular	Es la velocidad de un cuerpo que, con una rotación uniforme alrededor de un eje fijo, en un segundo gira un radián	$\frac{rad}{s} = \frac{1}{s}$
Aceleración angular.	Es la aceleración angular de un cuerpo sujeto a una rotación uniformemente variada alrededor de un eje fijo, cuya velocidad angular, en un segundo, varía un radián.	$\frac{rad}{s^2} = \frac{1}{s^2}$
Torque	Es el momento o torque generado cuando una fuerza de un newton actúa a un metro de distancia del eje fijo de un objeto e impulsa la rotación de éste.	$N \cdot m = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2}$
Viscosidad dinámica.	Es la viscosidad dinámica de un fluido homogéneo, en el cual, cuando hay una diferencia de velocidad de un metro por segundo entre dos planos paralelos separados un metro.	$Pa \cdot s = \frac{kg}{m \cdot s}$
Entropía.	Es el aumento de entropía de un sistema que -siempre que en el sistema no ocurra transformación irreversible alguna- a la temperatura termodinámica constante de un kelvin recibe una cantidad de calor de 1 julio.	$\frac{J}{K} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2 \cdot K}$
Calor específico	Es la cantidad de calor, expresada en julios, que, en un cuerpo homogéneo de una masa de un kilogramo, produce una elevación de temperatura termodinámica de un kelvin.	$\frac{J}{kg \cdot K} = \frac{m^2 \cdot kg}{s^2 \cdot K}$
Conductividad térmica.	Es el flujo térmico de 1 vatio, en un cuerpo homogéneo isótropo en la que una diferencia de temperatura de un kelvin entre dos planos paralelos de un metro cuadrado y distantes 1 metro.	$\frac{W}{m \cdot K} = \frac{m \cdot kg}{s^3 \cdot K}$

#### 1.4. PREFIJOS PARA MULTIPLOS Y SUBMULTIPLOS

Múltiples y Submúltiples	Prefijo	Símbolo
1 000 000 000 000 = $10^{12}$	Tera	T
1 000 000 000 = $10^9$	Giga	G
1 000 000 = $10^6$	Mega	M
1 000 = $10^3$	Kilo	k
100 = $10^2$	Hecto	h
10 = 10	Deca	da
0,1 = $10^{-1}$	Deci	d
0,01 = $10^{-2}$	Centi	c
0,001 = $10^{-3}$	Mili	m
0,000 001 = $10^{-6}$	Micro	$\mu$
0,000 000 001 = $10^{-9}$	Nano	n
0,000 000 000 001 = $10^{-12}$	Pico	p

**Radian (rad)** (Unidad complementaria) Un ángulo plano de un radian delimita un arco de circunferencia igual al radio del círculo.

$$1 \text{ rad} = 57,296^\circ = 57^\circ 17' 45''.$$

$$\text{Circunferencia} = 2 \pi \text{ rad}$$

## II. SISTEMA INGLES ABSOLUTO

### 2.1. UNIDADES DE BASE

#### 2.1.1. Masa

kg (SI), g (cgs), lb (avoirdupois), tonelada métrica.

$$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$$

$$1 \text{ lb} = 0,453 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ton met} = 1000 \text{ kg}$$

$$1 \text{ ton US} = 1016,047 \text{ kg}$$

$$1 \text{ oz (avoirdupois)} = 0,02835 \text{ kg}$$

#### 2.1.2. Longitud

m (SI), cm (cgs), in (as), ft (as), yd, km, mile, mile n.

$$1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$$

$$1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$1 \text{ in} = 0,0254 \text{ m}$$

$$1 \text{ in} = 2,54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m} = 12 \text{ in}$$

$$1 \text{ yd} = 0,9144 \text{ m} = 36 \text{ in} = 3 \text{ ft}$$

#### Otras unidades de longitud

$$1 \text{ Angstrom } (\text{\AA}) = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ año luz} = 9,46070 \cdot 10^{15} \text{ m}$$

#### 2.1.3. Tiempo

En todos los sistemas s, min, h, día, año

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ día} = 88400 \text{ s}$$

$$1 \text{ año solar} = 365,24219 \text{ días} = 365 \text{ d } 5 \text{ h } 49 \text{ min}$$

$$1 \text{ año sideral} = 365,25636 \text{ días} = 365 \text{ d } 6 \text{ h } 9 \text{ min}$$

### 2.1.4. Temperatura K (SI), °C, °K, °F, °R

La escala Kelvin (K, °K) de temperatura termodinámica es absoluta; el cero de la escala corresponde al cero absoluto.

Ya no se usa el símbolo °K, ni la palabra grado Kelvin, sino **K**: Kelvin.

1° C = 1 K y la escala Celsius está desplazada de 273,15°C respecto a la escala Kelvin.

Los **puntos fijos** de la escala internacional de temperatura son:

Punto triple del hidrógeno: - 259,34 °C

Punto de ebullición (eq) del hidrógeno: - 252,87 °C

Punto de ebullición del neón: - 246,048 °C

Punto triple del oxígeno: - 218,789 °C

Punto de ebullición del oxígeno: - 182,962 °C

Punto triple del agua: 0,01 °C

Punto de ebullición del agua: 100 °C

La escala **Fahrenheit** es tal que hay 180 °F entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, los cuales se definen respectivamente por 32°F y 212°F.

Así **1 °C = 5/9 °F**

Temp (°C) = 5/9 (Temp. (°F) - 32)

Temp (°F) = 32 + 9/5 Temp (°C)

T °C	T + 273,15 K
T °F (Fahrenheit)	$\frac{5}{9}(T - 32) + 273,15$ K
T °R (rankine)	5/9 K

#### a) DIFERENCIA DE TEMPERATURA

1 °C	1 K
1 °F (Fahrenheit)	5/9 K
1 °R (rankine)	5/9 K

## 2.2. UNIDADES DERIVADAS DEL SISTEMA INGLES

**Velocidad:** ft/s

**Aceleración:** ft/s<sup>2</sup>

**Fuerza:** poundal (pdl), 1 pdl = 1 lb. ft/s<sup>2</sup>

**Presión:** debería ser el pdl/ft<sup>2</sup>, pero esta unidad no se utiliza; se usa lbf/ft<sup>2</sup> ó lbf/in<sup>2</sup> (psi).

**Energía:** ft.pdl poco utilizado; se prefiere usar ft.lbf, y más que todo Btu, Hp.h, kW.h

**Potencia:** ft.pdl/s, que no se utiliza; se prefiere usar el caballo vapor Hp, o la Btu/h.

## 2.3. UNIDADES DE PROPIEDADES MÁS UTILIZADAS

2.3.1. **Área** (SI), cm<sup>2</sup> (cgs), in<sup>2</sup> y ft<sup>2</sup> (as), área, hectárea, km<sup>2</sup>, mile<sup>2</sup>, etc.

$$1 \text{ in}^2 = 6,4516 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ ft}^2 = 9,2903 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ hectárea} = 10^4 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ km}^2 = 10^6 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ yd}^2 = 0,836127 \text{ m}^2$$

2.3.2. **Volumen** m<sup>3</sup> (SI), cm<sup>3</sup> ó cc (cgs), in<sup>3</sup> y ft<sup>3</sup> (as), litro (l), galón (gal), barril (bbl), onza (oz).

$$1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 1,63871 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ ft}^3 = 0,028 3168 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ l} = 1000 \text{ cm}^3 = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ gal (UK)} = 4,54609 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ gal (US)} = 3,78544 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ bbl (petróleo)} = 42 \text{ gal (US)} = 0,15899 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ oz (US fluid)} = 29,57 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

2.3.3. **Entalpia Específica**

$$1 \text{ KJ/Kg} = 0.42992 \text{ Btu/lbm} = 0.23885 \text{ kcal/Kg} = 334.55 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$1 \text{ Btu/lbm} = 2.3260 \text{ KJ/Kg} = 0.55556 \text{ kcal/Kg} = 778.16 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$1 \text{ kcal/Kg} = 4.1868 \text{ KJ/Kg} = 1.800 \text{ Btu/lbm} = 1400.7 \text{ lbf.ft/lbm}$$

$$1 \text{ lbf.ft/lbm} = 2.9891 \times 10^{-3} \text{ KJ/Kg} = 1.2851 \times 10^{-3} \text{ Btu/lbm} = 7.1394 \times 10^{-4} \text{ kcal/Kg}$$

2.3.4. **Entropía específica, calor específico, constante de los gases**

$$1 \text{ KJ/Kg K} = 0.23885 \text{ Btu/Lbm } ^\circ\text{R} = 0.23885 \text{ kcal/Kg K}$$

$$1 \text{ Btu/Lbm } ^\circ\text{R} = 4.1868 \text{ KJ/ Kg K} = 1.0000 \text{ kcal/ Kg K}$$

$$1 \text{ kcal/ Kg K} = 4.1868 \text{ KJ/ Kg K} = 1.0000 \text{ Btu/ Lbm } ^\circ\text{R}$$

2.3.5. **Potencia:** Horse power (Hp)

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} \quad 1 \text{ W} = 3.4122 \text{ Btu/h} = 0.85987 \text{ kcal/h} = 1.34102 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

$$1 \text{ Btu/h} = 0.29307 \text{ W} = 0.25200 \text{ kcal/h} = 3.9300 \times 10^{-4} \text{ hp}$$

$$1 \text{ kcal/h} = 1.1630 \text{ W} = 3.9683 \text{ Btu/h} = 1.5595 \times 10^{-3} \text{ hp} = 0.85778 \text{ lbf.ft/s}$$

$$1 \text{ horsepower (hp)} = 550 \text{ lbf.ft/s} = 2544.5 \text{ Btu/h} = 745.70 \text{ W}$$

$$1 \text{ lbf.ft/s} = 4.6262 \text{ Btu/h} = 1.3558 \text{ W} = 1.8182 \times 10^{-3} \text{ hp}$$

2.3.6. **Presión**

$$1 \text{ kp/cm}^2 = 98 000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg}$$

$$1 \text{ atm} = 101 300 \text{ Pa.}$$

$$1 \text{ bar} = 14,5038 \text{ lb/in}^2 \text{ (psi)}$$

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 0,98692 \text{ atm}$$

$$1 \text{ bar} = 1,01972 \text{ kp/cm}^2$$

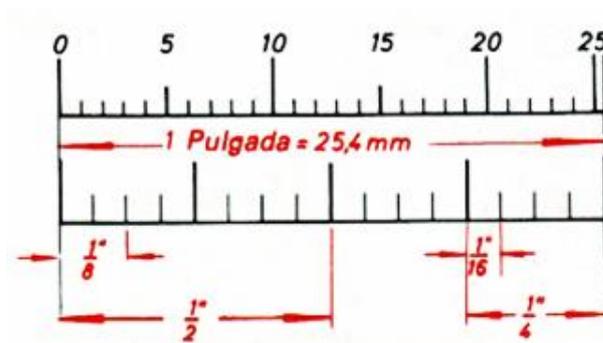
### 2.3.7. Viscosidad Dinámica

1 kps/m <sup>2</sup>	9,80665 Pa s
1 kph/m <sup>2</sup>	3,532.10 <sup>-4</sup> Pa s
1 Poise = 1 glcm <sup>5</sup>	1,0000.10 <sup>-1</sup> Pa s
1 lb/fthr	4,1338.10 <sup>-4</sup> Pa s
1 lb/ft <sup>5</sup>	1,4882 Pa s

### 2.3.8. Viscosidad Cinemática

1 Stoke = 1 cm <sup>2</sup> /s	1,0000.10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> /s
1 dm <sup>3</sup> /hrin	1,0936.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s
1 ft <sup>2</sup> /hr	2,5806.10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup> /s
1 ft <sup>2</sup> /s	9,2903.10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> /s

## III. CONVERSION DE PULGADAS A MILIMETROS Y VICEVERSA



$$\text{Pulgadas} = \frac{\text{Número de milímetros}}{25,4} ["]$$

$$\text{Milímetros} = \text{Número de pulgadas} \times 25,4 [\text{mm}]$$

a) ¿Cuántas pulgadas son 12,7 mm?

$$12,7 \text{ mm} \cong \frac{12,7}{25,4} = 0,5$$

$$12,7 \text{ mm} \cong \frac{1''}{2}$$

b) ¿Cuántos milímetros son 2 1/2''

$$2\frac{1}{2}'' \cong 2\frac{1}{2}'' \cdot 25,4$$

$$2\frac{1}{2}'' \cong \underline{63,5 \text{ mm}}$$

#### IV. CALIBRADOR (Pie de Rey)

Es un instrumento para medir longitudes que permite lecturas en milímetros y en pulgadas a través de una escala llamada nonio "o vernier"

Se utiliza para hacer con rapidez mediciones exteriores, interiores y profundidades, en piezas cuyo grado de precisión es aproximado hasta los 0.02 mm,  $1/28''$  ó 0,001(fig.1)

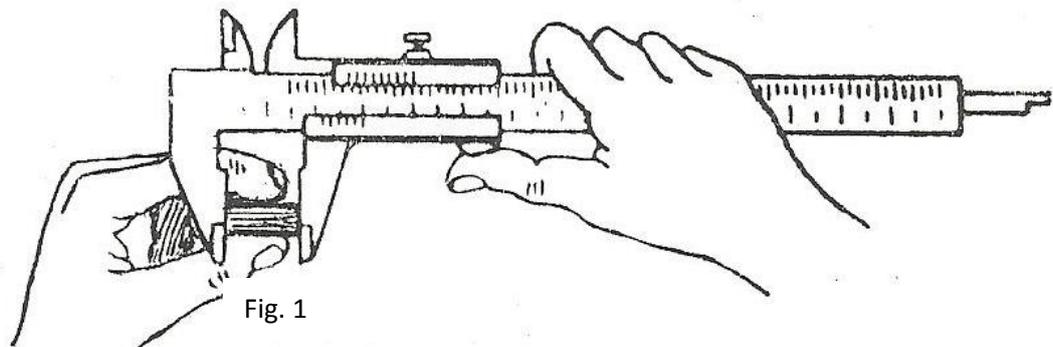


Fig. 1

**NOMENCLATURA.-** El calibrador (Fig.2) está compuesto principalmente, en una regla graduada con una quijada fija en un extremo, formando con la regla un ángulo recto; y del cursor provisto de las escalas de nonio, que se desliza sobre la regla, presionando el impulsor con el pulgar y accionando un movimiento de desplazamiento. Cuando en el cursor no se presiona, un mecanismo frena el deslizamiento del cursor.

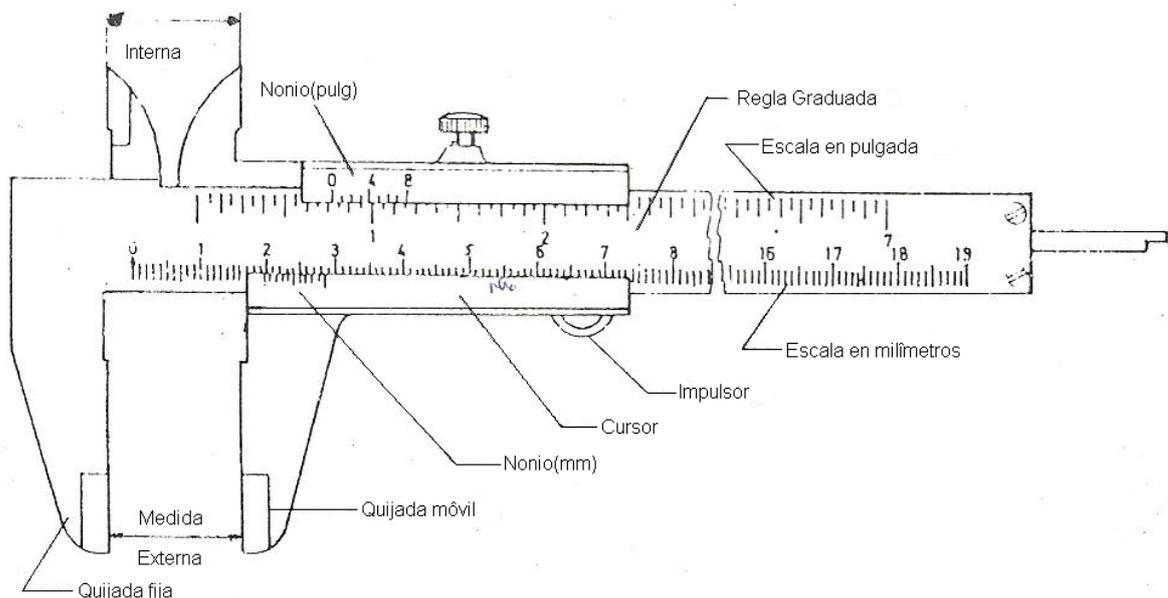
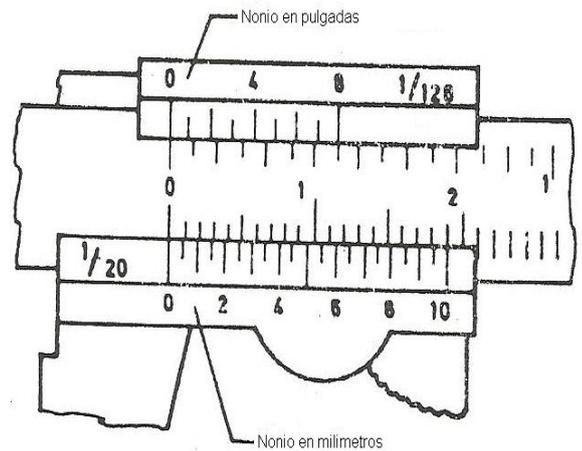


Fig. 2

- Del nombre del célebre matemático, astrónomo y cosmógrafo portugués Pedro Nunes, quien en 1542 invento una disposición para medir fracciones de grado.
- Del nombre del francés Pierre Vernier, Inventor / hacia 1630) de un método para efectuar mediciones precisas con una regla.

El **Nonio** es una división secundaria de muchos instrumentos de medidas, que permite leer directamente valores intermedios de una división uniforme. Consta de una pequeña escala de rayas divisorias del instrumento de medición

Hay nonios que permiten apreciar lecturas de  $1/10\text{mm}=0.1$ ,  $1/20\text{mm}=0,05$ ,  $1/50\text{mm}=0,02\text{mm}$ , en la escala de milimetrado y de  $1/28''$  y  $1/100''$ , en la escala de pulgada.



**APRECIACION.-** La apreciación de estos instrumentos de medición esta por la lectura de una menor fracción de la unidad de medida, que se puede obtener con la aproximación del nonio.

La máxima aproximación de la lectura se obtiene por el cociente entre la magnitud de la menor división de la escala principal (regla) dividida por el número de divisiones de la escala auxiliar o nonio.

La apreciación se obtiene, pues, con la formula  $a = \frac{l}{n}$

Donde:

a= apreciación

l= menor división de la escala (regla)

n= número de divisiones del nonio

### **Ejemplo: (calibre con nonio en el sistema métrico)**

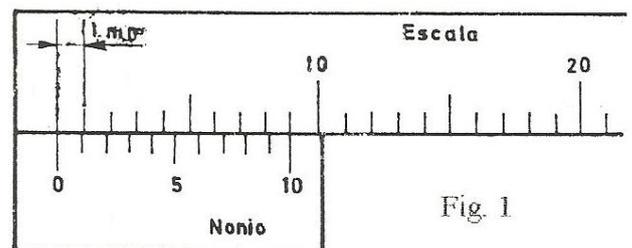
1°)  $l=1$  milímetro de la escala principal

$n= 10$  divisiones en el nonio

$$a = l/n \quad a=1/10$$

$a=0,1$  milímetro de escala

Cada división del nonio permite una lectura aproximada hasta  $0,1\text{mm}$  (Fig.1)

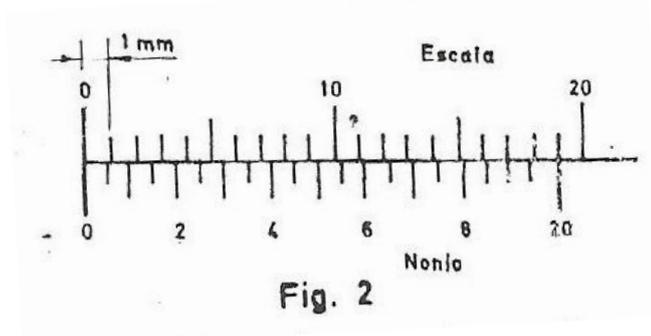


2°)  $l=1$  milímetro de la escala principal

$n= 20$  divisores en el nonio

$$a = l/n=1/20$$

$a= 0,05$  mm



Cada división del nonio permite una lectura aproximada hasta  $0,05$  mm (Fig. 2)

3°  $l=1$  milímetro de la escala principal (Fig.3)

$n=50$  divisores en el nonio

$$a = l/n$$

$$a=1/50$$

$$a=0.02 \text{ mm}$$

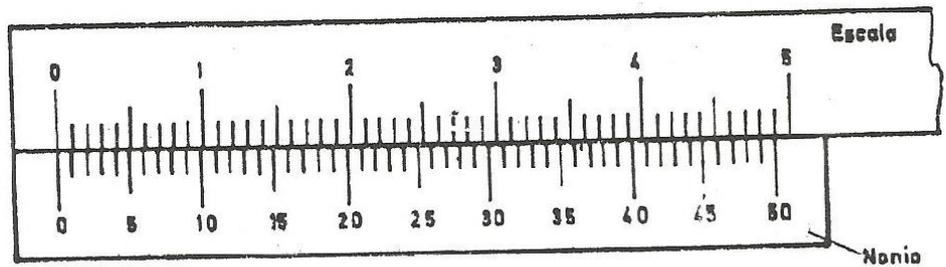


Fig. 3

**Ejemplos (Calibre con nonio en el sistema ingles)**

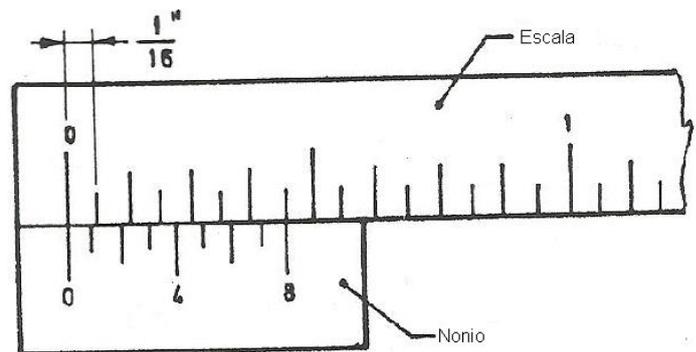
1°  $l=1''/16$

$n=8$  divisiones en el nonio

$$a = l/n = 1''/16/8$$

$$a=1''/16 \times 1/8$$

$$a=1/128''$$



(Fig.4)

Cada división del nonio permite una lectura hasta  $1/128''$

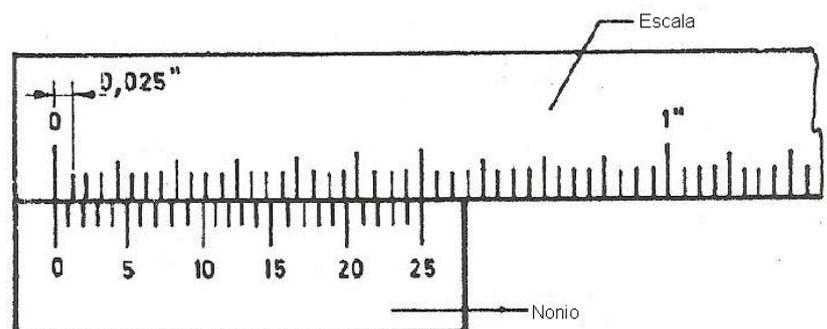
2°  $l=0,025''$

$n=25$  divisiones en el nonio

$$a = l/n$$

$$a=0,025/25$$

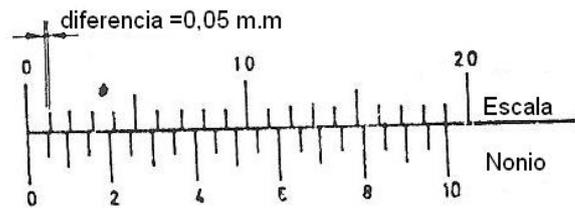
$$a=0,001''$$



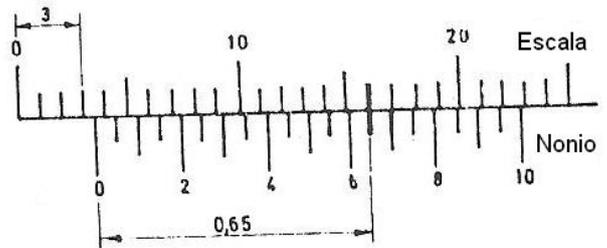
Cada división del nonio permite una lectura hasta  $0,001''$

**Aproximación de 0,05 mm (nonio con 20 divisiones)**

Para obtener lecturas con aproximación de 0,05 mm, se utiliza con un nonio de 19 mm de longitud, dividido en 20 partes iguales, de modo que cada parte mida  $19/20\text{mm}=0,95\text{mm}$ ; luego, la diferencia de longitud entre las divisiones de ambas escalas es:  $1-0,95=0,05\text{ mm}$  (Fig. 6)



La figura N°7 señala una lectura de 3.65 mm, porque el tres de la escala esta antes del cero del nonio y de la coincidencia se da en el 13° trazo del nonio:  $13 \times 0,05\text{ mm}=0,65\text{mm}$ .



**Aproximación de 0,02 mm (nonio con 50 divisiones)**

Para obtener lecturas con una aproximación de 0,02 mm, se utiliza un nonio de 49 mm de longitud, dividido en 50 partes iguales, de modo que cada parte mide  $49/50=0,98\text{ mm}$ . Luego la diferencia de longitud entre las divisiones de ambas escalas es:

$1-0,98\text{mm} = 0,02\text{ mm}$

La figura N° 8 muestra una lectura de 17,56 mm. Algunos calibres con nonio de 50 divisiones están provistos de un dispositivo que permite un desplazamiento mecánico del cursor (Fig. 9)

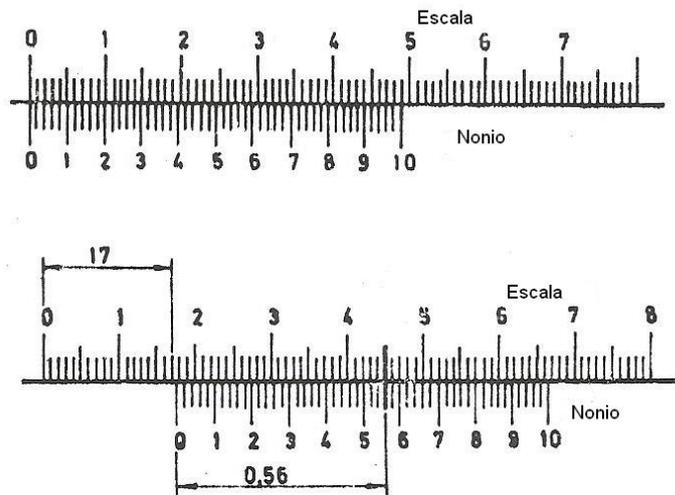


Fig.8

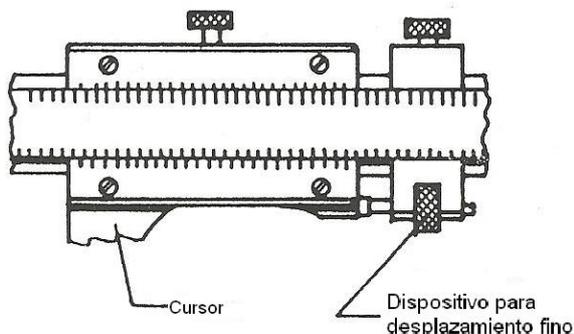
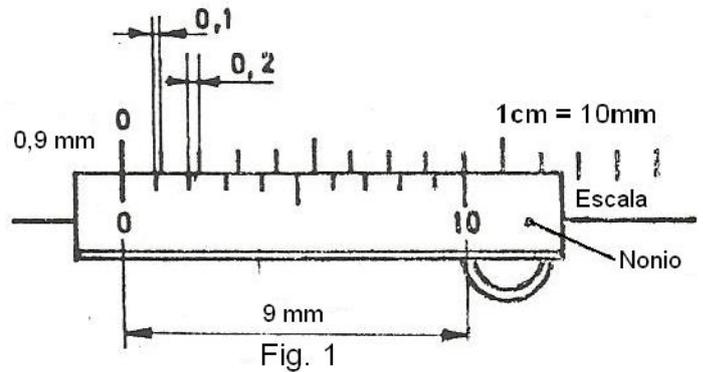


Fig.9

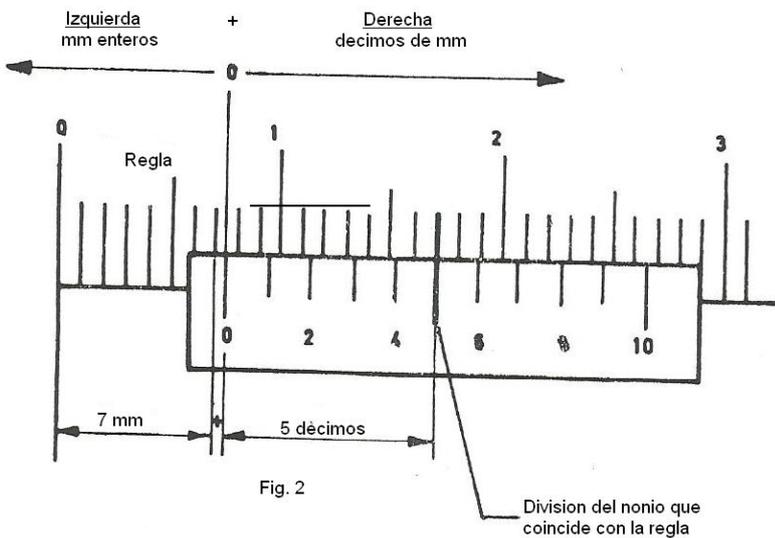
**LECTURA EN DECIMOS DE MILIMETRO (0,1mm).**- El nonio de 0,1 tiene una longitud total de 9 milímetros y está dividido en 10 partes iguales; de donde cada división del nonio vale  $9/10=0,9$  mm. Por lo tanto, cada división del nonio es 0,1 mm menor que cada división de la escala (Fig.N°1)

Resulta que, a partir de los trazos en coincidencia, los primeros trazos del nonio y de la escala se separan 0,1 mm; los segundos trazos se separan 0,2mm; los terceros, se separan 0,3 y así sucesivamente.



**PARA EFECTUAR LA LECTURA**

- a) El número de milímetros enteros se lee sobre la regla, a la izquierda del cero del nonio.
- b) El décimo de milímetros se lee a la derecha del cero del nonio, en la graduación de este y en la división que coincide, lo más exactamente, con la regla (Fig. N° 2)



**LECTURA**

En la regla	=	7,00
En el nonio	=	0,50
<b>Total</b>		<b>7,50 mm</b>

Ejemplos de lecturas:

1) En la figura N°3, la lectura es 59,4 mm, porque el 59 escala esta antes del "cero" del nonio y la coincidencia se da en el 4° trazo del nonio.

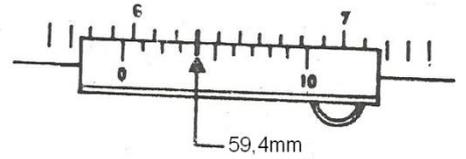


Fig. 3

2) En la figura N°4, la lectura es 1,3 mm. porque el 1(milímetro) de la escala esta antes del "cero" del nonio y la coincidencia se da en 3er trazo del nonio.

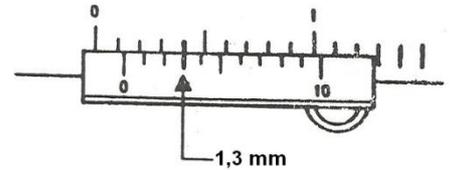
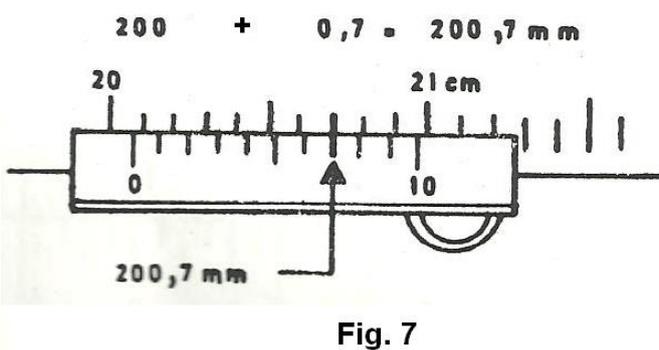
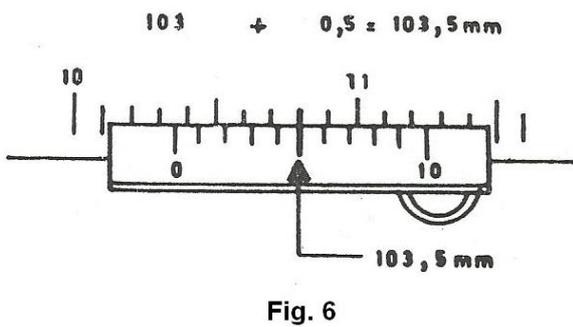
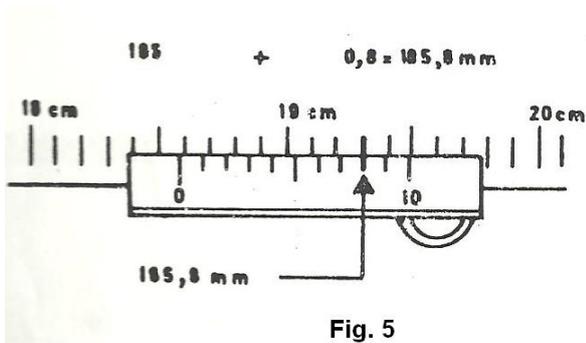


Fig. 4

3) Otros ejemplos:



**LECTURA EN MEDIOS DECIMOS DE MILIMETRO (0,05 MM).**- En este nonio, 19 milímetros se dividen en 20 pares iguales. Una parte del nonio tiene, entonces, una longitud de  $x=19/20=0,95\text{mm}$

Por lo tanto, cada división del nonio es 0,05 mm menor que cada división de la escala.

A partir de los trazos en coincidencia, los primeros trazos del nonio y de la escala se separan 0,05mm; los segundos, 0,10 mm; y así sucesivamente (Fig. N°7)

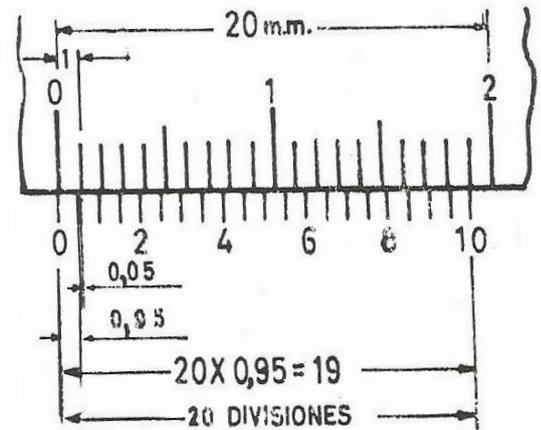


Fig. 7

#### PARA EJECUTAR LA LECTURA

- El número de milímetros enteros se lee sobre la regla, a la izquierda del cero del nonio.
- El medio decimo del milímetro se lee a la derecha del cero del nonio, en la graduación de este y en la división que coincide, lo más exactamente, con la regla (Fig. N°8)

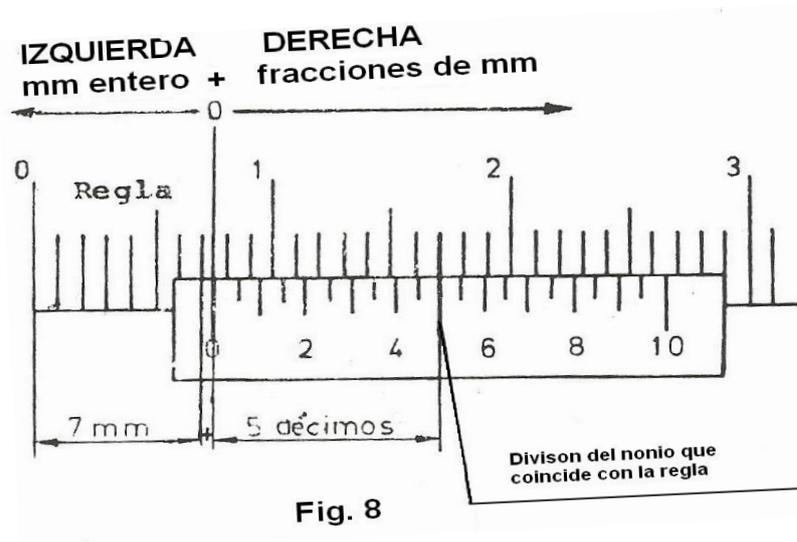


Fig. 8

**CALIBRE CON NONIO DE 1/28" DE PULGADA.**- El nonio que aproxima la lectura hasta 1/128" pulgadas tiene una longitud total de 7/16 de pulgada y está dividido en 8 partes iguales (Fig. N°1). Cada parte mide, por lo tanto.

$$7/16 : 8 = 7/16 \times 1/8 = 7/128$$

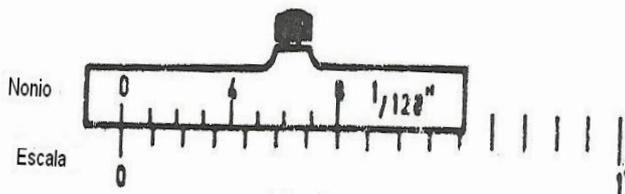


Fig.1

Nonio de 1/128" (dibujo ampliado)

Cada división de la escala mide 1/16" = 8/128. Resulta que cada división del nonio es 1/128" menor que la división de la escala.

A partir pues de trazos de coincidencia ( de "0" hasta "8"), los primeros trazos del nonio y de la escala se separan 1/128"; los segundos, 2/128"(o 1/64"), los terceros, 3/128"; los cuartos, 4/128" (o1/32"); los quintos, 5/128"; los sextos, 6/128"(o3/64"); los séptimos 7/128

**LECTURA DE LA MEDIDA CON EL NONIO.**- Se lee en la escala, hasta antes del cero del nonio, las pulgadas y fracciones (las fracciones pueden ser: media pulgada, cuartos, octavos o dieciseisavos de pulgadas). En la figura N°2, por ejemplo se tiene 3/4"

En seguida se encuentran los trazos del nonio, hasta el que coincida con un trazo de la escala. En la figura por ejemplo, tres trazos, ósea, 3/128"

Por último, se suma 3/4" +3/128"=96/128"+3/128"=99/128"

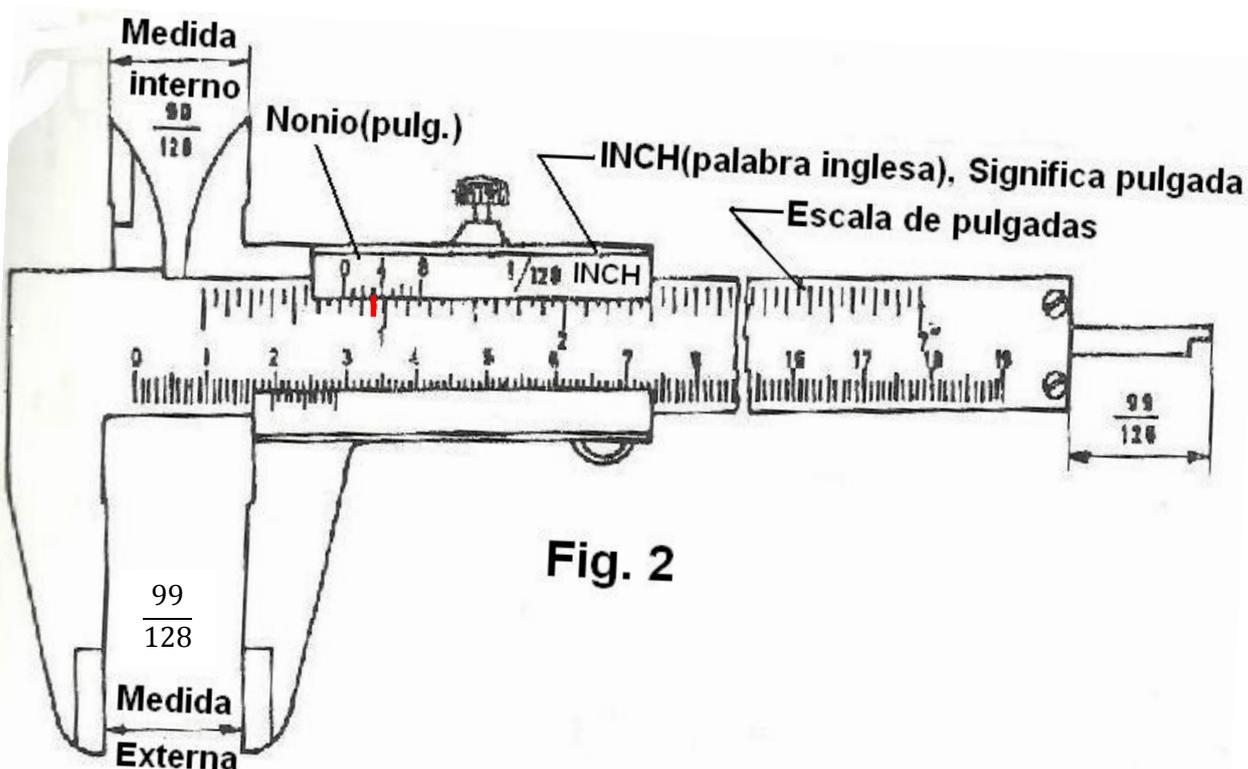


Fig. 2

En la figura N° 3, la lectura es  $1 \frac{29}{128}$ , porque el cero del nonio está entre  $1 \frac{3}{16}$  y  $1 \frac{4}{16}$  y la coincidencia se da en el quinto trazo. De donde:

$$1 \frac{3}{16} + \frac{5}{128} = 1 \frac{24}{128} + \frac{5}{128} = 1 \frac{29}{128}$$

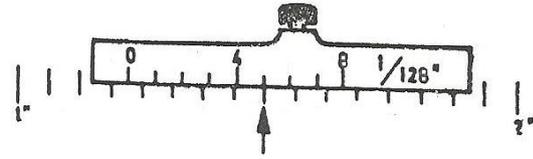


Fig. 128

Lectura:  $1 \frac{29}{128}$  (dibujo ampliado)

A veces se puede simplificar la lectura, obteniendo aproximaciones en 64 avos o 32 avos

Ejemplo:

1º) escala  $1 \frac{1}{16}$

Nonio 6º trazo, o  $\frac{4}{128}$

De dónde:  $\frac{6}{128} = \frac{3}{64}$

Suma  $1 \frac{1}{16} + \frac{3}{64} = 1 \frac{4}{64} + \frac{3}{64} = 1 \frac{7}{64}$

2º) Escala:  $2 \frac{3}{4}$

Nonio 4º trazo, o  $\frac{4}{128} = \frac{1}{32}$

Suma:  $2 \frac{3}{4} + \frac{1}{32} = 2 \frac{24}{32} + \frac{1}{32} = 2 \frac{25}{32}$

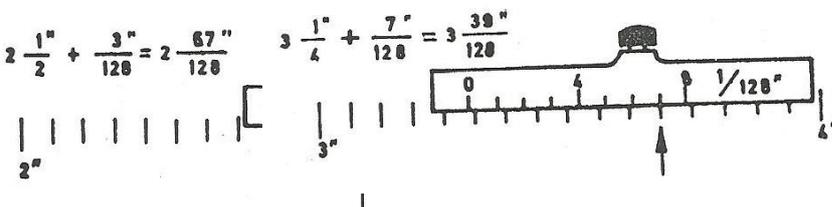
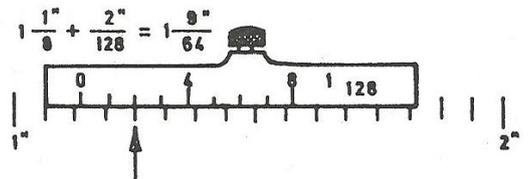
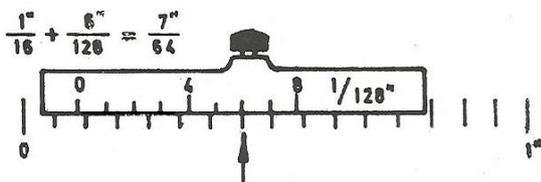
3º) Escala:  $2 \frac{7}{8}$

Nonio 2º trazo, o  $\frac{2}{128}$

De dónde:  $\frac{2}{128} = \frac{1}{64}$

Suma  $2 \frac{7}{8} + \frac{1}{64} = \frac{256}{64} + \frac{1}{64} = 2 \frac{57}{64}$

Otros ejemplos:



**CALIBRE CON NONIO DE 0,001".-** En la escala fija, una pulgada está dividida en 40 partes, de modo que cada parte mide  $\frac{1}{40}$  o 0,025".

El nonio con 0.001" tiene una longitud de 0,600" y está dividido en 25 partes iguales (Fig. N°8), midiendo casa división del nonio:  $0,600": 25 = 0,024"$ .

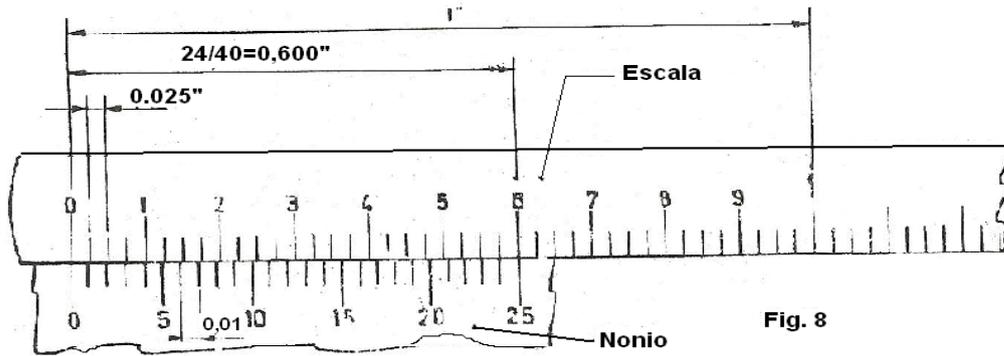


Fig. 8

Por lo tanto, cada división del nonio es 0,001" menor que cada división de la escala.

A partir, pues de razón en coincidencia (de 0 base hasta 25), de los primeros trazos del nonio y de la escala se separan 0,001"; los segundos 0,002; los terceros 0,003"; y así sucesivamente.

La lectura se hace como en los calibres con nonio en milímetros y en pulgadas fraccionarios, contando a la izquierda del 0 del nonio las unidades de 0,025" cada una, sumando con los milésimos de pulgada, indicados por la coincidencia de uno de los trazos del nonio con uno de la escala.

Ejemplos de lectura:

En las figuras 9,10 y 11, se leen 0,064"; 0,064"; 0,471" y 1,721" respectivamente.

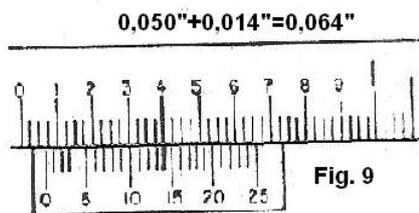


Fig. 9

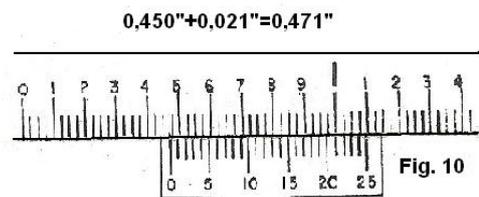


Fig. 10

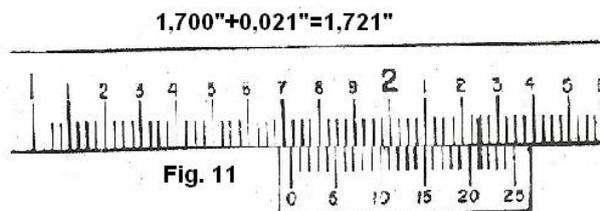


Fig. 11

## V. MICROMETRO

El **micrómetro** (del griego *micros*, pequeño, y *metros*, medición), también llamado **Tornillo de Palmer**, es un instrumento de medición cuyo funcionamiento está basado en el tornillo micrométrico y que sirve para medir las dimensiones de un objeto con alta precisión, del orden de centésimas de milímetros (0,01 mm) y de milésimas de milímetros (0,001mm)

Para ello cuenta con 2 puntas que se aproximan entre sí mediante un tornillo de rosca fina, el cual tiene grabado en su contorno una escala. La escala puede incluir un nonio. La máxima longitud de medida del micrómetro de exteriores es de 25 mm, por lo que es necesario disponer de un micrómetro para cada campo de medidas que se quieran tomar (0-25 mm), (25-50 mm), (50-75 mm), etc.

### TIPOS DE MICROMETRO EXISTENTES EN EL MERCADO:

#### 1) Micrómetro de exteriores estándar

Mecánico:



Digital:



#### 2) Micrómetro de exteriores de patillos para verificar engranajes



Mecánico:



Digital

:

### 3) Micrómetros exteriores de puntas para la medición de roscas

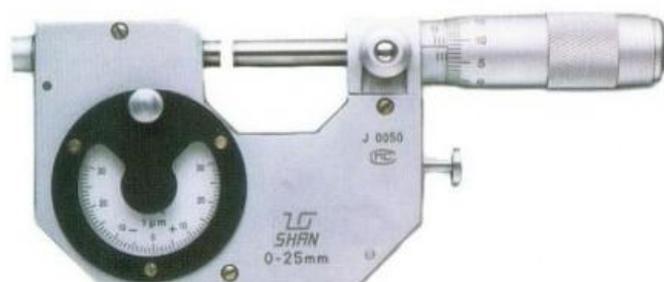


### 4) Micrómetro de profundidades



Caja de micrómetros de profundidad (1 micrómetro con adaptaciones).

### 5) Micrómetro con reloj comparador



**6) Micrómetros de Interiores**



Caja de micrómetro de interior con patrones:



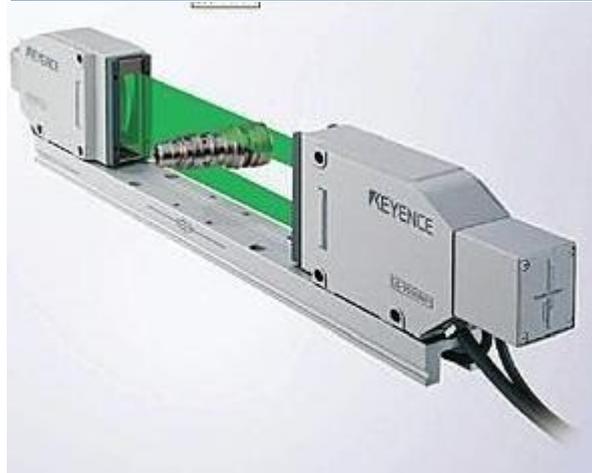
**7) Micrómetro especial**



### 8) Micrómetro - pistola - de interiores digital



### 9) Micrómetro de barrido láser



### 10) Micrómetro óptico



### 11) Micrómetro digital especial

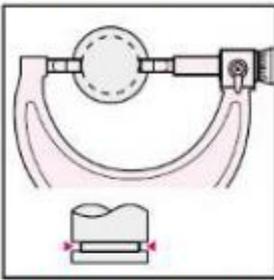


### 12) Accesorios: Base de apoyo:



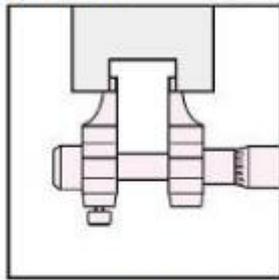
**Aplicaciones de Micrómetros para Propósito Especial**

Micrómetro de cuchillas



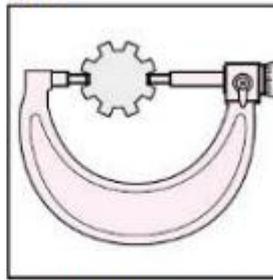
Para medición de diámetro dentro de ranura angosta

Micrómetro para interiores tipo calibrador



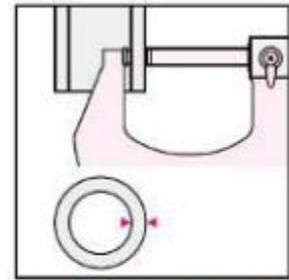
Para medición de diámetro interno pequeño y ancho de ranura ranura

Micrómetro con puntas delgadas



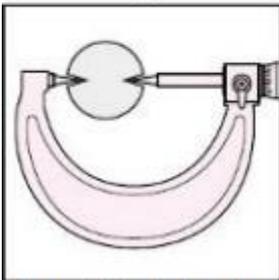
Para medición de diámetro en perno nervado

Micrómetro para tubos



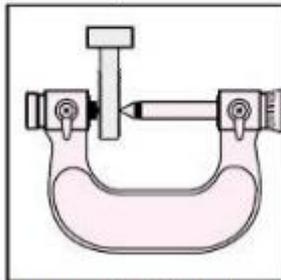
Para medición de espesor de pared de tubo

Micrómetro de puntas



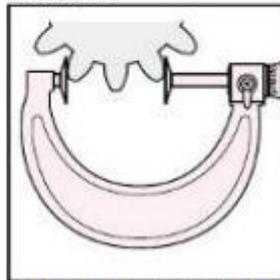
Para medición de diámetro de raíz

Micrómetro para roscas



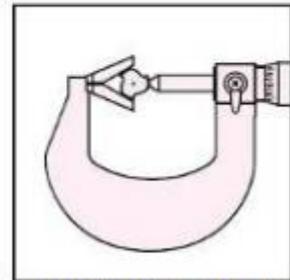
Para medición de diámetro de paso de rosca externa

Micrómetro de exteriores con discos



Para medición de cuerda sobre k dientes en engranes rectos y helicoidales

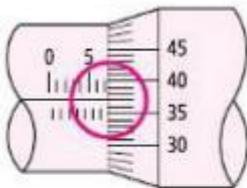
Micrómetro con tope en V



Para medición de herramientas de corte con 3 ó 5 puntas de corte

**Como Leer la Escala**

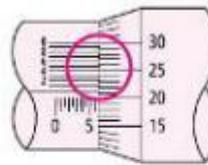
**Micrómetro con escala estándar (graduación: 0.01 mm)**



Lectura del cilindro 7 mm  
 Lectura del tambor + 0.37 mm  
 Lectura del micrómetro 7.37 mm

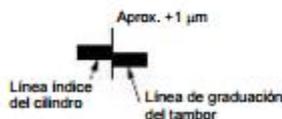
**Micrómetro con escala vernier (graduación: 0.001 mm)**

La escala vernier provista arriba de la línea índice del cilindro permite lecturas directas a ser hechas dentro de 0.001 mm

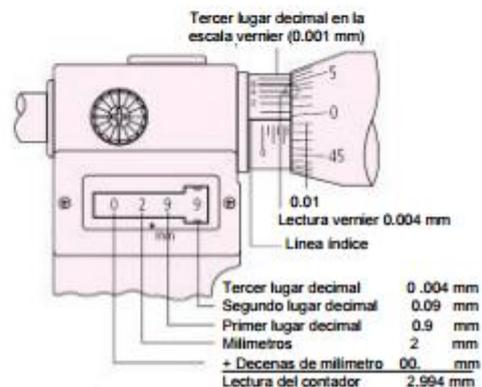


Lectura del cilindro 6 mm  
 Lectura del tambor + 0.21 mm  
 Lectura desde la línea de escala vernier coincidente con la línea del tambor 0.003 mm  
 Lectura del micrómetro 6.213 mm

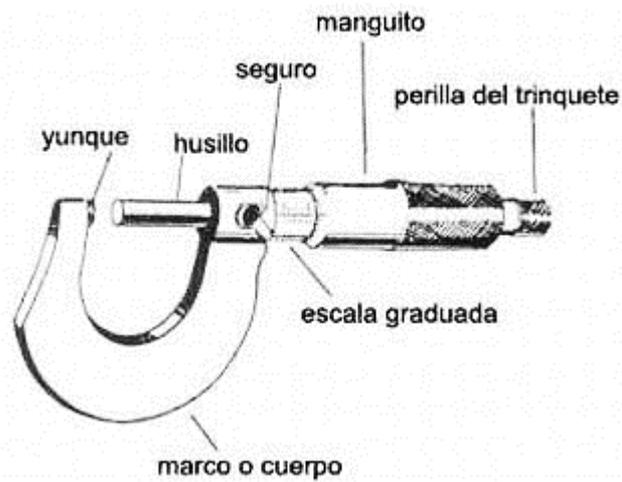
La escala puede ser leída directamente a 0.01 mm, como es mostrado arriba, pero puede también ser estimada a 0.001 mm cuando las líneas están cerca de coincidir dado que el espesor de la línea es 1/5 del espaciado entre ellas.



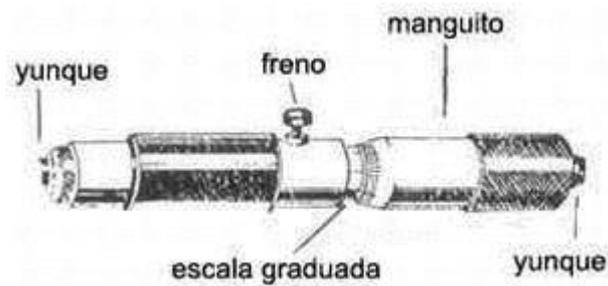
**Micrómetro con Lectura Digital (resolución: 0.001 mm)**



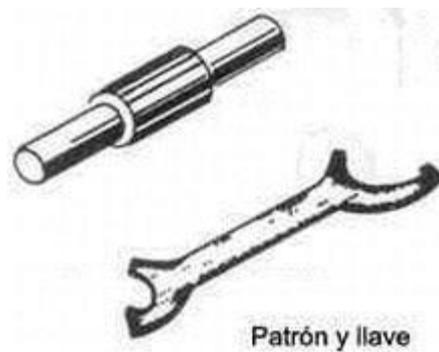
## USO DE MICROMETRO DE EXTERIORES:



## Micrómetro de interiores



El micrómetro usado por un largo período de tiempo, podría experimentar alguna desviación del punto cero; para corregir esto, los micrómetros traen en su estuche un patrón y una llave.



## 5.1. Modo de Uso

### 5.1.1. Precauciones al medir

*Verificar la limpieza del micrómetro:*

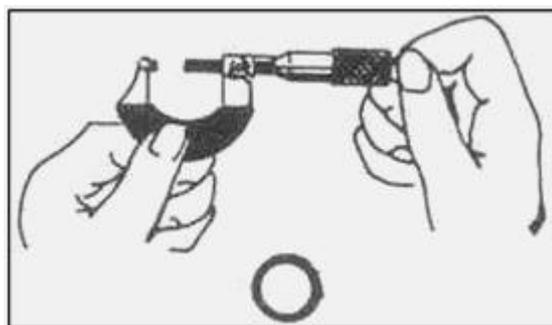
El mantenimiento adecuado del micrómetro es esencial, antes de guardarlo, no deje de limpiar las superficies del husillo, yunque, y otras partes, removiendo el sudor, polvo y manchas de aceite, después aplique aceite *anticorrosivo*.



No olvide limpiar perfectamente las caras de medición del husillo y el yunque, o no obtendrá mediciones exactas. Para efectuar las mediciones correctamente, es esencial que el objeto a medir se limpie perfectamente del aceite y polvo acumulados.

*Utilice el micrómetro adecuadamente:*

Para el manejo adecuado del micrómetro, sostenga la mitad del cuerpo en la mano izquierda, y el manguito o trinquete (también conocido como embrague) en la mano derecha, mantenga la mano fuera del borde del yunque.



### 5.1.2. Método correcto para sujetar el micrómetro con las manos

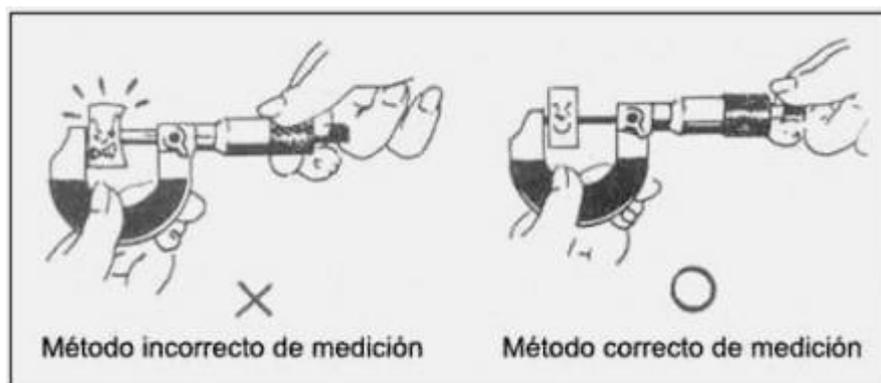
Algunos cuerpos de los micrómetros están provistos con aisladores de calor, si se usa un cuerpo de éstos, sosténgalo por la parte aislada, y el calor de la mano no afectará al instrumento.

El trinquete es para asegurar que se aplica una presión de medición apropiada al objeto que se está midiendo mientras se toma la lectura.

Inmediatamente antes de que el husillo entre en contacto con el objeto, gire el trinquete suavemente, con los dedos. Cuando el husillo haya tocado el objeto de tres a cuatro vueltas ligeras al trinquete a una velocidad uniforme (el husillo puede dar 1.5 o 2 vueltas libres). Hecho esto, se ha aplicado una presión adecuada al objeto que se está midiendo.



Si acerca la superficie del objeto directamente girando el manguito, el husillo podría aplicar una presión excesiva de medición al objeto y será errónea la medición.



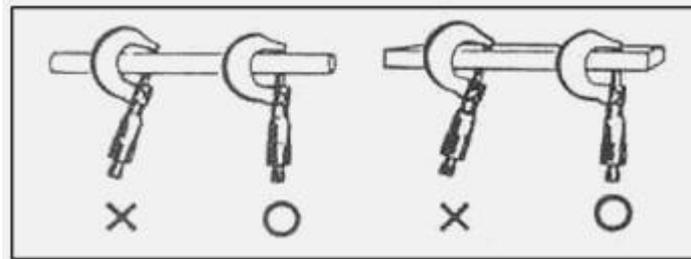
Cuando la medición esté completa, despegue el husillo de la superficie del objeto girando el trinquete en dirección opuesta.

*Como usar el micrómetro del tipo de freno de fricción:*

Antes de que el husillo encuentre el objeto que se va a medir, gire suavemente y ponga el husillo en contacto con el objeto. Después del contacto gire tres o cuatro vueltas el manguito. Hecho esto, se ha aplicado una presión de medición adecuada al objeto que se está midiendo.

### 5.1.3. Asegure el contacto correcto entre el micrómetro y el objeto.

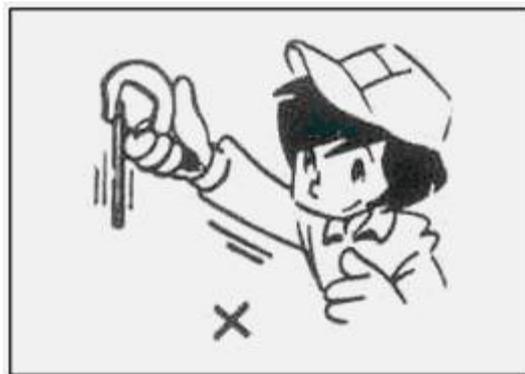
Es esencial poner el micrómetro en contacto correcto con el objeto a medir. Use el micrómetro en ángulo recto ( $90^\circ$ ) con las superficies a medir.



#### *Métodos de medición*

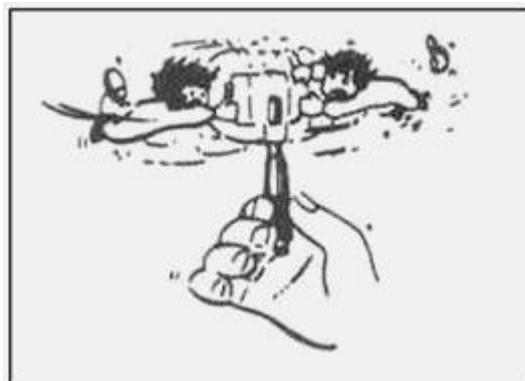
Cuando se mide un objeto cilíndrico, es una buena práctica tomar la medición dos veces; cuando se mide por segunda vez, gire el objeto  $90^\circ$ .

*No levante el micrómetro con el objeto sostenido entre el husillo y el yunque.*



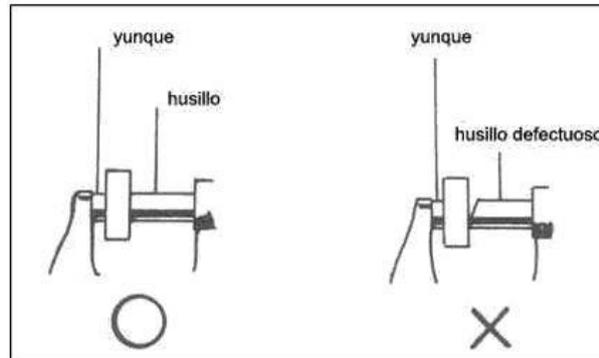
#### *No levante un objeto con el micrómetro*

No gire el manguito hasta el límite de su rotación, no gire el cuerpo mientras sostiene el manguito.



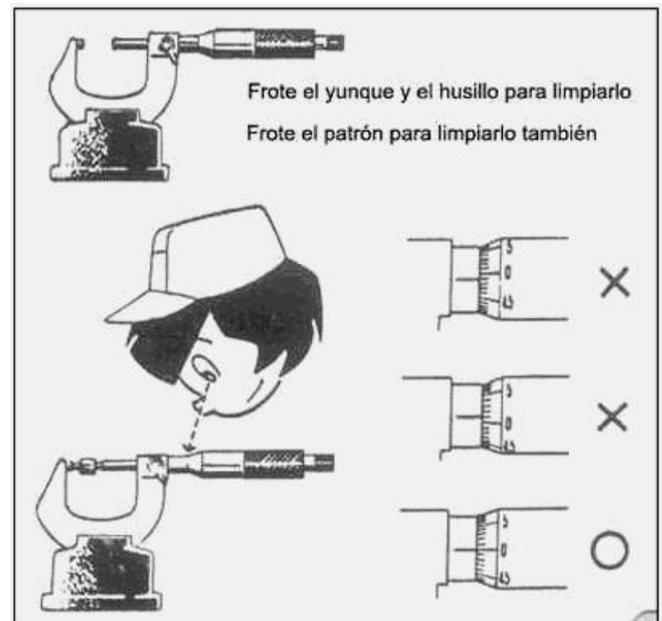
## 5.2. Verifique que el cero esté alineado

Cuando el micrómetro se usa constantemente o de una manera inadecuada, el punto cero del micrómetro puede desalinearse. Si el instrumento sufre una caída o algún golpe fuerte, el paralelismo y la lisura del husillo y el yunque, algunas veces se desajustan y el movimiento del husillo es anormal.



### *Paralelismo de las superficies de medición*

- 1) El husillo debe moverse libremente.
- 2) El paralelismo y la lisura de las superficies de medición en el yunque deben ser correctas.
- 3) El punto cero debe estar en posición (si está desalineado siga las instrucciones para corregir el punto cero).



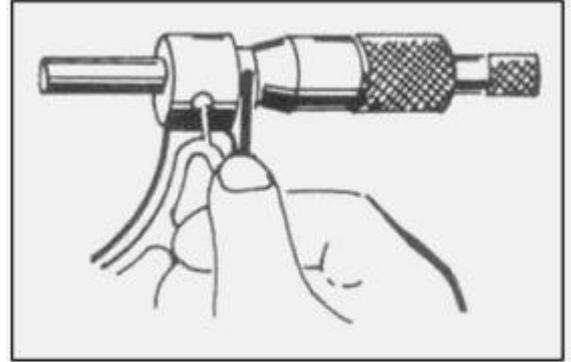
## 5.3. Como corregir el punto cero

### **Método I**

Cuando la graduación cero está desalineada.

- 1) Fije el husillo con el seguro (deje el husillo separado del yunque)

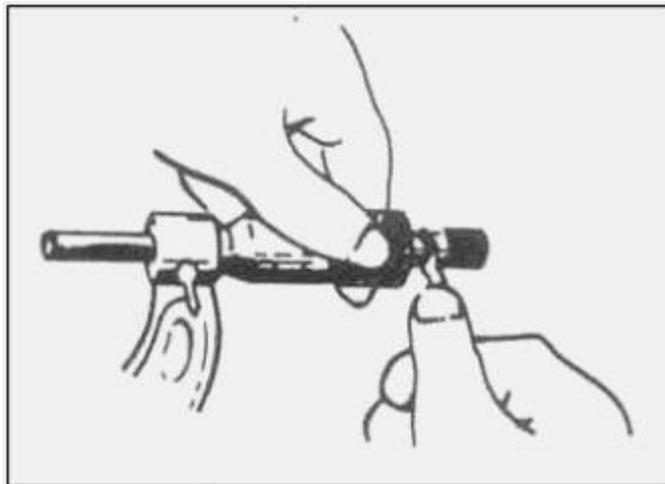
- 2) Inserte la llave con que viene equipado el micrómetro en el agujero de la escala graduada.
- 3) Gire la escala graduada para prolongarla y corregir la desviación de la graduación.
- 4) Verifique la posición cero otra vez, para ver si está en su posición.



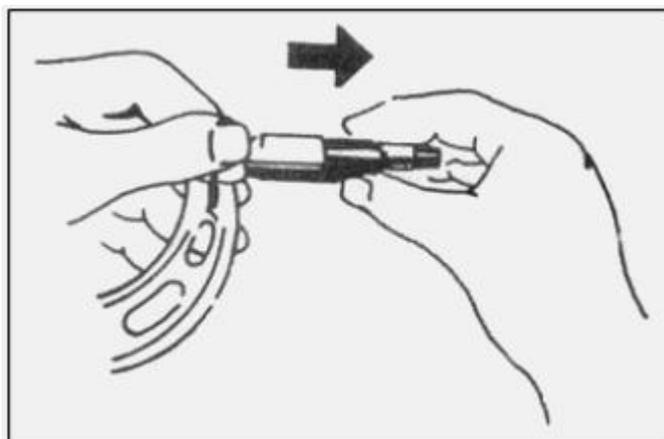
### Método II

Cuando la graduación cero está desalineada dos graduaciones o más.

- 1) Fije el husillo con el seguro (deje el husillo separado del yunque)
- 2) Inserte la llave con que viene equipado el micrómetro en el agujero del trinquete, sostenga el manguito, gírelo del trinquete, sostenga el manguito, gírelo en sentido contrario a las manecillas del reloj.



- 3) Empuje el manguito hacia afuera (hacia el trinquete), y se moverá libremente, relocalice el manguito a la longitud necesaria para corregir el punto cero.



- 4) Atornille toda la rosca del trinquete y apriételo con la llave.
- 5) Verifique el punto cero otra vez, y si la graduación cero está desalineada, corrijala de acuerdo al método I.

## Lectura en sistema métrico

### Micrómetro con resolución de 0,01 mm

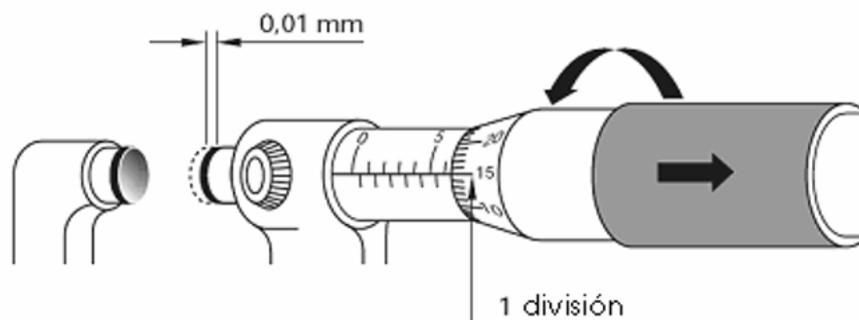
La resolución de un micrómetro corresponde a la menor distancia que avanza el husillo. Para obtener esta medida, se divide el paso de la rosca con el número de divisiones del tambor.

$$\text{Resolución del instrumento} = \frac{\text{Paso de la rosca}}{\text{Número de divisiones del tambor}}$$

Si el paso de la rosca es 0,5 mm y el tambor tiene 50 divisiones, la resolución será:

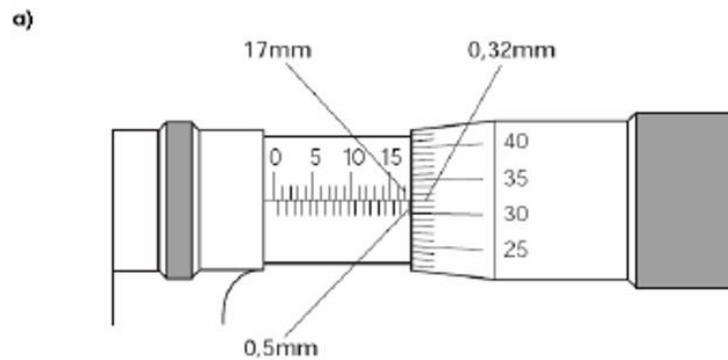
$$R.I. = \frac{0,5 \text{ mm}}{50} = 0,01 \text{ mm}$$

Entonces al girar cada división del tambor provocara un desplazamiento de 0,01 mm del husillo.



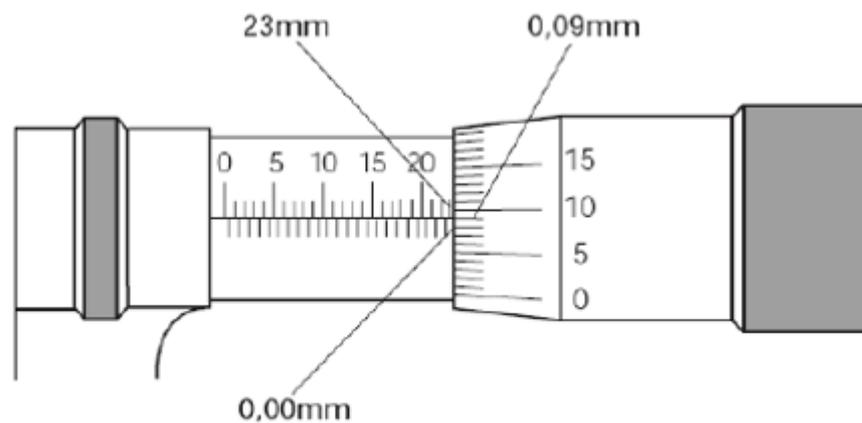
Lectura del micrómetro con resolución de 0,01 mm .

- 1° paso - Lectura de milímetros enteros en la escala de husillo
- 2° paso - Lectura de medios milímetros, en la misma escala
- 3° paso - Lectura de centésimos de milímetros en la escala del tambor graduado



Lectura

17,00	mm	Escala de mm enteros en el cilindro graduado
0,50	mm	Escala de medio milímetros en el cilindro graduado
+ 0,32	mm	Escala centesimal del tambor graduado
<u>17,82</u>	mm	Lectura total



Lectura

23,00	mm	Escala de mm enteros en el cilindro graduado
0,00	mm	Escala de medio milímetros en el cilindro graduado
+ 0,09	mm	Escala centesimal del tambor graduado
<u>23,09</u>	mm	Lectura total

### Micrómetro con resolución de 0,001 mm

Cuando un micrómetro tiene nonio, este muestra el valor que se añade a la lectura del cilindro graduado y del tambor. La medida dada por el nonio es igual a la lectura del tambor, dividida por el número de divisiones del nonio.

En este caso el nonio presenta 10 divisiones, la resolución del micrómetro será:

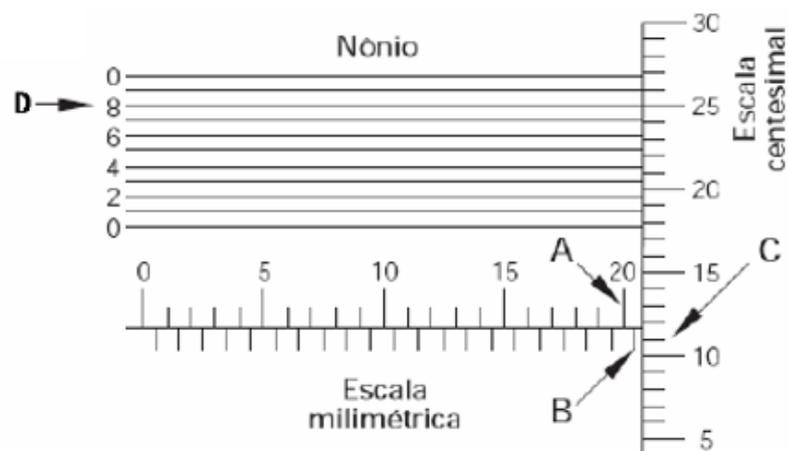
$$1^{\circ} \quad R.I. = \frac{0,5 \text{ mm}}{50} = 0,01 \text{ mm}$$

$$2^{\circ} \quad R.I." = \frac{0,01 \text{ mm}}{10} = 0,001 \text{ mm}$$

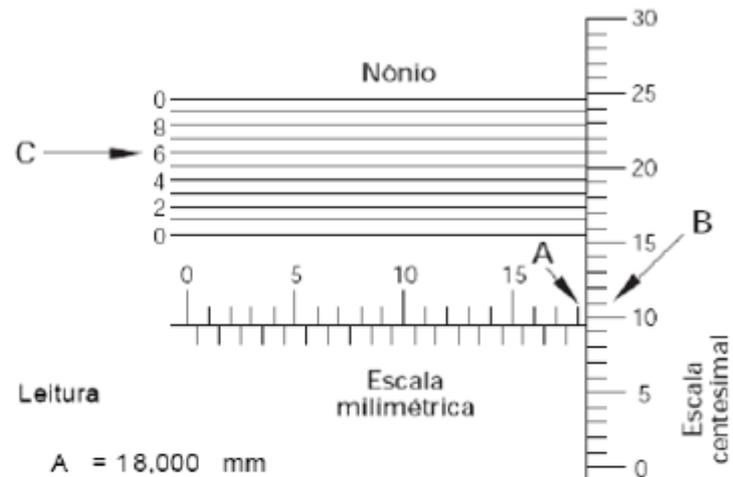
Lectura del micrómetro con resolución de 0,001 mm

- 1° paso - Lectura de milímetros enteros en la escala de husillo
- 2° paso - Lectura de medios milímetros, en la misma escala
- 3° paso - Lectura de centésimos de milímetros en la escala del tambor graduado
- 4° paso - Lectura de milésimas de milímetro en el nonio, buscando el punto de coincidencia de las graduaciones.

La lectura final será la suma de las cuatro lecturas parciales



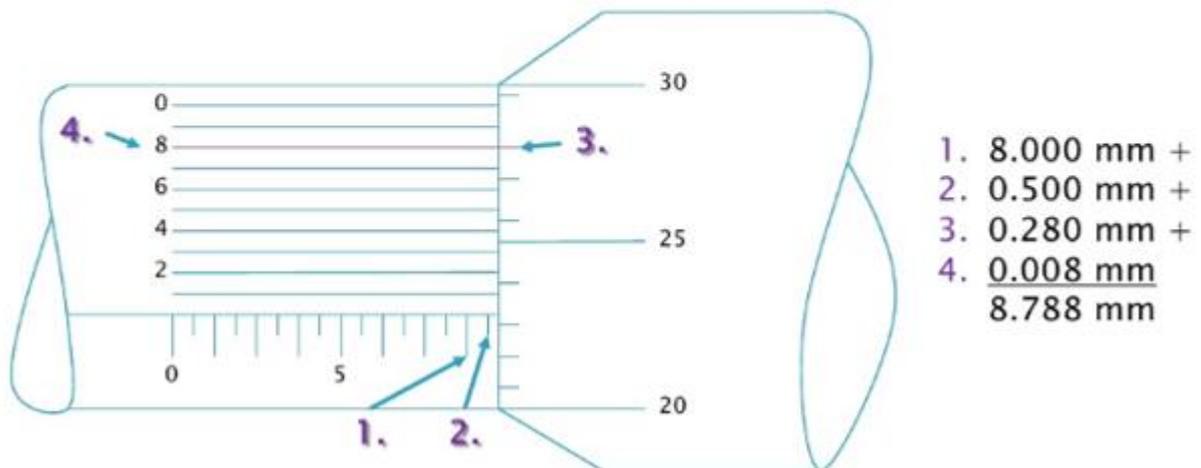
Lectura			
A =	20,000	mm	
B =	0,500	mm	
C =	0,110	mm	
+ D =	0,008	mm	
<hr/>			
Total	20,618	mm	



Leitura	
A =	18,000 mm
B =	0,000 mm
C =	0,090 mm
+ D =	0,006 mm
<b>Total</b>	<b>18,096 mm</b>

## LECTURA DEL MICROMETRO EN MILIMETROS

Ejemplo de lectura con la tercera escala



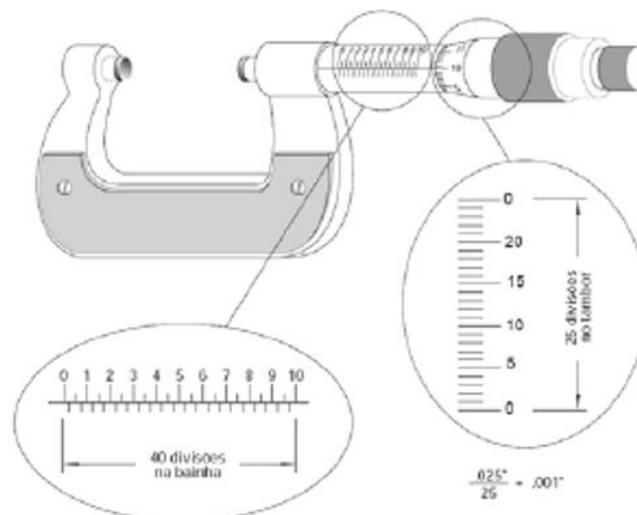
## Lectura con sistema Inglés

### Micrómetro con resolución de 0,01"

En el sistema inglés, el micrómetro presenta las siguientes características: la graduación del cilindro corresponde a 1 in, la cual está dividida en 40 partes iguales. De ese modo cada graduación equivale a  $\frac{1}{40} = .025''$ ; y el tambor tiene 25 graduaciones, lo que resulta en la siguiente resolución del instrumento.

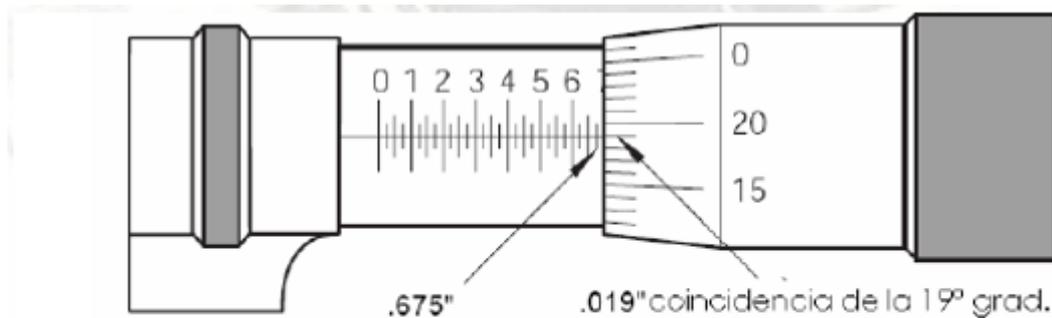
$$\text{Resolución del instrumento} = \frac{\text{Paso de la rosca}}{\text{Número de divisiones del tambor}}$$

$$R.I. = \frac{\frac{1}{40}}{25} = .001''$$



Lectura del micrómetro con resolución de 0,01"

- 1° paso - Lectura en la escala de husillo.
- 2° paso - Lectura en la escala del tambor graduado.
- 3° paso - Lectura total.



Lectura

$$\begin{array}{r}
 .675'' \text{ Escala en el cilindro graduado} \\
 + \quad .019'' \text{ Escala en el tambor graduado} \\
 \hline
 .694'' \text{ Lectura total}
 \end{array}$$

### Micrómetro con resolución de .0001"

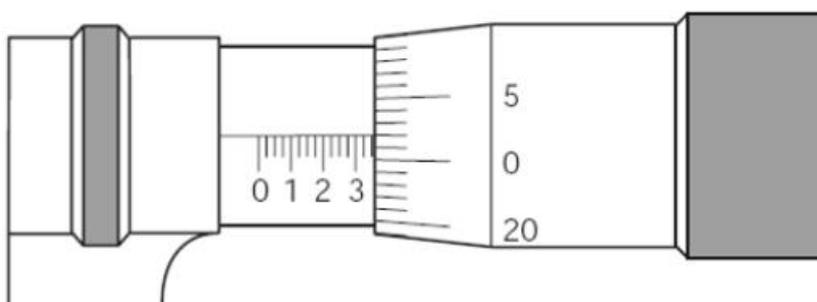
Para la lectura del micrómetro de .0001, además de la graduación normal existente en el tambor, hay un nonio sobre las graduaciones del cilindro. Por lo cual este estará dividido en 250 partes iguales.

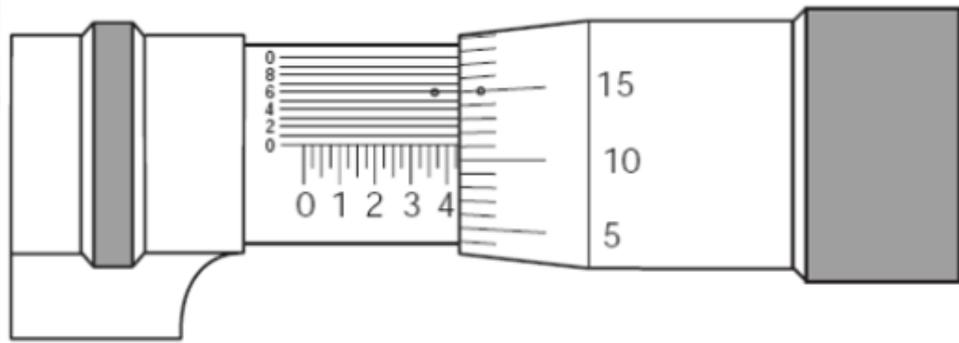
La lectura del micrómetro es:

$$\text{Sin nonio} \rightarrow \text{Resolución del instrumento} = \frac{\text{Paso de la rosca}}{\text{Número de divisiones del tambor}} = \frac{.025''}{25} = .001''$$

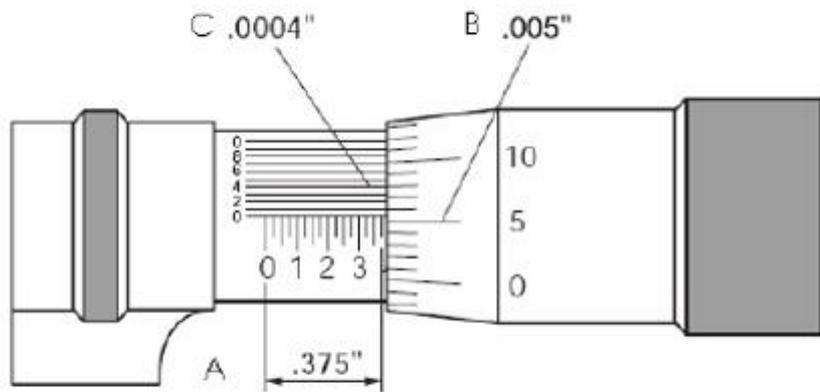
$$\text{Con nonio} \rightarrow \text{Resolución del instrumento} = \frac{\text{Resolución sin nonio}}{\text{Número de divisiones del nonio}} = \frac{.001}{10} = .0001''$$

Para realizar la medición, basta con adicionar la lectura del nonio.



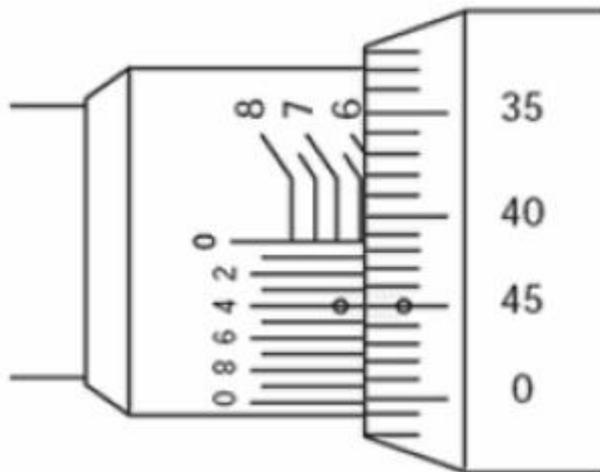


### Ejemplo

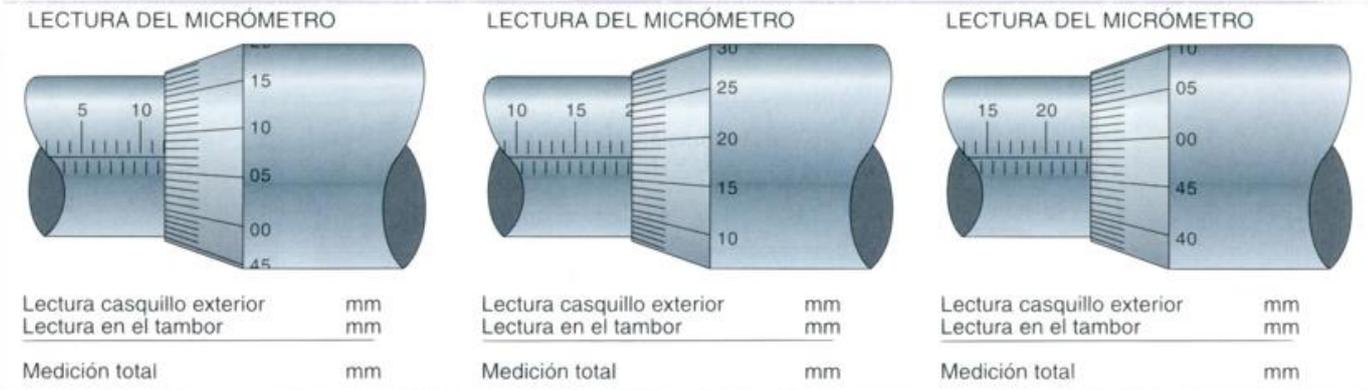
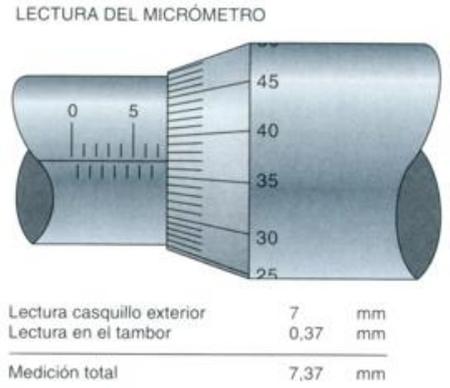


Lectura

A =	.3750"
B =	.0050"
+ C =	.0004"
<hr/>	
Total	.3804"



- La lectura de los milímetros enteros o medios milímetros se hace sobre la escala lineal y las centésimas de milímetro sobre la graduación circular



- VI. RELOJ COMPARADOR
- VII. ALEXÓMETRO
- VIII. TORQUÍMETRO