



# MEDIDA DE LA DENSIDAD DE UN CUERPO. DETERMINACIÓN DE $\pi$

## 1 Objetivos

- Utilización de un calibre en la determinación de las dimensiones de un objeto y de una balanza digital para la determinación de su masa.
- Determinación de la densidad de un material.
- Obtención experimental de una estimación del valor del número  $\pi$ .

## 2 Fundamentos teóricos

### 2.1 Densidad de un material

La densidad de un cuerpo  $\rho$ , se define mediante la expresión:

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

donde  $m$  es la masa del cuerpo y  $V$  su volumen. En el sistema internacional (S.I.), la masa se expresa en kg y el volumen en  $m^3$ , por lo que la densidad de volumen,  $\rho$ , se expresa en unidades de  $kg/m^3$ .

Para determinar experimentalmente el valor de la densidad de un cuerpo es necesario conocer su masa y su volumen. La masa puede determinarse mediante el uso de una balanza y el volumen se calcula utilizando la expresión que relaciona las dimensiones macroscópicas del cuerpo (según sea su geometría), las cuales pueden determinarse experimentalmente por medio de un calibre.

Es imposible realizar una medida experimental sin incertidumbres, por lo que es imprescindible identificar sus posibles fuentes y cuantificarlas. En la experiencia que se propone en este guión nos centraremos en las fuentes de incertidumbre ("errores") con que realizaremos la determinación de la masa y las dimensiones de los cuerpos propuestos. El origen de la incertidumbre puede ser de tipo *instrumental*, que se debe a la precisión del instrumento utilizado en la medida (error de precisión) y al mal funcionamiento del mismo (errores sistemáticos), o *de procedimiento*, conocidos como errores aleatorios o estadísticos. Estos últimos, a diferencia de los errores sistemáticos, son inevitables y están presentes en todo proceso de toma de medidas.

### 2.2 La constante $\pi$

Todos hemos aprendido alguna vez que el valor de la constante  $\pi$  es aproximadamente 3.14, aunque seguramente nunca nos hemos preguntado de dónde sale este número. Pues bien, su valor se obtuvo hace mucho tiempo cuando se comprobó que todas las circunferencias tenían la propiedad de que el cociente entre su perímetro y su diámetro era una constante (igual al número  $\pi$ ).

## 2.3 El Calibre

El calibre, también conocido como "pie de rey", es una herramienta que se emplea para medir las dimensiones de objetos relativamente pequeños, por lo general, de unas pocas decenas de centímetros, con precisiones del orden de las milésimas de centímetros. Su escala suele venir graduada en milímetros ( $10^{-3}$  m) y en  $1/16 = 0.0625$  pulgadas (1 pulgada = 0.0254 m).

El calibre consta de las siguientes partes:

- 1- Mordazas para medidas externas.
- 2- Mordazas para medidas internas.
- 3- Coliza para medida de profundidades.
- 4- Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
- 5- Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
- 6- Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido (1/10, 1/20 o 1/50).
- 7- Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido (1/128).
- 8- Botón de deslizamiento y freno.

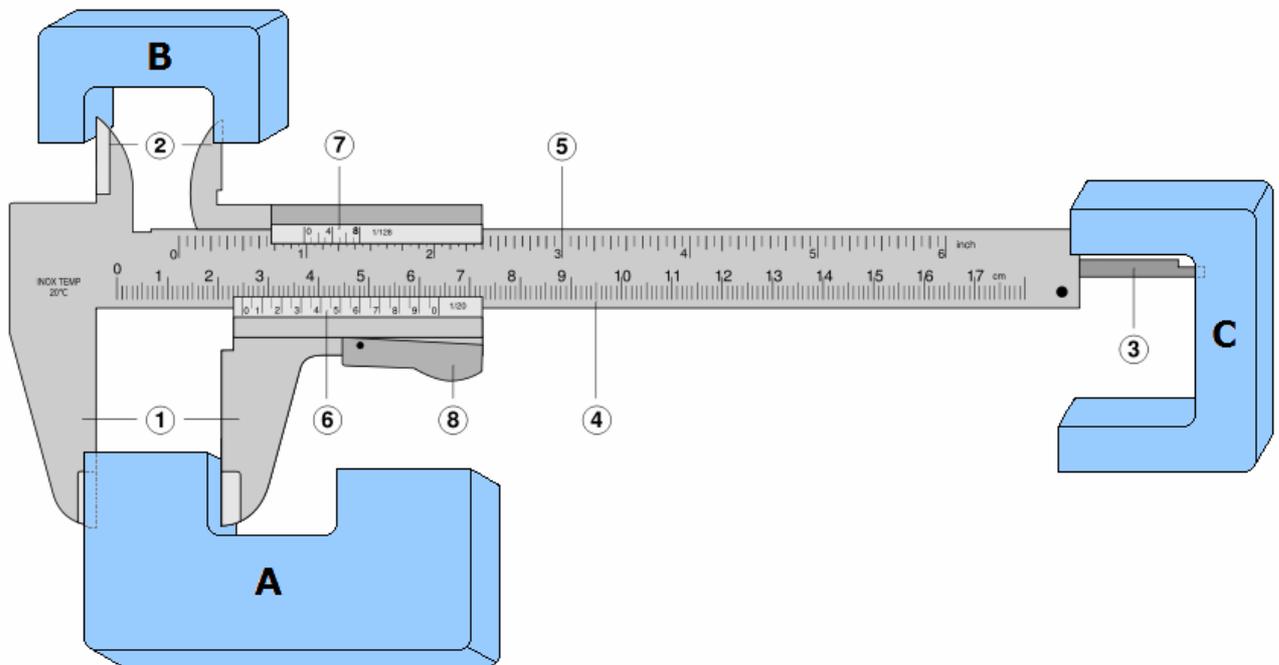


Figura 1. Diferentes partes de un calibre y opciones para la determinación de la dimensión de un cuerpo (dimensión exterior, interior y de profundidad de los cuerpos A, B y C, respectivamente).

Las mordazas 1 y 2 se utilizan para medir las dimensiones externas (pieza A) e internas (pieza B) de un cuerpo, respectivamente, mientras que la coliza es útil en la medida de profundidades (pieza C).

### 2.3.1 Proceso de medida con el calibre

Para realizar una medida correcta con el calibre debemos primero seleccionar la mordaza adecuada que debe emplearse, teniendo en cuenta si la dimensión del objeto que queremos determinar es interior, exterior o de profundidad (ver figura 1).

La figura 2 muestra el calibre con una pieza rectangular colocada en la mordaza (dimensión exterior). Debemos asegurarnos de que la pieza está bien ajustada dentro de la mordaza, para lo cual haremos uso del botón de deslizamiento o freno. Una vez liberado el freno, la lectura de la medida se hará en los siguientes pasos:

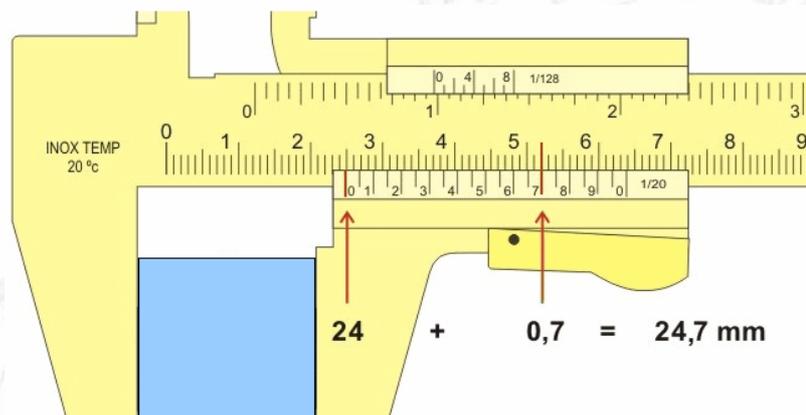


Figura 2. Calibre con un cuerpo rectangular en la mordaza para la determinación de su dimensión exterior y lectura de la correspondiente medida.

- 1- Apuntamos la lectura, en milímetros, de la división que coincide en la escala milimetrada con el cero de la escala del nonio; en el ejemplo de la figura 2, el cero del nonio está entre 24 y 25 mm de la escala milimetrada, por lo que escogemos como lectura correcta 24mm.
- 2- Buscamos la división del nonio que coincida con alguna división de la escala milimetrada y multiplicamos su valor por  $1/20=0,05$ . En el ejemplo, la división del nonio que coincide es la 14, por lo tanto,  $14 \cdot 0,05=0,7$  mm.
- 3- La lectura de la dimensión del objeto será el valor obtenido en el paso 1 más el obtenido en el paso 2; en el ejemplo,  $24 + 0,7 = 24,7$  mm.
- 4- Finalmente, el error con que se ha realizado la medida es el error de precisión del calibre; en este caso es de 0,05 mm que corresponde con las 20 partes en que la escala del nonio divide 1mm ( $1/20=0,05$ mm). Por lo tanto, la medida final de la dimensión del objeto es  $(24,70 \pm 0,05) \cdot 10^{-3}$  m.

### 2.3 Balanza digital

La balanza es un instrumento digital que nos permite determinar la masa de un cuerpo, midiendo el efecto que ejerce el campo gravitatorio sobre dicho cuerpo, es decir, su peso.

En la figura 3 se muestra una balanza digital como la que encontrarás en el laboratorio. No es una balanza automática, por lo que es importante que el cuerpo al que le vamos a determinar la masa se coloque cuidadosamente en el centro del platillo de pesaje.



Figura 3. Balanza digital.

En la parte delantera de la balanza se encuentra un panel que contiene cinco teclas para el manejo de la misma y una pantalla de cristal líquido (LCD) en la que se muestra la información resultante del proceso de pesado, así como otros mensajes del equipo. Además, en este panel está indicado (debajo del LCD) el valor máximo de la masa que puede ser medida por la balanza (Max 2000g) y la precisión con que se determina ( $d=0.1g$ ), ver figura 4.

### 2.3.1 Proceso de medida con la balanza

Para realizar una correcta medida de la masa de un cuerpo se deben seguir los siguientes pasos:

- 1- Encender la balanza con la tecla [ON/OFF] (ver figura 4). En caso de que la pantalla no se ilumine **solicita la ayuda del profesor**.
- 2- Esperar 3 segundos hasta que la pantalla muestre "8888" y después aparezca la indicación "00.0". Si la indicación centellea o no está estable en el valor cero pulsa la tecla [TARE] (figura 4). Si no consigues que aparezca el cero, **solicita la ayuda del profesor**.
- 3- Colocar el cuerpo al que se desea determinar la masa en el centro de platillo de pesaje. Si se coloca un cuerpo con una masa superior a la tolerada por la balanza, en la pantalla se muestra el mensaje "Err" (equivalente a sobrecarga) y suena un pitido.
- 4- Apuntar la lectura de la masa del cuerpo que se muestra en la pantalla y la unidad en que se ha realizado la medida, por ejemplo, g (gramos) o kg (kilogramos).
- 5- Añadir el error de la medida. Por ejemplo, si nuestra balanza tiene una precisión de 0,1g y la lectura de la pantalla recogida en el paso 4 ha sido 24,7 g, el resultado final de la medida será:  $(24,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$  kg.



Figura 4. Panel frontal de la balanza digital.

### 3 Material

1. Balanza digital
2. Calibre
3. Piezas de diferente material, forma y dimensiones
4. Hilo inextensible

## **4 Método experimental**

### **4.1 Determinación de la densidad de un cuerpo.**

- 4.1.1 Mide, utilizando la balanza digital, la masa del objeto proporcionado en el laboratorio. No olvides incluir el error de precisión.
- 4.1.2 Mide, utilizando el calibre, las dimensiones espaciales del objeto proporcionado en el laboratorio, con el error de precisión.
- 4.1.3 Calcula el volumen del cuerpo y su densidad; ambas magnitudes deben incluir el error. Para ello haz la propagación de errores en las fórmulas del volumen y de la densidad correspondientes.

### **4.2 Determinación experimental del valor de $\pi$ .**

- 4.2.1 Busca en el entorno de tu puesto de trabajo 5 objetos con geometría cilíndrica, por ejemplo, las patas de la banqueta donde estás sentado, el botón rojo que está en la mesa (botón para corte de potencia eléctrica de la mesa), algún rotulador grueso, o algunos cuerpos cilíndricos de diferente diámetro que tendrás sobre la mesa. Con ayuda del hilo inextensible rodea el mismo, haz una marca y extiéndelo sobre una regla graduada en milímetros para determinar la longitud del perímetro del cuerpo. También, mide utilizando el calibre los diámetros de los mismos. Apunta los cinco valores del perímetro y los cinco de los diámetros en una tabla. No olvides apuntar cada una de estas medias con su error (error de precisión de la regla milimetrada y del calibre).
- 4.2.2 Calcula el cociente entre el valor del perímetro y del diámetro para cada uno de los cinco cuerpos. Calcula la incertidumbre de este cociente. Comenta las posibles analogías de este valor con  $\pi$ .
- 4.2.3 Haz un gráfico de los valores de los diámetros en el eje X y de los valores de los perímetros en el eje Y. Traza la recta que mejor se ajuste a los puntos experimentales y calcula la pendiente gráficamente. Discute el valor obtenido para la pendiente en relación al valor  $\pi$ . Haz una estimación de los posibles errores cometidos en el cálculo de la pendiente de la recta.