



Práctica 1: MEDIDAS GEOMÉTRICAS

1 Objeto de la práctica

En esta práctica se aprenderá a utilizar dos instrumentos básicos de medida de magnitudes geométricas: calibre (o pie de rey) y tornillo micrométrico (o palmer). Se caracterizan por su sensibilidad y error de cero y se obtendrán medidas directas e indirectas con sus correspondientes errores. Con ayuda de estas medidas se determinará la densidad de una pieza de un material y se obtendrá un valor experimental para la constante π .

2 Fundamento teórico

El procedimiento de la práctica consistirá en una serie de medidas de diferentes distancias y espesores. A partir de estas medidas se obtiene el volumen de la pieza.

Una vez calculado el volumen y medida la masa, podemos hallar la densidad de un cuerpo homogéneo mediante la expresión

$$\rho = \frac{m}{V}$$

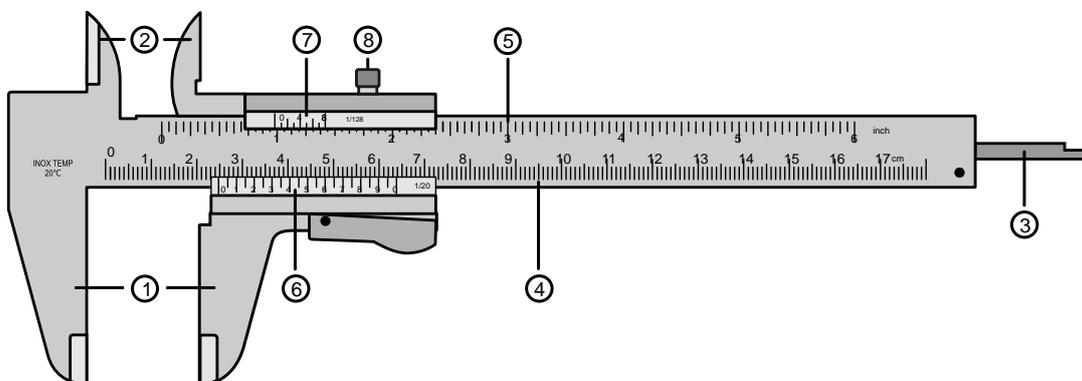
Como segunda aplicación, se medirán los diámetros, D , de una serie de cilindros, así como el perímetro de su sección transversal, p . La relación entre ambos es

$$p = \pi D. \quad (1)$$

3 Descripción del instrumental

3.1 Calibre (o pie de rey)

Es un instrumento utilizado para la medida de distancias (1), profundidades (3) y separación entre partes de piezas (2).



Consta de una escala lineal (4), a lo largo del eje del instrumento, sobre la que se desliza una cabeza graduada que define, entre las partes biseladas, la zona de medida. En esta cabeza móvil se encuentra situada una segunda escala (6), denominada *nonio*, que permite medir fracciones de la mínima unidad de medida de la escala principal. Ambas escalas pueden venir etiquetadas en Sistema Internacional, en milímetros, y en

otras unidades como pulgadas (5 y 7) y sus divisiones. En esta práctica se utilizarán únicamente las escalas en Sistema Internacional.

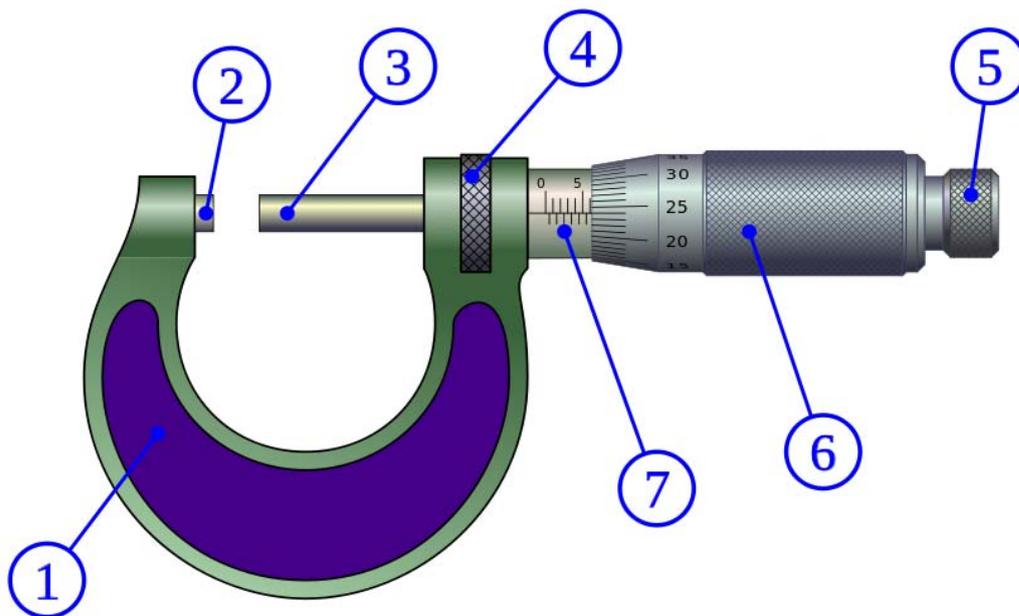
El calibre suele incorporar un dispositivo de fijación (tornillo o mordaza (8)) que inmoviliza la cabeza de medida una vez que se ha situado correctamente respecto a la pieza/distancia que se desea medir. Esta sujeción debe manejarse con especial atención y, en ningún caso, debe forzarse.

Para realizar una medida, una vez fijada la cabeza de lectura, se buscan los valores de la escala principal (longitudinal) entre los que se encuentra el cero de la escala secundaria (nonio). Esta posición indica las unidades de la escala principal, habitualmente milímetros. Las fracciones de esta unidad se leen a continuación observando la primera división (marca) del nonio que coincide exactamente con una división (marca) de la escala principal. En el ejemplo de la figura, la lectura sería

$$\begin{aligned} d &= 24 \text{ mm (posición del 0 de la escala móvil)} \\ &+ 0.75 \text{ mm (primera raya que coincide de la escala móvil)} \\ &\pm 0.05 \text{ mm (1/20 es la precisión)} \\ &= (24.75 \pm 0.05) \text{ mm} \end{aligned}$$

3.2 Tornillo micrométrico (o Palmer)

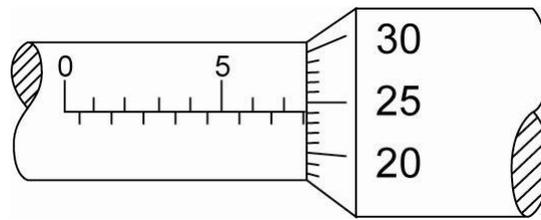
Es un instrumento utilizado para medir espesores de piezas.



Consta de una mordaza (2 y 3) con un vástago desplazable (3) mediante un mecanismo de tornillo con dos escalas de medida: una escala longitudinal a lo largo del eje del tornillo (7) y una escala circular alrededor de ésta (6).

Cuando se gira una o dos vueltas el tornillo, avanza una unidad a lo largo de la escala longitudinal. Ésta suele estar graduada en milímetros mientras que la escala circular puede venir numerada de 1 a 100 (si avanza 1 mm por vuelta) o de 1 a 50 (si hacen falta dos vueltas para avanzar 1 mm), con un número variable de divisiones intermedias.

Cuando la escala circular corresponde a un avance de media unidad de la escala longitudinal, en ésta suele incorporarse una marca intermedia que indica si, entre dos divisiones de la misma, se encuentra en la primera o en la segunda vuelta de avance. Así, en la siguiente figura, el tornillo marca



$$\begin{aligned}
 d &= 5.00 \text{ mm (última etiqueta numerada de la escala lineal)} \\
 &+ 2.00 \text{ mm (última marca de la escala superior)} \\
 &+ 0.50 \text{ mm (hay una marca en la escala inferior)} \\
 &+ 0.24 \text{ mm (marca de la escala giratoria más próxima a la escala lineal)} \\
 &\pm 0.01 \text{ mm (precisión de la escala giratoria)} \\
 &= (7.74 \pm 0.01) \text{ mm}
 \end{aligned}$$

La zona de medida está definida por dos superficies planas paralelas por lo que resulta especialmente adecuada para medir espesores, si bien debe tenerse especial cuidado en no apretar excesivamente el tornillo para no deformar el objeto a medir ni el mecanismo de fijación. Para ello, debe girarse el tambor (6) solo hasta que la mordaza roce con el objeto. Para una mayor aproximación se puede girar la perilla del tambor (5), que no fuerza el tornillo. Si no se tiene cuidado es probable que al poner en contacto las dos superficies planas no coincida el cero de las dos escalas (longitudinal y circular), es decir no se lee 0.00 mm, en cuyo caso se habla de *error de cero* y es igual al valor de esta medición, la cual habrá que tenerse en cuenta para corregir las medidas posteriores bien por exceso o por defecto.

3.3 Balanza digital

Una balanza es un sistema que mide el peso por aplicación de la ley de Hooke. La compresión de un sistema elástico es proporcional a la fuerza ejercida. Esa compresión puede reflejarse en el desplazamiento de una aguja sobre una escala lineal o, en el caso digital, convertida en una señal eléctrica que puede leerse en el *display*.

Una balanza es realmente un dinamómetro y por ello lo que mide es una fuerza, el peso. Sin embargo, dado que para todo cuerpo sometido a la acción de la gravedad, el peso es proporcional a la masa $F = mg$, la escala puede graduarse de forma que la lectura se haga en unidades de masa (usualmente gramos o kilogramos).

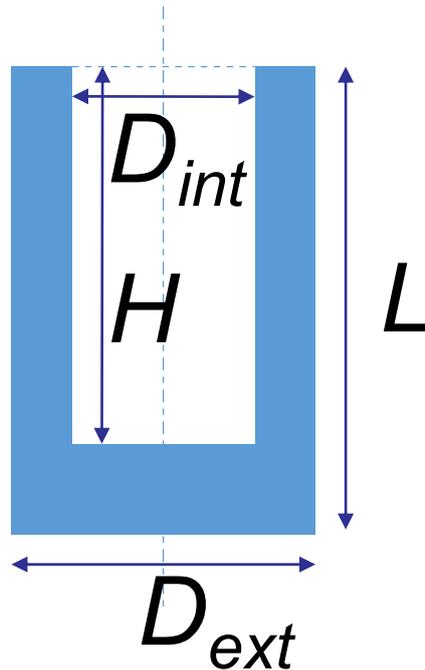
Una balanza posee un error sistemático que es debido al peso del plato que soporta al objeto que se quiere medir. El peso del soporte se denomina la tara de la medida, de forma que

$$\text{peso bruto} = \text{tara} + \text{peso neto}$$

Si lo que nos interesa es el peso neto, a la medida del peso bruto habrá que restarle la tara. De nuevo, en una balanza digital, la lectura puede corregirse para que reste la tara automáticamente y dé directamente el peso neto. Esto es lo que se conoce como “fijar el cero” de la balanza. A menudo está preajustado, pero, si se desajusta o se cambia el soporte, dispone de un sistema para fijar el cero previamente a la serie de medidas.

4 Realización de la práctica

4.1 Medidas de la pieza cilíndrica hueca



1. Empleando el calibre mídase los diámetros interior, D_{int} y exterior, D_{ext} , del cilindro hueco, así como su altura L y la altura del hueco H (ver figura). Para obtener un valor promedio, deberá medirse cada magnitud en **tres posiciones diferentes**. Téngase cuidado de que la pieza encaje correctamente entre los brazos del calibre y no esté girada.
2. Con la balanza digital, mídase una vez la masa de la pieza cilíndrica hueca.

4.2 Medidas de los cilindros

1. Empleando el tornillo micrométrico siempre que se pueda, mídase el diámetro de cada uno de los otros cilindros del juego que se tiene. Cada diámetro debe medirse también **en tres posiciones**. Para aquellos cilindros cuyo diámetro exceda la máxima abertura del tornillo, empléese el calibre.
2. Inclúyase en la tabla el valor del diámetro exterior de la pieza cilíndrica hueca.
3. Anótese en la tabla los números de cada una de las piezas.
4. Para cada cilindro y la pieza cilíndrica hueca mídase una vez el perímetro de su sección transversal con ayuda de una cinta métrica.

5 Análisis de los datos

5.1 Cálculo del volumen y la densidad del cilindro hueco

1. Calcúlese la media de los diámetros D_{int} y D_{ext} , su altura L y la altura del hueco H . Como incertidumbre se toma, en principio, el error de la media. Si ésta resulta ser menor que la precisión del aparato de medida, se tomará esta precisión como incertidumbre.
2. Hállese el volumen de la pieza cilíndrica hueca mediante la fórmula

$$V = \frac{\pi}{4}(LD_{ext}^2 - HD_{int}^2),$$

así como su incertidumbre (empleando para ésta la expresión para una función de varias variables).

3. A partir de la masa y el volumen, hállese la densidad, con su incertidumbre, empleando la relación

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

5.2 Cálculo experimental de la constante π

1. Calcúlese el valor medio de cada uno de los diámetros del conjunto de cilindros así como su incertidumbre.
2. Representétese el perímetro frente al diámetro medio.
3. Calcúlese la recta por el método de los mínimos cuadrados, de acuerdo con la expresión $p = A + BD$. Según la fórmula (??), el ajuste debe dar los valores $A = 0$ y $B = \pi$.
4. Representétese la recta de mínimos cuadrados en la misma gráfica anterior.
5. A partir de la pendiente de esta recta, calcúlese el valor de π y su incertidumbre.

6 Cuestiones relativas a la realización de la práctica

1. De los tres parámetros medidos para calcular el volumen del cilindro hueco, ¿cuál es la mayor fuente de incertidumbre?
2. ¿Cómo debemos elegir las piezas cilíndricas para mejorar la estimación experimental del valor de π ?