

Trabajo Pratico 6: Viscosidad

araceli.coceres¹, santiagotero54¹, Cecilia Zaza², and luz²

¹Affiliation not available

²Física 1 Mañana Lunes

March 13, 2018

Resumen

En este trabajo se analizaron las propiedades de un fluido de identidad desconocida, en particular su viscosidad, representada por el coeficiente de viscosidad (η) y la fuerza viscosa que se ejerce sobre un cuerpo en el seno de dicho fluido. Se trabajó con esferas metálicas de diferente radio para obtener una mayor variabilidad en los datos y poder así, mediante el estudio de los resultados obtenidos para cada una ellas, comparar el coeficiente de viscosidad con valores conocidos para así poder determinar la identidad del fluido en utilizado. Los valores obtenidos de η fueron: $24,8 \pm 10,3$ gr/s.cm, $22,1 \pm 9,05$ gr/s.cm, $21,9 \pm 18,3$ gr/s.cm y $52,8 \pm 43,3$ gr/s.cm en cuestion.

Introducción

Podemos agrupar en forma conjunta a los gases y a los líquidos bajo la denominación común de fluidos, la cual deriva de su capacidad para adquirir la forma del recipiente que los contenga. La capacidad de fluir hace que el fluido sea incapaz de soportar un esfuerzo cortante, y en condiciones estáticas la única componente de la fuerza que debe tomarse en cuenta es la que actúa en forma perpendicular a la superficie del fluido. Sin importar cuál sea la forma del fluido, las fuerzas entre el interior y el exterior actúan en todas partes en ángulo recto del fluido([Hatschek and Bingham, 1931](#)).

La magnitud de la fuerza normal por unidad de área superficial se llama *presión*. La presión es una cantidad escalar; no tiene propiedades direccionales.

La densidad (δ) es la masa (m) del elemento dividida por su volumen (V) y en general depende de factores ambientales, incluyendo la presión y la temperatura. Por lo tanto podemos asociarlos diciendo que $\delta = m/V$ (*Ecuacion 1*).

En un medio viscoso las fuerzas que actúan sobre un cuerpo son el peso (P), empuje (E) y la fuerza de viscosidad (F_v), la cual tiene una dirección contraria al desplazamiento, es proporcional a la velocidad y depende tanto de la forma y tamaño del cuerpo, como de las propiedades de la viscosidad medio (fluido). Como se muestra en la **figura 1**.

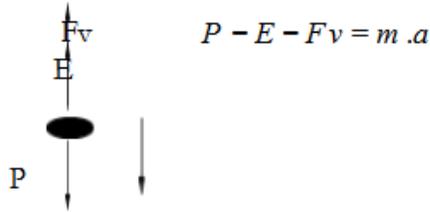


Figure 1: Diagrama de cuerpo libre para los cuerpos a estudiar, con las fuerzas que actúan sobre él.

Para el caso de las esferas, vale la Ley de Stokes (mencionada en la guía de trabajos prácticos), cuya relación para la fuerza de viscosidad se establece según:

$F_v = 6\pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_{lim}$ (**Ecuación 2**). Donde r es el radio de la esfera, v la velocidad y η el coeficiente de viscosidad del medio.

Si se parte del reposo $F_v = 0$ y a medida que aumenta la velocidad también aumenta F_v , por otro lado, disminuye la aceleración hasta que ésta se hace cero y entonces la velocidad es constante, alcanzando la velocidad límite (V_{lim}), la cual es la velocidad máxima que puede alcanzar el cuerpo en el seno del fluido, allí la $F_v = mg - E$ (**Ecuación 3**) ya que como se mencionó antes, no hay aceleración. A partir de esta **Ecuación 3** podemos expresar que:

$$v_{lim} = \frac{2\pi}{9\eta} \cdot \frac{R^3 \cdot g \cdot (\delta_c - \delta_l)}{F(R)}$$

(Ecuación 4)

Donde se observa que la V_{lim} es proporcional al radio de la esfera, la densidad del cuerpo (δ_c), la densidad del líquido (δ_l) e inversamente proporcional a η y a $F(R)$ que es la función del radio.

Con respecto a η , se puede calcular mediante la siguiente ecuación: (Considerando previamente que $F(R)$ es conocido) PREGUNTAR MAÑANA!!!!

$$h = \frac{(r_c - r_l) \cdot 2\pi \cdot g \cdot r^2}{9\eta \cdot v_{lim}}$$

englishVlim

(Ecuación 5)

Como objetivo de trabajo se quiso determinar en primera instancia la funcionalidad del radio para ello se deberá probar diferentes velocidades límites con potencias de radio para determinar el mejor ajuste y en segundo lugar se procederá a determinar el valor de η del medio utilizado a lo largo de toda la experiencia comparando los resultados obtenidos para cada una de las esferas con un η conocido por ejemplo el del detergente($\eta = 18 \text{ g/s.cm}$).

Desarrollo Experimental

El dispositivo armado para el trabajo *figura 3*, consistió en un fluido contenido en una probeta de vidrio en la cual se le introdujeron esferas metálicas de diferentes radios previamente medidos con un calibre: R1 (0.245 ± 0.001) Cm, R2 (0.215 ± 0.001) Cm, R3 (0.17 ± 0.001) Cm y R4 (0.15 ± 0.001) Cm. para poder estimar la velocidad límite de las mismas. Para ello, se filmó el desplazamiento a lo largo de la probeta con una cámara conectada a la computadora, usando el Software Avacam. Luego, se analizó el video obtenido con el Software Tracker, dicho programa permite realizar el seguimiento de un movimiento. Por lo tanto se pudo obtener los puntos de posición en función del tiempo durante toda la trayectoria de la esfera, para ello, previamente se estableció un sistemas de coordenadas y una escala teniendo en cuenta una distancia medida por un integrante del grupo en la con un instrumento manual de medición, es decir un centímetro.

Con los datos obtenidos, en el programa Origin, se procedio a realizar diferentes gráficos de las velocidades en función del tiempo del cual se obtendrá, mediante un ajuste lineal, una función lineal donde la pendiente de esta recta es el valor de la velocidad límite.

Esta metodología se realizó para cuatro esferas de distinto radio R1, R2, R3, y R4; con las velocidades límite de cada una se realizó el gráfico lineal en función del radio, de ésta pendiente se despeja el valor de η y se obtuvo la potencia del radio “F(R)”.

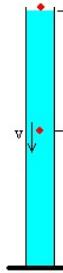


Figure 2: *Esquema del dispositivo utilizado para medir la velocidad límite, en un determinado fluido durante la práctica*

Por otro lado para obtener la densidad del fluido, se utilizó el densímetro, este introduce cuidadosamente en el líquido hasta que flote libre y verticalmente. Luego se observó en la escala graduada del densímetro su nivel de hundimiento en el líquido que indica la medida de densidad relativa del líquido . Cabe aclarar que al realizar este instrumento el equipo de trabajo se encontró con un inconveniente ya que el densímetro llegaba al fondo de la probeta y a la hora de agregar mas fluido se produjo una mezcla, dado que el fluido agregado era distinto, lo cual perjudicó los cálculos y los resultados obtenidos no fueron exactos.



Figure 3: *Esquema del densímetro sumergido en una probeta con un determinado fluido.*

Resultados y Discusión

Los datos medidos experimentalmente fueron la densidad del fluido brindado durante la experiencia que corresponde a $1,034 \text{ gm/cm}^3 \pm 0,002 \text{ gm/cm}^3$, masas y radios de las esferas metálicas, los cuales figuran en la **tabla 1**. Las velocidades obtenidas en cada caso se pueden ver en la **tabla 2**. En cuanto a los volúmenes y las densidades de cada esfera se utilizó la **Ecuación 1** y la fórmula para volúmenes esféricos (ver apéndice). La gravedad utilizada es la del laboratorio cuyo valor es de $979,6 \text{ cm/s}^2 + 0,0000003 \text{ cm/s}^2$.

Esfera	Radio esfera (cm)	[?]R (cm)	Masa esfera (gr)	[?]m (gr)	Volumen esfera (cm ³)	[?]V (cm ³)	Densidad esfera (gr/cm ³)	[?]Densidad (gr/cm ³)
1	0.25	0.0	0.52	0.01	0.06	0.0	8.44	0.37
2	0.22	0.0	0.33	0.01	0.04	0.0	7.93	0.31
3	0.17	0.0	0.16	0.01	0.02	0.0	7.77	0.62
4	0.15	0.0	0.13	0.01	0.01	0.0	9.19	0.74

Table 1: *Mediciones obtenidas de la masa, el volumen y la densidad de cada esfera con sus respectivos errores calculados mediante las propagaciones correspondientes (Ver apéndice)*

Esfera	Velocidad límite (m/s)	ΔV_{lim} (m/s)
1	12.2	0.05
2	9.85	0.03
3	6.05	0.01
4	2.38	0.01

Table 2: *Velocidades límite alcanzadas por cada esfera en el seno del fluido con sus correspondientes errores, estos resultados se corresponden con los gráficos de las figuras 4,5,6 y 7. Calculadas mediante la Ecuación 4 sabiendo ya que $F(R) = R^2$*

En la **figura 8** se procede a mostrar el gráfico obtenido para la relación entre la velocidad límite y los diferentes radios de las esferas metálicas utilizadas, mencionados en la **tabla 2**.

Ahora bien sabiendo que la potencia del radio adecuada es R^2 mediante la **Ecuación 5** se pudo calcular los valores del coeficiente de viscosidad del mismo fluido para las diferentes esferas utilizadas. Dichos resultados se encuentran a continuación en la **tabla 3**.

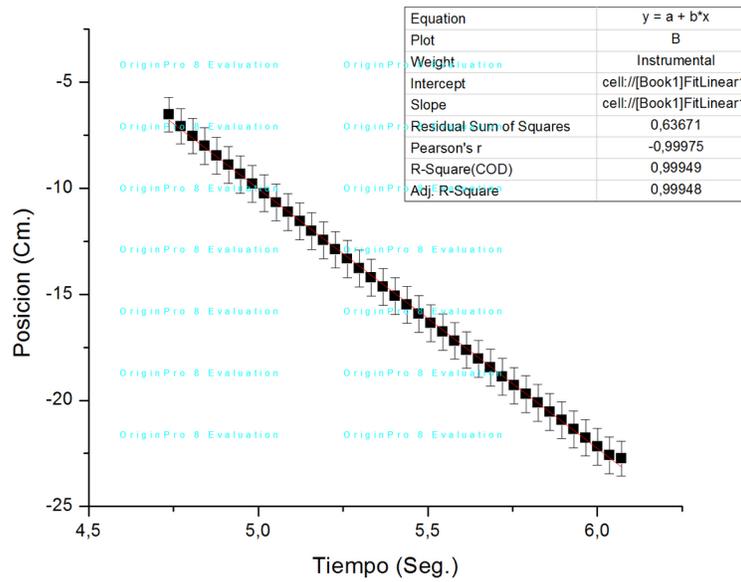


Figure 4: Gráfico de la velocidad en función del tiempo para la esfera 1. Datos obtenidos mediante el analisis del movimiento por el software de trackeo y analizados en el software Origin. De dicho mediante un analisis lineal grafico se obtuvo la velocidad limite (pendiente) del cuerpo expresado en la tabla 2.

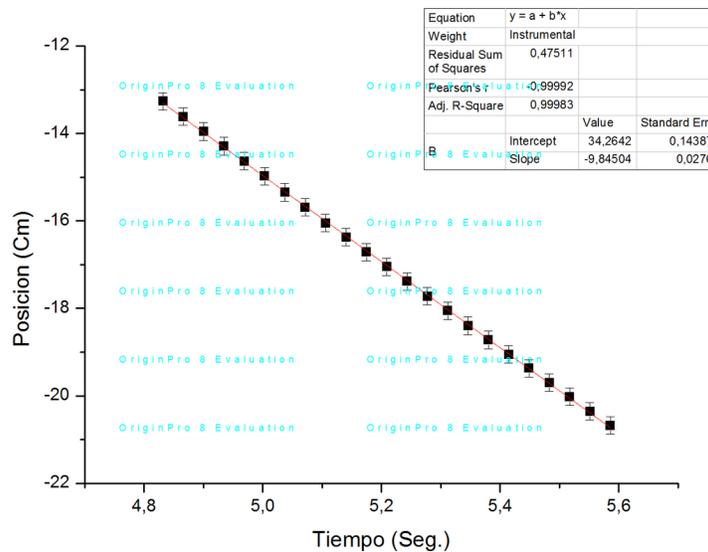


Figure 5: Gráfico de la velocidad en función del tiempo para la masa 2. Datos obtenidos mediante el analisis del movimiento por el software de trackeo y analizados en el software Origin. De dicho grafico mediante una analisis lineal se obtuvo la velocidad limite (pendiente) del cuerpo expresado en la tabla 2.

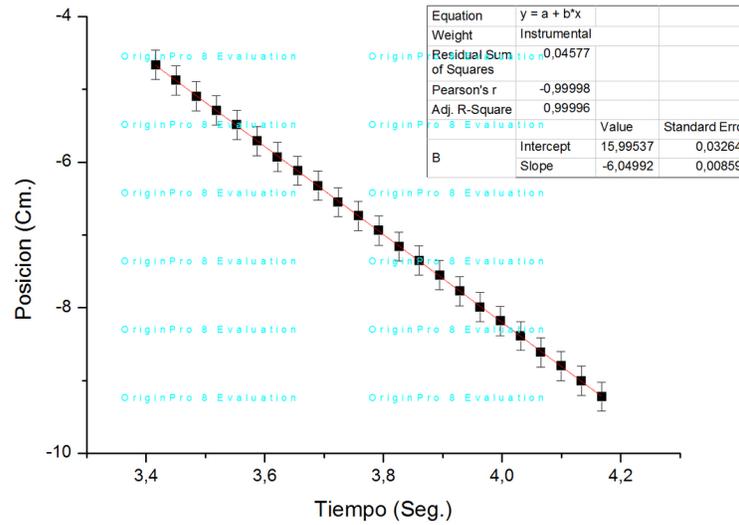


Figure 6: Gráfico de la velocidad en función del tiempo para la masa 3. Datos obtenidos mediante el analisis del movimiento por el software de trackeo y analizados en el software Origin. De dicho grafico mediante un analisis lineal se obtuvo la velocidad limite (pendiente) del cuerpo expresado en la tabla 2.

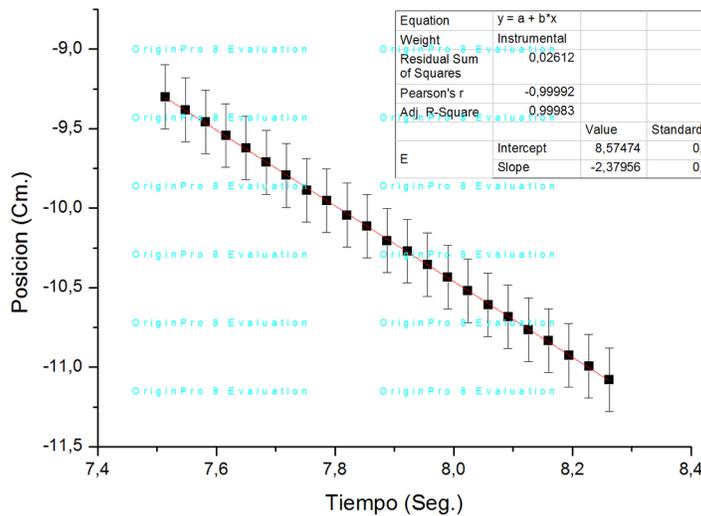


Figure 7: Gráfico de la velocidad en función del tiempo para la masa 4. Datos obtenidos mediante el analisis del movimiento por el software de trackeo y analizados en el software Origin. De dicho grafico mediante una analisis lineal se obtuvo la velocidad limite (pendiente) del cuerpo expresado en la tabla 2.

Conclusión

Una vez finalizado el análisis de datos obtenidos se concluyó, pese al error producido por el inconveniente de mezclar dos fluidos de identidad desconocida, la densidad del liquido como un todo. Los coeficientes de

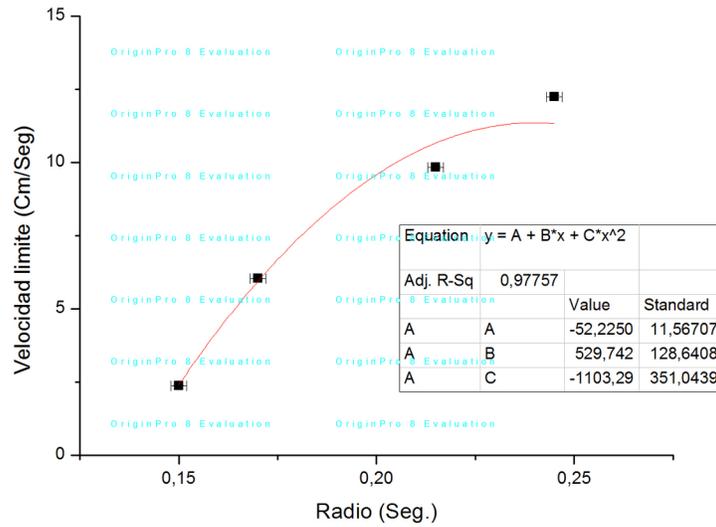


Figure 8: Gráfico de la relación velocidad límite de las diferentes esferas utilizadas vs radio de cada una de ellas. Debido a que la $F(R)$ es una dependencia del radio se puede observar que la potencia del radio que mejor ajusta es R^2

Esfera	η (g/s.cm)	$\Delta\eta$ (g/s.cm)
1	24.8	10.3
2	22.1	9.05
3	21.9	18.3
4	52.8	43.3

Table 3: Valores obtenidos del coeficiente de viscosidad (η) para cada una de las esferas calculados mediante la Ecuación 5, con sus respectivos errores.

viscosidad nos dieron distintos entre sí, véase **tabla 3**. Dedujimos que esta incongruencia tiene dos causas, ambas por suposiciones planteadas previo al experimento. La primera es suponer que la Velocidad Límite es lineal en relación con la fuerza viscosa (**Ecuación 2**); podría estar elevada a otra potencia mayor. Y en segundo lugar suponer que en la relación de $F(R)$ con R no existe ninguna constante no nula acompañando a R . En conjunto estas dos suposiciones representan, en cierta forma, esa variación del coeficiente de viscosidad el cual, se concluye, no puede ser determinado experimentalmente certeramente con los datos utilizados.

Apéndice

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$$

Figure 9: *Volumen de una esfera*

$$\Delta V = 4\pi \cdot r^2 \cdot \Delta r$$

Figure 10: *Propagación del error del volumen de la esfera*

$$\Delta \rho = \sqrt{\left(\frac{1}{Vol\ esf} \cdot \Delta m\right)^2 + \left(\frac{mesf}{Vol\ esf^2} \cdot \Delta V\right)^2}$$

Figure 11: *Propagación del error de la densidad de la esfera*

$$\Delta \eta = \sqrt{\left(\frac{2\pi \cdot g \cdot r^2}{V\ lim} \cdot \Delta \rho c\right)^2 + \left(\frac{2\pi \cdot g \cdot r^2}{V\ lim} \cdot \Delta \rho l\right)^2 + \left(2 \cdot \left(\frac{(\rho c - \rho l) \cdot 2\pi \cdot g \cdot r}{V\ lim} \cdot \Delta r\right)^2 + \left(\frac{(\rho c - \rho l) \cdot 2\pi \cdot g \cdot r^2}{V\ lim^2} \cdot \Delta V\ lim\right)^2}$$

Figure 12: *Propagación del error de η .*

References

Emil Hatschek and Eugene C. Bingham. The Viscosity of Liquids. *Journal of Rheology*, 2(2):235–236, apr 1931. doi: 10.1122/1.2116371. URL <https://doi.org/10.1122/2F1.2116371>.