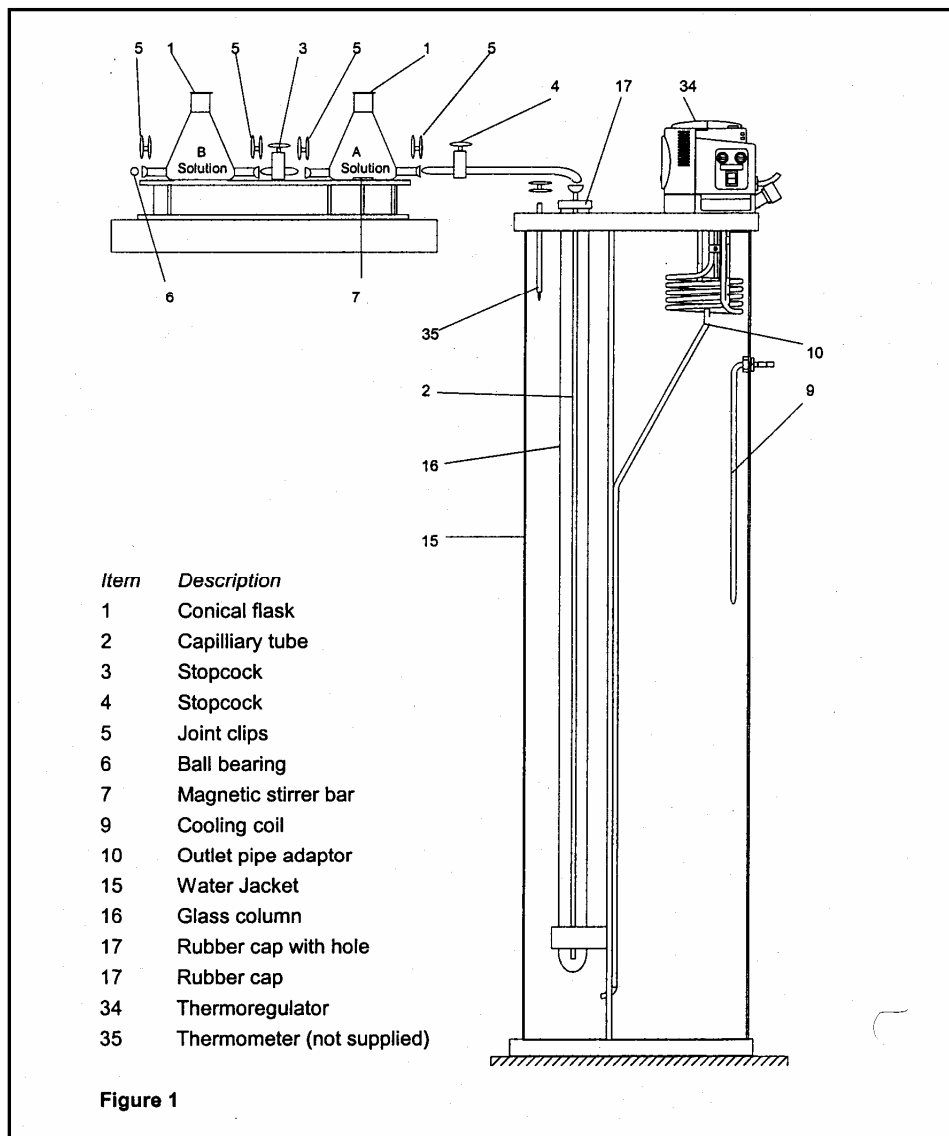


## Determinación de la densidad de muestras de polímero mediante una columna de gradiente de densidades

### Composición del equipo

Una columna de este tipo se muestra en la figura 1. El equipo completo se compone de:

- Tubo de vidrio de aproximadamente un metro de largo (columna de gradiente) (16)
- Dos recipientes que contienen sendos líquidos miscibles (erlenmeyer A y B) (1)
- Agitador magnético para realizar la mezcla de los dos líquidos (7)
- Camisa termostatoradora (4)
- Termorregulador(34)
- Capilar para el llenado de la columna (2)
- Termómetro (35)



## Método

Los líquidos elegidos para rellenar la columna deben cumplir las siguientes condiciones:

- Ser totalmente miscibles.
- Los valores de densidad deben diferir al menos en un 5%.
- Deben mojar a la muestra problema
- Preferiblemente serán incoloros.
- No deben interaccionar químicamente con la muestra.

Para proceder al llenado de la columna se sitúa el líquido de mayor densidad en el erlenmeyer B de tal manera que cuando se ponen en contacto ambos recipientes el líquido contenido en el recipiente A aumenta continuamente su densidad durante el llenado de la columna. Para favorecer la mezcla entre ambos líquidos el agitador magnético situado debajo del erlenmeyer A permanecerá conectado durante todo el proceso. Las mezclas que llegan a la columna a través del capilar son al principio ricas en el líquido menos denso y se enriquecen progresivamente en el líquido más denso. El resultado es que se crea un gradiente de densidades a lo largo de la columna con densidades mínimas en la superficie y más elevadas a medida que se desciende. Esta situación metaestable se mantiene durante aproximadamente quince semanas si la columna se mantiene inmóvil.

## Calibrado de la columna

La casa comercial suministradora del equipo proporciona un juego de ocho esferas de vidrio de distinta densidad, cuyos valores son perfectamente conocidos.

El juego de esferas debe cubrir un intervalo de densidades de acuerdo a los líquidos seleccionados para rellenar la columna. En nuestro caso los líquidos elegidos son: , .

Etanol                                      densidad=  $0,79 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$   
Tetracloruro de carbono              densidad=  $1,59 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

Por tanto los valores de las densidades de las ocho esferas de vidrio son:

Tabla 1 Densidades de las esferas utilizadas para el calibrado de la columna

| <b>Esfera</b>         | <b>Densidad (<math>\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}</math>)</b> |
|-----------------------|--|
| Verde y naranja V1    | 0,8985   |
| Azul y naranja C6     | 0,9420   |
| Azul y naranja D0     | 0,9837   |
| Rojo y naranja H6     | 1,0315   |
| Amarillo y rojo H3    | 1,0773   |
| Verde y naranja Q7    | 1,1130   |
| Amarillo y naranja W6 | 1,1590   |
| Amarillo y naranja M7 | 1,1996   |

Las ocho esferas de vidrio se introducen cuidadosamente en la columna comenzando por la de mayor densidad. De acuerdo a los valores de la densidad de cada esfera estas se sitúan a diferentes alturas a lo largo de la columna. El calibrado se efectúa realizando representación gráfica de la densidad correspondiente a cada esfera frente al valor de la altura, tal cual se muestra en el ejemplo de la figura 2

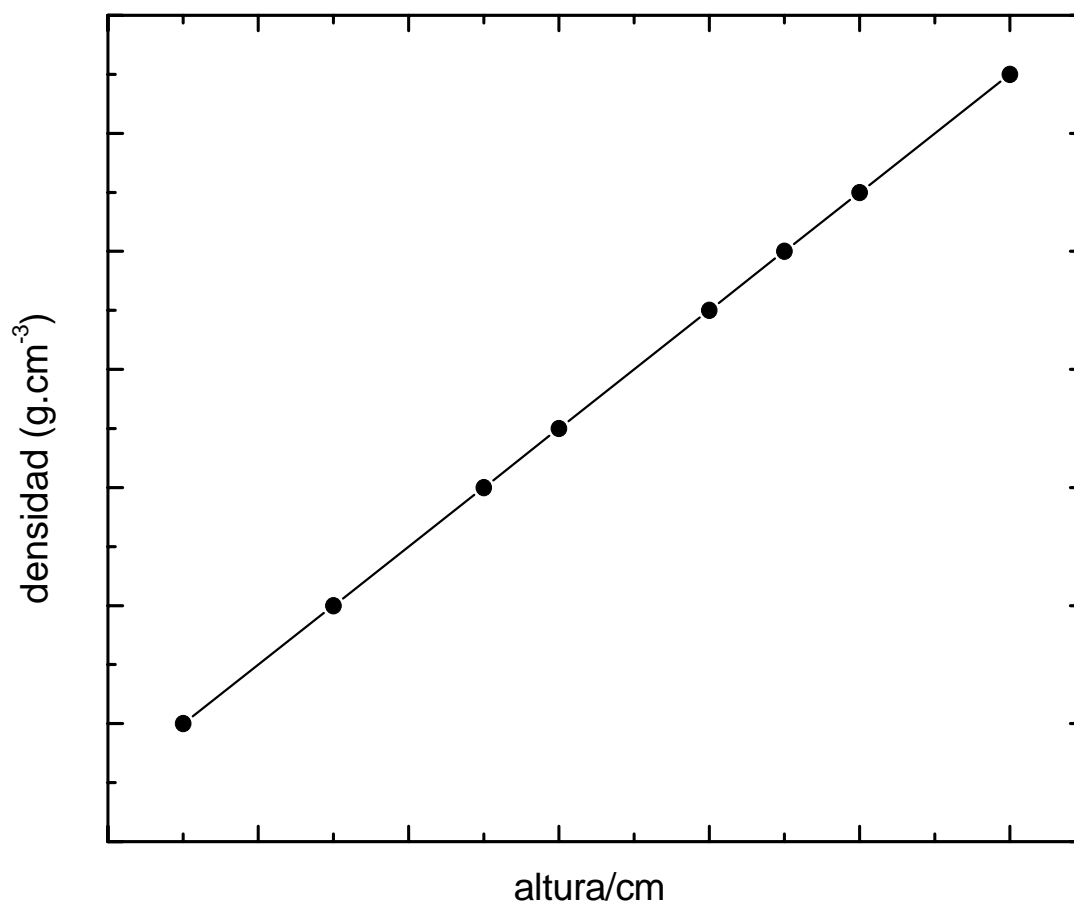


Figura 2 . Ejemplo de recta de calibrado

### Realización de una medida

Para determinar la densidad de un polímero se introduce en la columna una pequeña muestra del mismo y se observa la altura a la que queda sumergida. Interpolando en la relación altura densidad encontrada en el calibrado se podrá determinar la densidad desconocida.

Para poder aplicar este método es necesario que el plástico no se disuelva en la mezcla de líquidos que rellena la columna y que esta lo moje completamente impidiendo la formación de burbujas de aire sobre la superficie de la muestra.

Tabla 2 Densidades de algunos plásticos

| <i>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</i> | <i>Material</i>  |
|------------------------------------|--|
| 0,8                                | Caucho de silicona (cargado con sílice hasta 1,25)                             |
| 0,83                               | Polimetilpenteno   |
| 0,85-0,92                          | Polipropileno  |
| 0,89-0,93                          | Poliétileno de alta presión (baja densidad)                                    |
| 0,91-0,92                          | Polibuteno-I   |
| 0,91-0,93                          | Polisobutileno   |
| 0,92-1,0                           | Caucho natural   |
| 0,94-0,98                          | Poliétileno de baja presión (alta densidad)                                    |
| 1,01-1,04                          | Nylon 12   |
| 1,03-1,05                          | Nylon 11   |
| 1,04-1,06                          | Copolímeros de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)                          |
| 1,04-1,08                          | Poliestireno   |
| 1,05-1,07                          | Polióxido de fenileno  |
| 1,06-1,10                          | Copolímeros de estireno-acrilonitrilo  |
| 1,07-1,09                          | Nylon 610  |
| 1,12-1,15                          | Nylon 6  |
| 1,13-1,16                          | Nylon 66   |
| 1,1-1,4                            | Resinas epoxi, resinas de poliésteres insaturados                              |
| 1,14-1,17                          | Poliacrilonitrilo  |
| 1,15-1,25                          | Acetobutirato de celulosa  |
| 1,16-1,20                          | Polimetacrilato de metilo  |
| 1,17-1,20                          | Poliacetato de vinilo  |
| 1,18-1,24                          | Propionato de celulosa   |
| 1,19-1,35                          | PVC plastificado (aproximadamente 40% de plastificante)                        |
| 1,20-1,22                          | Policarbonato (a base de bisfenol A)   |
| 1,20-1,26                          | Poliuretanos entrecruzados   |
| 1,26-1,28                          | Resinas de fenol-formaldehído (sin carga)                                      |
| 1,21-1,31                          | Polialcohol vinílico   |
| 1,25-1,35                          | Acetato de celulosa  |
| 1,30-1,41                          | Resinas de fenol-formaldehído cargadas con materiales orgánicos (papel tejido) |
| 1,3-1,4                            | Polifluoruro de vinilo   |
| 1,34-1,40                          | Celuloide  |
| 1,38-1,41                          | Poliétilentereftalato  |
| 1,38-1,41                          | PVC rígido   |
| 1,41-1,43                          | Polióxido de metileno (poliformaldehído)                                       |
| 1,47-1,52                          | Resinas de urea y melamina-formaldehído con cargas orgánicas                   |
| 1,47-1,55                          | PVC clorado  |
| 1,5-2,0                            | Fenoplásticos y amino plásticos con cargas inorgánicas                         |
| 1,7-1,8                            | Polifluoruro de vinilideno   |
| 1,8-2,3                            | Resinas de poliéster y epoxi cargadas con fibras de vidrio                     |
| 1,86-1,88                          | Policloruro de vinilideno  |
| 2,1-2,2                            | Politrifluorocloroetileno  |
| 2,1-2,3                            | Politetrafluoretileno  |

## Procedimiento experimental

La columna de densidades contiene en su interior las esferas de vidrio de calibrado.

A) Determinar la altura correspondiente cada una anotando los valores en la siguiente tabla:

Tabla 1. Valores de densidad frente a altura del juego de esferas de calibrado de la columna

| Densidad ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) | Altura (cm) |
|---------------------------------|-------------|
|                                 |             |
|                                 |             |
|                                 |             |
|                                 |             |
|                                 |             |
|                                 |             |
|                                 |             |
|                                 |             |

Realizar la representación gráfica correspondiente, determinando por mínimos cuadrados la pendiente y ordenada en el origen de la recta de calibrado

Recta de calibrado obtenida:

B) La columna contiene cuatro muestras de polímeros de densidad desconocida. Realice la lectura de la altura de la columna correspondiente a cada una de ellas y apunte los valores obtenidos en la tabla 2 y con ayuda de la recta de calibrado determine su densidad rellenando la columna correspondiente de la tabla 3.

Tabla 3 Valores de la altura en unidades arbitrarias para cada una de las muestras

| Muestra | Altura (u.a) | Densidad ( $\text{g.cm}^{-3}$ ) | Nombre |
|---------|--------------|---------------------------------|--------|
| A       |              |                                 |        |
| B       |              |                                 |        |
| C       |              |                                 |        |
| D       |              |                                 |        |

Con ayuda de la tabla 3 en la que se dan los valores de la densidad para distintos polímeros, identificar cada una de las muestras rellenando la columna correspondiente al nombre de la tabla 2