

MEDIDAS DE LONGITUD

Objetivos:

- 1) Obtener el volumen de una pieza cilíndrica, utilizando el CALIBRE y el MICRÓMETRO.
- 2) Obtener el radio de una esfera con el ESFERÓMETRO.

Material: Calibre, micrómetro, esferómetro, pieza cilíndrica y esfera.

Fundamento teórico: Los procesos de medición de las longitudes son esenciales para el desarrollo de la industria moderna. La producción en serie y la normalización de las piezas serían imposibles sin mediciones de precisión y el correspondiente control de calidad. Por ejemplo, en la construcción de edificios son suficientes precisiones del orden de 1 mm; en la construcción de estructuras metálicas se acostumbra a precisar hasta 0,1 mm; en la automoción, 0,01 mm; en la industria aeronáutica, del orden de 0,001 mm; en la nueva tecnología de misiles se requieren precisiones de hasta 0,0001 mm; y en la construcción de instrumentos científicos se necesitan precisiones de 0,00001 mm.

Un ingeniero debe estar familiarizado, al menos, con los instrumentos de precisión más simples y habituales, como son los que se manejarán en esta práctica, así como con el control de la precisión en los cálculos que lleve a cabo y los resultados que obtenga con ellos.

CORRECCION DE CERO

Antes de realizar medidas con cualquier instrumento de precisión como los descritos en esta práctica hay que hacer la lectura correspondiente a una longitud cero. Para ello hay que verificar la coincidencia de los ceros de las correspondientes escalas.

En los instrumentos que utilizaremos, ello se comprueba fácilmente disponiéndolos en la posición de "cerrados", sin ningún objeto intercalado entre sus superficies de contacto, y realizando la medición correspondiente a cero, con la precisión del aparato.

Si el instrumento está bien ajustado, debe leerse 0,00 mm; si esto no es así, se dice que el instrumento tiene un **ERROR DE CERO**, que es igual al valor de la medición realizada de esta manera. En el uso del aparato habrá que tener en cuenta este error de cero, que puede ser por exceso o por defecto.

La operación de la determinación del error de cero del instrumento deberá realizarse varias veces seguidas y tomar la media aritmética de los valores hallados.

A continuación describiremos brevemente el calibre, el micrómetro y el esferómetro y además, indicaremos el procedimiento que debemos adoptar para leer correctamente las medidas realizadas con cada uno de estos instrumentos.

A) **CALIBRE o PIE DE REY:** es un instrumento empleado para medir:

- dimensiones exteriores de objetos colocados entre sus pinzas A (véase Figura 1),
- dimensiones interiores de objetos colocados entre las pinzas B (véase Figura 1) y además,
- profundidades de huecos (para lo cual utilizaremos el vástago C, véase Figura 1).



Figura 1: Pinzas del calibre.

Pinzas A Pinzas B Vástago C

Consta de una regla principal fija que nos indica la medida en milímetros y otra reglilla móvil que se mueve solidaria con las pinzas mencionadas anteriormente. Esta reglilla se llama "nonius" o "vernier" y permite aumentar la precisión de lectura de la regla principal. Está diseñado de forma que la longitud completa del nonius equivale a una ampliación de la división más pequeña de la regla principal, que suele ser 1 mm. Véanse las Figuras 2 y 3.

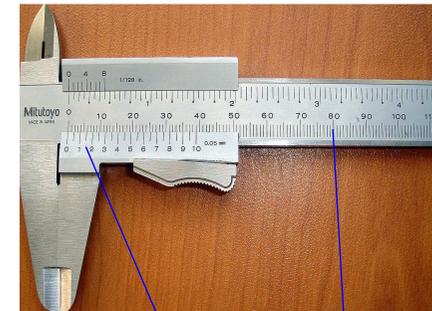


Figura 2: Partes principales del calibre.

Nonius
Regla fija

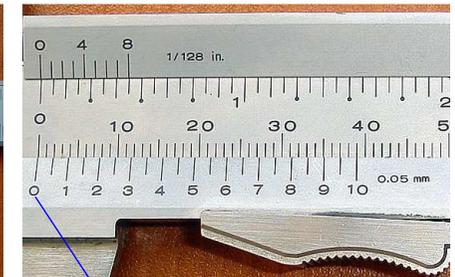


Figura 3: Nonius. Corrección del cero

Observar que con el calibre cerrado los ceros de la regla fija y del nonius deben coincidir. De no ser así hay que corregir las medidas realizadas con el correspondiente error de cero.

Por tanto, si el nonius está dividido en n partes, cada una de sus divisiones equivaldrá a $1/n$ (mm), que es la resolución de este instrumento. En el calibre que se muestra en la Figura 3, $n = 20$, y por tanto, tiene una resolución de $1/20$ (mm) = **0,05 mm**.

Procedimiento de lectura de una medida con el calibre.

- Primero realizaremos la corrección del cero como se indica en la Figura 3.
- Posteriormente realizaremos la medida. Veamos el siguiente ejemplo, representado en la Figura 4 donde se mide la altura de una moneda de 2 euros.

Ejemplo 1: Medida con el calibre.

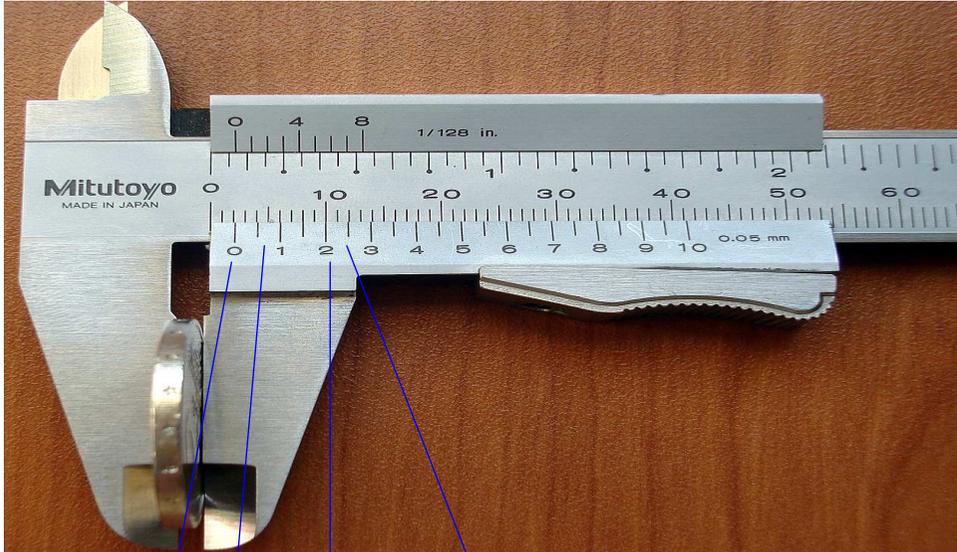


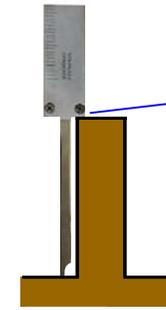
Figura 4: Medida de la altura de una moneda de 2 euros. El calibre indica **2,20 mm**.

1. Observamos que la moneda mide más de **2 mm** ya que el cero del nonius está ligeramente a la derecha de los **2 mm** indicados en la regla fija.
2. Vemos que las siguientes marcas del nonius están también ligeramente desplazadas hacia la derecha con respecto a las de la regla fija y que esta diferencia se va reduciendo paulatinamente.
3. Comprobamos que el **2** en el nonius coincide perfectamente con una de las marcas de la regla fija. En la Figura 4 el **2** del nonius coincide con el **10** de la regla fija.
4. Observamos que a partir del **2** las marcas del nonius van quedando progresivamente a la izquierda de las marcas de la regla fija.

Con este procedimiento determinaríamos que el grosor de la moneda es de **2,20 mm**.

Observación: Este procedimiento lo aplicaremos siempre que midamos con el calibre, independientemente de las pinzas utilizadas (exterior, interior o profundidad).

La Figura 4 nos muestra cómo medir con las pinzas exteriores y en la Figura 5 cómo medir con la sonda de profundidad.



Se apoya la parte inferior del calibre sobre la superficie superior de la pieza a medir y se desplaza la sonda verticalmente hasta tocar la superficie de referencia en este caso el suelo. Una vez fijada la medida se coloca el calibre sobre la mesa y se lee el valor en mm de la regla fija y las centésimas de mm con ayuda del nonius.

Figura 5: Medida con la sonda de profundidad.

B) MICRÓMETRO o PALMER

Es un instrumento diseñado para medir espesores de objetos que situemos entre sus dos superficies de contacto, una de ellas fija y otra móvil, unida esta última a la cabeza de un tornillo. (Véase la Figura 6).



Figura 6: Micrómetro.

Superficies de contacto
Seguro
Regla fija
Regla móvil (limbo)
Cabeza del tornillo
Sensor de fuerza ó corona de ajuste

Una vez colocada la pieza entre las superficies de contacto del micrómetro hacemos girar el tornillo hasta que la pieza quede bien sujeta entre las dos superficies. Para tener una buena repetibilidad en las medidas consecutivas de una misma pieza debemos sujetar la pieza con la misma fuerza. Para

ello el instrumento dispone de un sensor de fuerza. Haremos la última parte del giro del tornillo con este sensor y dejaremos de girar cuando este haga un sonido.

Procedimiento de lectura de una medida con el micrómetro.

Para leer la medida del grosor de la pieza tenemos en cuenta que:

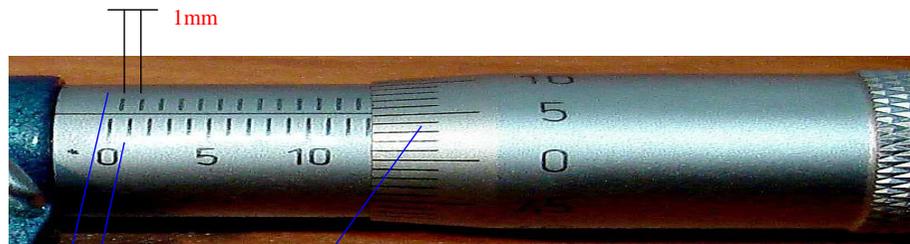


Figura 7: Medida con el micrómetro.

- a) La regla fija está dividida de forma que la distancia entre las divisiones inferiores (1) y entre las divisiones superiores (2) es igual a 1 mm. En ella se leen directamente los mm o los medios mm.
- b) La regla móvil colocada en el tornillo (3) nos indica las centésimas de mm. Si el número de centésimas es superior a 50, aparece la marca correspondiente a los medios milímetros en las divisiones superiores.
- c) Cuando el tornillo da una vuelta observamos que en la regla fija se avanza 0,5mm (paso de rosca). Como la regla móvil está dividida en 50 partes cada división pequeña es igual a 0,5mm/50=0,01mm. Por tanto, la resolución del instrumento es igual a **0,01 mm**.

A continuación veremos un par de ejemplos para comprender mejor el procedimiento de lectura de una medida realizada con el micrómetro.

Ejemplo 2: Medida con el micrómetro.

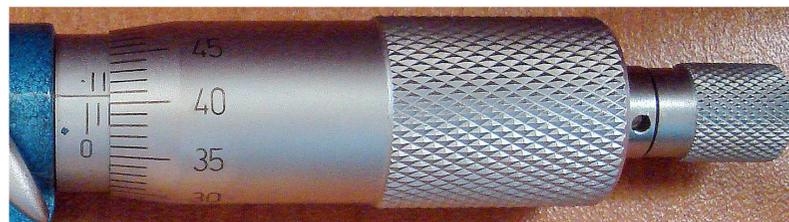


Figura 8a: El micrómetro indica **1,91 mm**.

En la Figura 8a, en la regla fija podemos ver claramente **1,5mm** ya que aún no se observa completamente la marca correspondiente a los 2 mm. En la regla móvil la marca que coincide con la línea horizontal de la regla fija indica **0,41mm**. Por tanto, la medida será igual a **1,91mm**.

Ejemplo 3: Medida con el micrómetro.

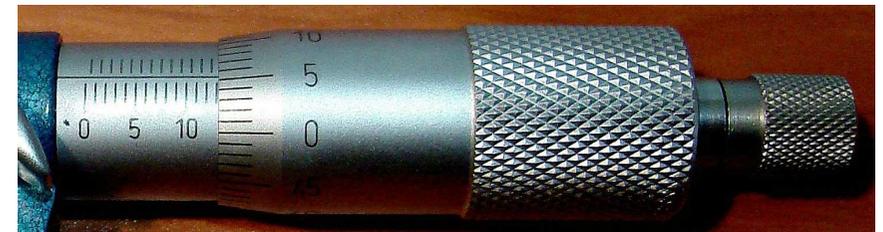


Figura 8b: El micrómetro indica **13,05 mm**.

En la figura 8b, en la regla fija podemos ver claramente **13 mm** ya que aún no se observa la marca correspondiente a los 13,5 mm. En la regla móvil la marca que coincide con la línea horizontal de la regla fija indica 0,05 mm. Por tanto, la medida será igual a: **13,05 mm**.

C) ESFEROMETRO.

El esferómetro está diseñado para la medición del radio de curvatura de superficies esféricas, pero con él pueden determinarse también espesores de placas y diferencias de nivel entre superficies.

El aparato dispone de tres puntas fijas que forman un triángulo equilátero de lado *a*. En el centro del triángulo se encuentra el palpador que es el sensor que mueve las agujas de los relojes y nos indica la distancia entre dicho palpador y el plano definido por las tres puntas fijas. En la Figura 9 como el palpador está sobre el mismo plano que las puntas, observamos que la distancia medida es cero.

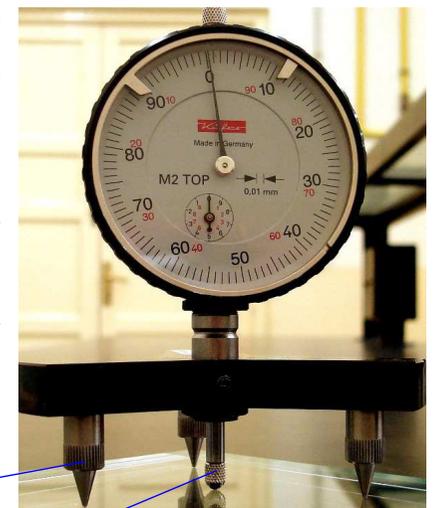


Figura 9: Esferómetro

Puntas fijas
Palpador
distancia entre puntas = *a*

El reloj de menor tamaño nos indica el número de vueltas (que en nuestro caso es igual al número de milímetros) que ha recorrido el palpador con respecto al plano determinado por las tres puntas del soporte triangular. La precisión de las medidas puede deducirse teniendo en cuenta que una vuelta de la aguja grande equivale a un avance de 1 mm del palpador central. Dividiendo el recorrido total de una vuelta (1mm) entre el número de marcas que tenemos en una vuelta obtenemos que la resolución del instrumento es de **0,01 mm**. Véanse las Figuras 9 y 10.

Procedimiento de lectura de una medida al utilizar un esferómetro.

a) Se coloca el aparato sobre la superficie que se desea medir y se lee en los relojes indicadores el valor de h (ver Figuras 10 y 11). A partir de la altura h del casquete esférico se obtiene el radio R de una superficie esférica mediante la expresión:

$$R = \frac{h}{2} + \frac{a^2}{6h}$$

donde a representa la distancia entre las puntas del esferómetro.

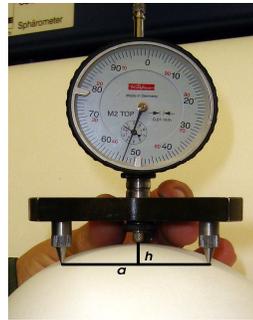


Figura 10: Esferómetro.

b) La lectura del reloj pequeño nos indica el número de mm y la del reloj grande las centésimas de mm correspondientes a la medida. Veamos el siguiente ejemplo.

Ejemplo 4: en la Figura 11 podemos observar que la aguja pequeña indica **8 mm** (esto ocurre cuando la aguja grande ha dado ocho vueltas completas) y observamos que la aguja grande ha recorrido 6 divisiones, cada una de las cuales corresponde a 0,01 mm que es la precisión de nuestro instrumento con lo cual tendríamos que nuestra medida sería de: **8,06 mm**.

Corona giratoria para el ajuste del cero

Reloj grande

Reloj pequeño

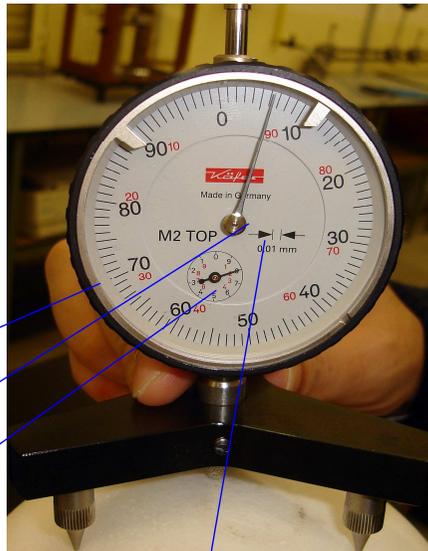


Figura 11: El esferómetro indica 8,06 mm.

Resolución del instrumento igual a 0,01 mm.

MÉTODO EXPERIMENTAL:

1) DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE UN CILINDRO:

El volumen de un cilindro de diámetro d y altura h viene determinado por la expresión:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4}$$

Para obtenerlo mediremos el diámetro de la pieza con el calibre y la altura con el micrómetro.

A) Medida del diámetro de la pieza cilíndrica con el calibre:

- Observar el calibre, deducir y **anotar la resolución** del mismo.
- Determinar el error de cero del mismo si lo tuviera. Para ello ponemos el calibre en la posición de cerrado y observamos el valor que mide repitiendo este proceso varias veces y tomando como error de cero la media aritmética de dichas mediciones. **Anotar el resultado.**
- Medir el diámetro de la pieza. Para ello intercalar la pieza cilíndrica a medir de manera que su diámetro quede entre las pinzas del calibre y **anotar** la correspondiente longitud. Repetir este proceso un total de seis veces girando la pieza. **Anotar los resultados.**

B) Medida de la altura de la pieza cilíndrica con el micrómetro:

- Observar el micrómetro, deducir y **anotar la resolución** del mismo.
- Determinar el error de cero, para ello hacer girar suavemente la corona de ajuste fino del micrómetro hasta la posición de cerrado. Observamos el valor que mide repitiendo este proceso varias veces y tomamos como error de cero la media aritmética de dichas mediciones. **Anotar el resultado.**
- Medida de la altura: para ello intercalar la pieza cilíndrica a medir de modo que su altura quede entre las superficies de contacto del micrómetro. Repetir la operación un total de seis veces y **anotar los resultados** obtenidos.

Con los datos obtenidos en los apartados A) y B), calcular el volumen de la pieza cilíndrica.

2) DETERMINACIÓN DEL RADIO DE UNA SUPERFICIE ESFÉRICA:

El radio, R , de una superficie esférica se determina a través de la expresión:

$$R = \frac{h}{2} + \frac{a^2}{6h}$$

donde h es la altura del casquete esférico y a la distancia entre las puntas del esferómetro.

A) Medida de la altura del casquete esférico con el esferómetro.

- Observar la **resolución** del esferómetro y **anotarla**.
- Ajustar el cero del esferómetro. Para ello se coloca el instrumento sobre la superficie cuadrada de vidrio que será nuestro plano de referencia. Ahora giramos la corona de ajuste del cero, hasta que el cero del reloj grande coincida con la aguja (Figura 9). Si no se consigue ajustar, deducir y **anotar su error de cero**.
- Medir la altura del casquete esférico. Para ello colocar el instrumento con el origen de la escala ya ajustado sobre la superficie esférica a medir y **anotar la lectura** correspondiente a la altura h del casquete esférico. Repetir esta operación un total de seis veces en distintas zonas de la superficie esférica a medir, y **anotar los resultados**.

B) Medir la distancia entre las puntas del esferómetro con el calibre.

- Para ello colocar el esferómetro sobre una superficie de referencia, medir con el calibre la distancia entre cada dos puntas fijas (para ello usar el extremo biselado de las "pinzas A" del calibre, Figura 1). Y **anotar** en una tabla las tres medidas correspondientes a cada par de puntas. Repetir la operación una vez más.

Con los datos obtenidos en los apartados A) y B), calcular el radio de la superficie esférica.