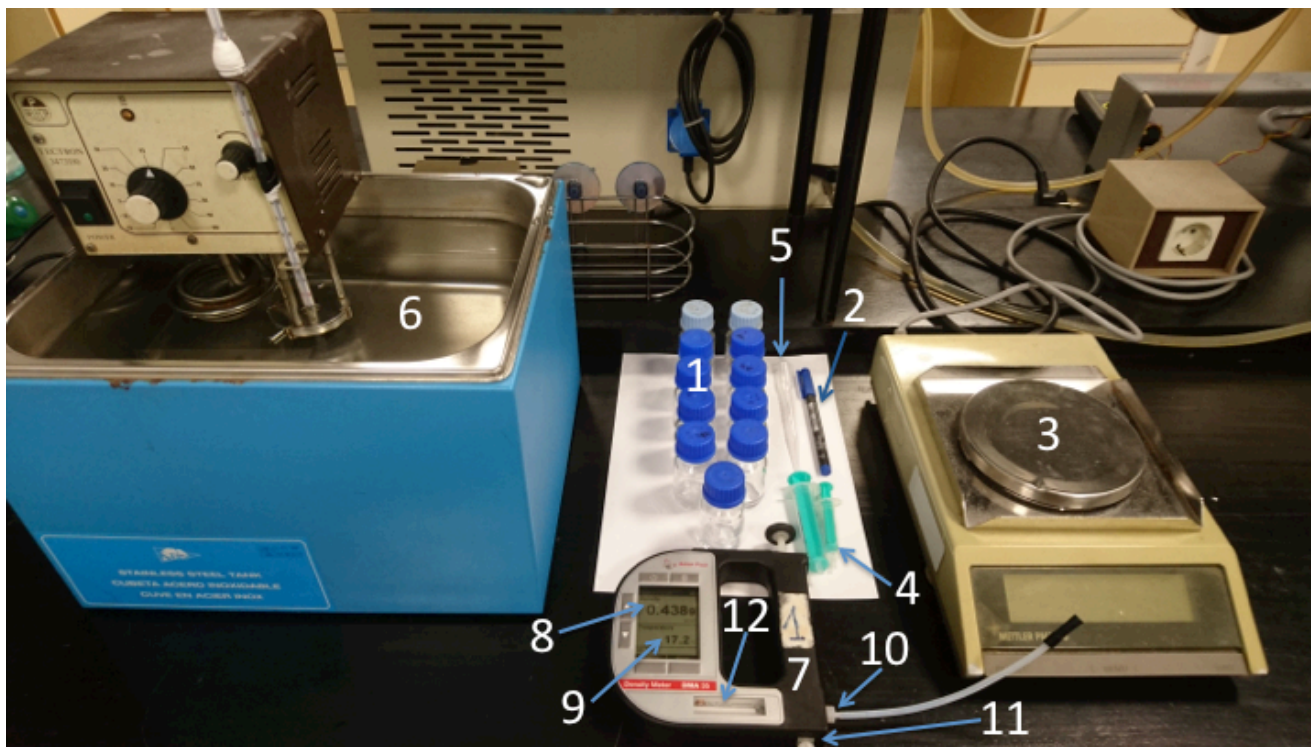


DENSIDAD (D)

1. Objetivos

El objetivo de esta práctica es el estudio de un sistema binario agua-etanol y obtener la relación existente entre la densidad y la concentración. Para ello obtendremos en laboratorio la densidad de la mezcla para diferentes concentraciones x y temperaturas T , $\rho(x, T)$, y fijaremos una temperatura de trabajo T_f , obteniendo de esta forma $\rho(x) \equiv \rho(x, T_f)$. Una vez conocida la correspondencia entre la densidad y la concentración, podremos calcular diferentes volúmenes molares de la mezcla, como pueden ser el volumen de exceso, el volumen aparente y el volumen molar parcial.

2. Dispositivo Experimental



En el laboratorio estudiaremos 9 disoluciones agua-etanol de concentración expresada como fracción molar de agua (x_{H_2O}) con valores que van de 0.1 a 0.9 en intervalos de 0.1, además de los sistemas puros ($x_{H_2O} = 0.0$ y $x_{H_2O} = 1.0$), es decir, en total estudiaremos 11 sistemas. Crearemos muestras de 20 gr de cada uno de estos 11 sistemas, que meteremos en cada uno de los 11 frascos disponibles (1). Cada frasco lo etiquetaremos con un rotulador (2) para poder diferenciarlo de los restantes frascos.

Las masas de agua (m_{H_2O}) y etanol (m_{OH}) correspondientes a cada una de las 11 muestras de masa total $m_T = 20$ gr las pesaremos en la balanza (3) con ayuda de jeringuillas (4) y pipetas (5). Los valores de las masas se obtienen trivialmente a partir de la fracción molar que define cada muestra. Si n_{H_2O} y n_{OH} son el número de moles de agua y etanol, respectivamente, del sistema binario, y M_{H_2O} y M_{OH} las masas moleculares tendremos:

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{OH}}} = \frac{\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}}}{\frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} + \frac{m_{\text{OH}}}{M_{\text{OH}}}} = \frac{1}{1 + \frac{m_{\text{OH}}M_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}M_{\text{OH}}}}$$

y sabiendo que $m_T = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{OH}}$ llegamos a que:

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_T}{1 + \frac{M_{\text{OH}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} \left(\frac{1}{x_{\text{H}_2\text{O}}} - 1 \right)} \quad (1)$$

y

$$m_{\text{OH}} = m_T - m_{\text{H}_2\text{O}} \quad (2)$$

Los valores de $m_{\text{H}_2\text{O}}$ y m_{OH} necesarios para formar cada disolución los habremos calculado previamente a la entrada en el laboratorio utilizando las Ecuaciones (1) y (2) anteriores.

Los frascos con las muestras los calentaremos en un baño de agua (6). La densidad de cada una de las muestras la mediremos utilizando el densímetro (7) mientras la muestra se enfría al sacarla del baño, obteniendo de esta forma $\rho(x, T)$.

En la pantalla digital del densímetro nos aparecerá la densidad (8) y la temperatura (9) de cada una de las muestras. Las muestras las introduciremos en el densímetro por un orificio de entrada (10) con la ayuda de una jeringuilla, y la evacuaremos por otro de salida (11), tal y como se explica en el apartado “Modus Operandi” más abajo. El método de medición de la densidad se basa en la determinación de los períodos de oscilación de un pequeño diapasón de vidrio hueco en forma de “U” que se encuentra dentro del densímetro (12) y que nosotros llenaremos con la muestra líquida a estudio (para entender el funcionamiento del densímetro ver el fichero “Fundamento_Densimetro.pdf”)

3. Modus operandi

Como decimos, las masas del alcohol y agua de las 11 muestras con concentración $x_{\text{H}_2\text{O}} = 0.1 \times n$ ($n = 0 - 10$) y $m_T = 20$ gr tienen que haberse calculado antes de entrar en el laboratorio utilizando las Ecs. (1) y (2). En el laboratorio haremos lo siguiente.

1. Con ayuda de las pipetas, las jeringuillas y la balanza digital, introduciremos las cantidades m_{OH} y $m_{\text{H}_2\text{O}}$ en los frascos de vidrio para crear las muestras. Iremos marcando con el rotulador cada frasco con su concentración para tener los frascos identificados.
2. Cada vez que tengamos una nueva muestra, nos aseguramos de cerrar bien el frasco con su tapón y lo introducimos en el baño de agua. Iremos metiendo cada frasco de uno en uno en el baño, cada vez que hayamos obtenido una nueva muestra, es decir, no esperaremos a tener las 11 muestras preparadas en los 11 frascos y meterlas entonces todas a la vez en el baño. El baño se debe encontrar a una temperatura máxima de **35°C. NUNCA SE DEBE SOBREPASAR ESTA TEMPERATURA ya que el densímetro se podría dañar al hacer las mediciones.**

3. Al acabar de preparar las muestras, y una vez que estén todas en el baño, las iremos retirando de una en una para proceder a la medida de la densidad. Retiraremos las muestras en el mismo orden en el que las hemos metido en el baño, asegurándonos de esta forma que las muestras que cojamos ya estén a la temperatura del baño puesto que las muestras ya llevarán suficiente tiempo en él.

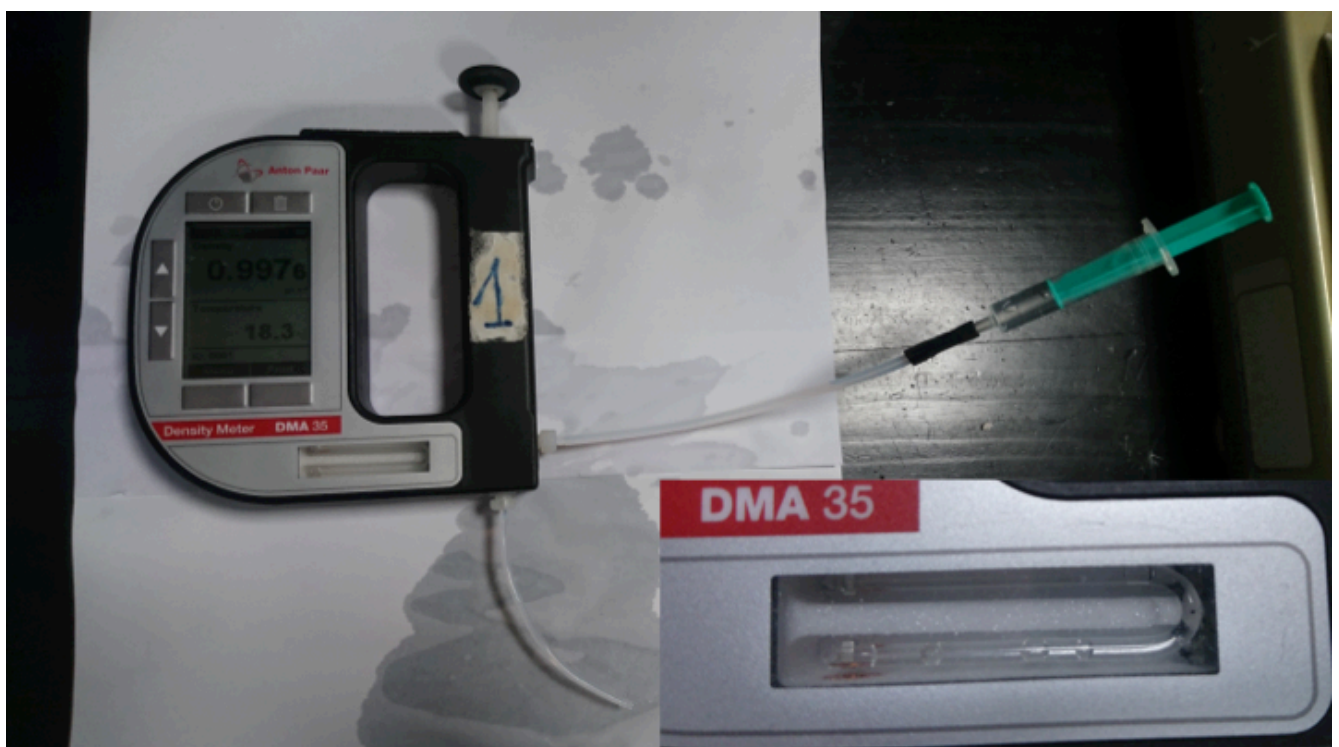
El proceso de medida de la densidad de cada muestra se realiza de la siguiente forma:

3.1. Cargamos una jeringuilla con líquido de la muestra, y purgamos de aire la jeringuilla, expulsando con cuidado el aire por la boca de la jeringuilla.

3.2. Introducimos el contenido de la jeringuilla por el orificio de entrada del densímetro poco a poco y de forma progresiva, asegurándonos 1) que eliminamos todo el líquido residual que hay en el diapasón de anteriores medidas (el líquido se irá evacuando por el orificio de salida del densímetro a medida que metemos el nuevo, ver fotografía de abajo), y 2) que eliminamos el aire el diapasón.

Es de vital importancia que se verifiquen estos dos puntos puesto que como hemos dicho la medida de la densidad se basa en la medida de la frecuencia de vibración del diapasón, la cual corresponde a la de un oscilador armónico simple y por tanto depende de la masa. Es decir, el tubo debe estar lleno por completo del líquido que queremos medir, sin residuos de ningún tipo, ya sea líquido de otras muestras anteriores o aire.

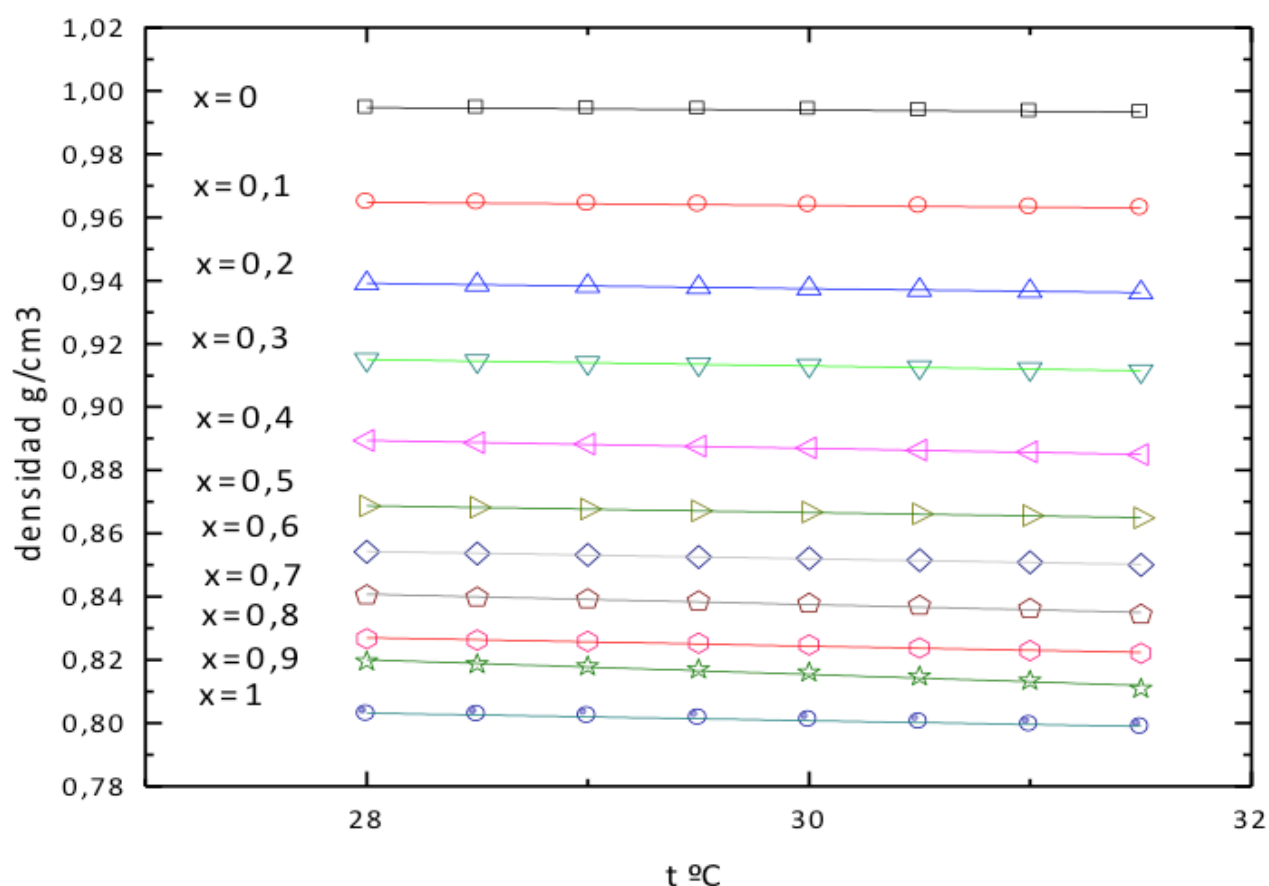
Como ejemplo, en la fotografía de abajo se representa una medición incorrecta de la densidad debido a la presencia de aire en el diapasón (ver el diapasón ampliado en la parte inferior-derecha de la fotografía). En este ejemplo debemos seguir metiendo líquido de la muestra con la jeringuilla hasta que eliminemos por completo las burbujas en el diapasón.



3.3. Sin retirar la jeringuilla del densímetro (y evitar de esta forma que se contamine de nuevo el densímetro de aire) procedemos a recoger de la pantalla digital del densímetro pares de datos (ρ, T) mientras la muestra se enfría. Se recomienda recoger pares de datos en un rango aproximado de temperaturas entre 30 y 25 °C, cada 0.5 °C.

3.4. Una vez que acabamos con las mediciones de la muestra, cerramos bien el frasco correspondiente y lo metemos de nuevo en el baño. De esta forma podremos repetir la medición de la densidad de la muestra en caso de tener necesidad.

Durante la sesión de laboratorio es aconsejable ir representando los resultados que se van obteniendo para poder localizar la posible existencia de algún error que se pueda corregir en el laboratorio repitiendo alguna medición. Si representamos los pares (ρ, T) para cada una de las 11 muestras que estudiamos, tendremos un gráfico similar al siguiente, sin aparentemente ningún error, en el que los resultados de la densidad se ordenan de forma decreciente a medida que la mezcla contiene más alcohol. En este ejemplo los valores de la concentración corresponden a la del etanol, x_{OH} ($x_{OH} = 1 - x_{H_2O}$).



4. Tratamiento de datos

El etanol que utilizamos en laboratorio es etanol al 96% en volumen, es decir, que de cada 100 ml, 96 ml son de etanol y 4 ml son de agua. Se recomienda en primer lugar corregir las masas de etanol y agua obtenidas a partir de las Ecs. (1) y (2) y conseguir las correspondientes al etanol puro y agua, m'_{OH} y $m'_{\text{H}_2\text{O}}$:

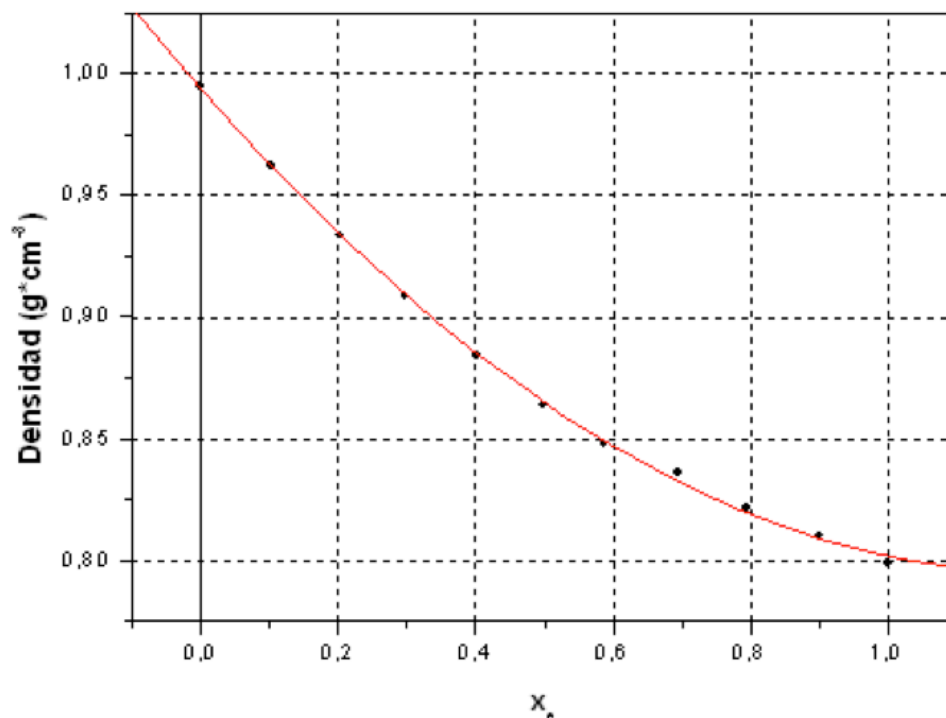
$$m'_{\text{OH}} = 0.96 V_{\text{OH}}^{96} \rho_{\text{OH}} = 0.96 \left(\frac{m_{\text{OH}}}{\rho_{\text{OH}}^{96}} \right) \rho_{\text{OH}}$$

$$m'_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + (1 - 0.96) V_{\text{OH}}^{96} \rho_{\text{H}_2\text{O}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + 0.04 \left(\frac{m_{\text{OH}}}{\rho_{\text{OH}}^{96}} \right) \rho_{\text{H}_2\text{O}}$$

donde V_{OH}^{96} es el volumen del etanol al 96% y m_{OH} su masa, $m_{\text{H}_2\text{O}}$ es la masa de agua medida en el laboratorio y $\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ su densidad, y ρ_{OH} y ρ_{OH}^{96} son las densidades del etanol puro y del etanol al 96%, respectivamente.

Una vez recalculadas las masas, se obtienen de nuevo las concentraciones de las 11 muestras, las cuales estarán referidas ahora al sistema binario etanol puro-agua. Esto nos permitiría realizar una comparación directa de nuestros resultados con los valores tabulados para la mezcla etanol puro-agua, como pueden ser los resultados tabulados del volumen de exceso. En el Aula Virtual se proporcionan datos tabulados.

Como ya dijimos, el objetivo de esta práctica es obtener la relación $\rho(x)$ en la mezcla agua-etanol. Esto lo conseguiremos a partir de los resultados $\rho(x, T)$ medidos en laboratorio y fijando una temperatura de trabajo T_f perteneciente al intervalo $\sim [25, 30]^\circ\text{C}$ que estudiamos. De esta forma obtendremos una gráfica como la que se muestra a continuación:



Los datos los podremos ajustar a un polinomio de segundo grado $\rho(x) = a + bx + cx^2$, que es el ajuste que corresponde a la línea roja en la gráfica (se pueden utilizar otras funciones de ajuste). Los datos de esta figura que nos sirve como ejemplo han sido extraídos de los resultados $\rho(x, T)$ representados en la página anterior, y como se puede observar en los valores de la abscisa, aún no se han llevado a cabo en ellos las correcciones en las fracciones molares debidas a la utilización de etanol de 96.

Por último, a partir de la relación $\rho(x)$ que hemos obtenido, calcularemos el volumen de exceso, volumen aparente y volumen molar parcial utilizando las expresiones indicadas en el fichero "Volumenes_Molares.pdf".