

MF-FIL-CyTA

Filtración

ÍNDICE

1. OBJETIVO	1
2. FUNDAMENTO TEÓRICO	1
2.1. Filtración a ΔP constante	4
3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	5
3.1. Determinación de las Propiedades de la torta	6
3.2. Determinación experimental de los parámetros α y V_e del filtro	6

1. OBJETIVO

El objetivo de la siguiente práctica es comprender la operación de filtración, así como aprender a obtener diversos parámetros del proceso de manera experimental, los cuales nos van a permitir el diseño de la operación a escala industrial.

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

La filtración es una operación básica mecánica, consistente en la separación de partículas sólidas de una suspensión alimento, mediante un medio filtrante que deja pasar el líquido y retiene el sólido. En los instantes iniciales de la operación, tiene lugar la deposición de partículas en las capas superficiales del soporte, formándose así progresivamente un lecho poroso, a través del cual circula el fluido, denominado torta filtrante o de filtración; mientras que por su parte el líquido resultante recibe el nombre de filtrado. Puesto que la torta se establece gradualmente conforme avanza la filtración, la resistencia al flujo que ésta ofrece también se verá incrementada con el tiempo de filtrado.

Esta operación se emplea para clarificar líquidos por eliminación de pequeñas cantidades de partículas sólidas. Se trata de una técnica ampliamente desarrollada en la industria alimentaria en procesos de tratamiento de zumos, vinos, licores, cervezas, aceites, productos lácteos, caldos y demás jarabes.

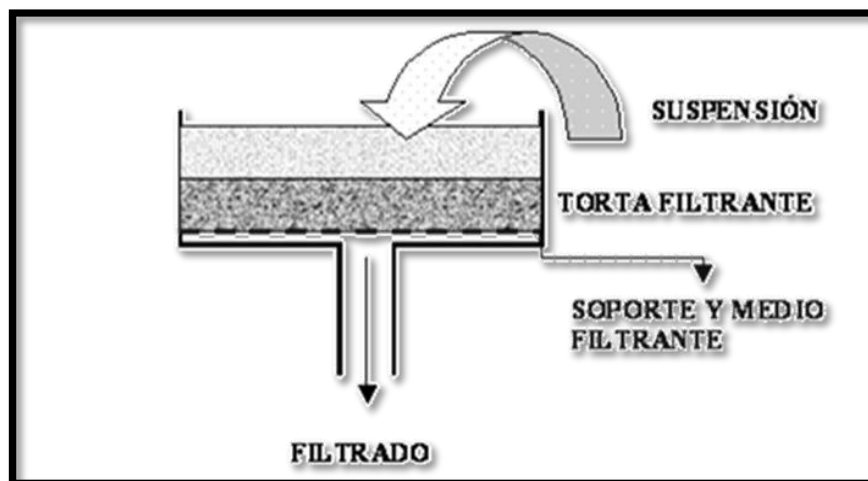


Figura 1. Principio de filtración.

En general, los poros del medio filtrante tendrán una forma tortuosa y serán mayores que las partículas que deben separarse, operando el filtro de forma eficaz únicamente después de que un depósito de sólido inicial haya sido retenido en el medio.

Para llevar a cabo esta técnica, existen en el mercado gran variedad de filtros, siendo el más adecuado, al igual que ocurre con las condiciones de óptimas de operación, función de diversos factores entre los que cabe destacar los siguientes:

- Naturaleza del sólido: Tamaño y forma de las partículas, distribución de tamaños y características del relleno.
- Características del fluido, especialmente viscosidad, densidad y propiedades corrosivas de éste.
- Concentración de sólidos en la suspensión a filtrar.
- Cantidad de materia a tratar y su valor.
- Si el producto que interesa es el sólido, el fluido o ambos.
- Caudal de suspensión a tratar.
- Necesidad de lavado del sólido filtrado.

Los factores más importantes de los que depende la velocidad de filtración son:

- El área de superficie filtrante.
- La caída de presión de la alimentación hasta el lado más lejano del medio filtrante.
- La viscosidad del filtrado.
- La resistencia de la torta filtrante.
- La resistencia del medio filtrante y de las capas iniciales de torta.

La función del medio filtrante es, generalmente, la de actuar como soporte para la torta filtrante mientras las capas iniciales de la misma proporcionan un verdadero filtro. El medio filtrante debe ser mecánicamente fuerte, resistente a la acción corrosiva del fluido y debe ofrecer tan poca resistencia como sea posible al flujo de filtrado. Normalmente, se utilizan tejidos, aunque para la filtración de líquidos corrosivos en unidades discontinuas los materiales granulares y sólidos porosos resultan muy útiles.

Una característica importante en el caso de operar con un tejido, es la selección de éste, dado que debe tratarse de un tejido que presente una gran facilidad de separación de la torta, por lo que es un factor clave para el buen funcionamiento de las unidades automáticas existentes en la industria.

Existen casos en los que los sólidos a filtrar son muy finos y forman una torta densa e impermeable, obstruyendo rápidamente cualquier medio filtrante que sea lo suficientemente fino para retenerlos. La filtración práctica de estos materiales exige que la porosidad de la torta aumente de forma que permita el paso del fluido con una velocidad razonable. Esto se logra añadiendo un coadyuvante de filtración, como pueden ser la tierra de diatomeas, perlitas, celulosa de madera purificada, carbón u otros materiales porosos inerte a la suspensión antes de la filtración. Una vez finalizada la filtración, son la disolución de sólidos y la incineración, los métodos habituales para separar el coadyuvante de la torta. En el supuesto en el cual la torta carezca de valor, se desecha junto con el coadyuvante.

Otra forma de emplear el coadyuvante de filtración es mediante pretratamiento, es decir, depositando previamente a la filtración una capa del mismo sobre el medio filtrante. En los filtros discontinuos la capa de material es generalmente fina, mientras que en los filtros continuos, dicha capa de material es gruesa y la parte superior de la misma se retira de forma continua con una rasqueta para volver a exponer una superficie de filtración fresca.

Para vencer la resistencia que oponen la torta y el medio filtrante a la circulación de la fase líquida ha de establecerse una diferencia de presiones entre ambos lados del medio filtrante (fuerza impulsora). En función de cómo se obtenga esta diferencia de presiones, los filtros se pueden clasificar en tres grupos:

- Filtros a presión: son aquellos en los que el filtrado se encuentra a presión atmosférica, encontrándose el alimento a una presión superior a ésta.
- Filtros a vacío: son aquellos filtros en los que la alimentación se encuentra a presión atmosférica mientras que el filtrado se encuentra a una presión menor, que se consigue haciendo vacío.
- Filtros centrífugos: en este tipo de filtros la diferencia de presiones se consigue por efecto de la fuerza centrífuga desarrollada cuando el filtro (cilíndrico) gira sobre su eje a velocidad elevada.

Como se ha comentado previamente, a medida que avanza el proceso de filtración aumenta el espesor de la torta, por lo que la resistencia al paso del fluido será cada vez mayor, pudiéndose llevar a cabo la operación de las siguientes formas:

- Filtración a presión constante: La velocidad de flujo disminuye progresivamente, por lo que el caudal de filtrado disminuye con el tiempo.
- Filtración a caudal constante: Para mantener la velocidad de filtrado constante debemos aumentar la presión progresivamente.

El caudal de filtrado por unidad de superficie transversal de filtro puede expresarse de la siguiente forma:

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = \frac{\text{Fuerza impulsora}}{\text{Resistencia}} = \frac{\Delta P}{R_t + R_f} \quad (2.1)$$

Donde A representa la superficie del medio filtrante; V, el volumen de filtrado; t, el tiempo; ΔP , la diferencia de presión entre ambos lados del medio filtrante; y R_t y R_f son respectivamente, las resistencias de la torta y del medio filtrante.

Obteniéndose la resistencia ofrecida por la torta mediante la siguiente expresión:

$$R_t = \frac{\alpha \mu W V}{A} \quad (2.2)$$

Siendo μ la viscosidad del fluidos; W la masa de sólidos retenidos en el filtro por unidad de volumen filtrado, y α la resistencia específica de la torta.

Por su parte, la resistencia ofrecida por el medio filtrante se asimila a la de una torta ficticia cuya resistencia se expresa, de acuerdo con la ecuación anterior de la siguiente forma:

$$R_f = \frac{\alpha\mu WV_e}{A} \quad (2.3)$$

Donde el volumen de filtrado equivalente (V_e), es el volumen de líquido que debe filtrarse para obtener una torta de resistencia igual a la del medio filtrante real.

Al sustituir las expresiones de las resistencias de la torta y del medio filtrante en la ecuación del caudal de filtrado, obtenemos:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\frac{\alpha\mu W}{A^2} (V+V_e)} \quad (2.4)$$

Dado que los ensayos experimentales se van a llevar a cabo a presión constante, ésta se procederá a desarrollar con más detalle en el siguiente punto.

2.1. Filtración a ΔP constante

En el caso en el que ΔP se mantenga constante durante el proceso de filtración, al dividir ambos miembros de la ecuación anterior por V e integrando, se obtiene la siguiente expresión:

$$t = \frac{\alpha\mu W}{\Delta P A^2} \left(VV_e + \frac{V^2}{2} \right) \quad (2.1.1.)$$

Dicha expresión permite calcular el tiempo de filtrado necesario para la obtención de un volumen de filtrado determinado.

Por su parte, los valores de los parámetros α y V_e , se pueden obtener experimentalmente mediante la filtración a ΔP constante llevada a cabo en un filtro de superficie conocida, dado que al dividir los dos miembros de la ecuación anterior (2.1.1.), se obtiene:

$$\frac{t}{V} = \frac{\alpha\mu W}{\Delta P A^2} \left(V_e + \frac{V}{2} \right) \quad (2.1.2.)$$

Mediante la representación gráfica, tal como se muestra en la Figura 2, de la linealización de la ecuación anterior (2.1.2.), se pueden obtener de acuerdo a las siguientes expresiones, los valores de los parámetros α y V_e del filtro:

$$m = \frac{\alpha \mu W}{\Delta P 2A^2} \quad (2.1.3.)$$

$$b = \frac{V_e W \mu \alpha}{\Delta P A^2} \quad (2.1.4.)$$

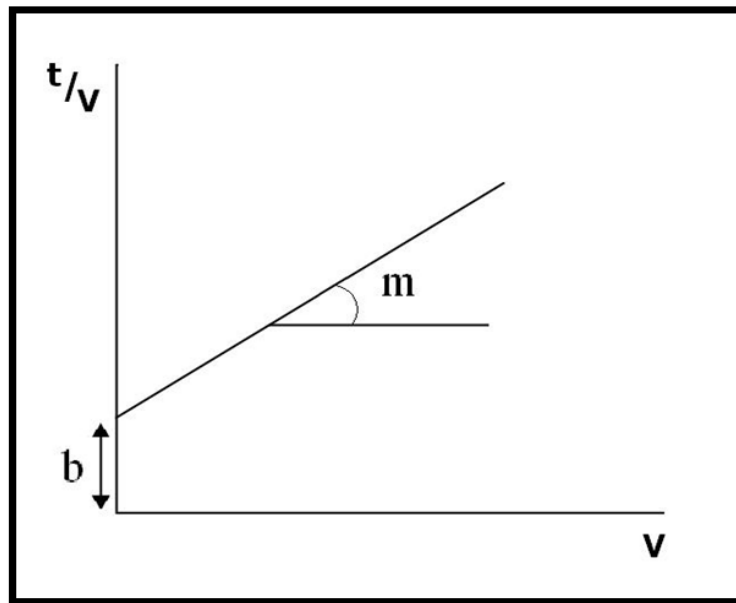


Figura 2. Obtención experimental de los parámetros α y V_e , a partir de la representación gráfica de los datos obtenidos en un experimento con ΔP constante.

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para la realización de la práctica se van a llevar a cabo dos ensayos de filtración a vacío de un jarabe alimenticio compuesto por una fase líquida de agua y una fase sólida de café molido. Contando dicho jarabe con una concentración $C_s = 35\text{g/L}$. En cada uno de los ensayos, emplearemos un embudo Büchner (diámetro del filtro = 12 cm), acoplado con una junta de goma, a un matraz kitasato, el cual se conecta a una toma de vacío como se indica a continuación en la Figura 3.

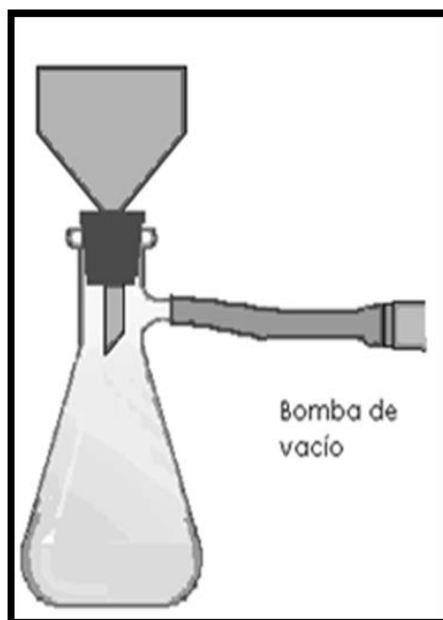


Figura 3. Instalación experimental.

3.1. Determinación de las Propiedades de la torta

Para llevar a cabo este apartado, se utiliza 1 litro de una disolución acuosa de café de concentración conocida ($C_s = 35\text{g/L}$). Mediante la filtración de esta suspensión, se obtendrá una torta compuesta de dicho alimento.

Para ello, una vez preparada la instalación tal como se muestra en la Figura 3, se coloca un papel de filtro, el cual debemos haber recortado previamente (de forma que tape todos los huecos del Büchner, sin que quede levantado por las paredes). De manera previa a la filtración, el papel debe humedecerse con agua para fijarlo correctamente.

Una vez colocado correctamente el filtro en el Büchner, se abre la llave de vacío y se procede a verter poco a poco, la disolución jarabe por toda la superficie del embudo (con el fin de obtener un grosor de torta lo más homogéneo posible).

Una vez se ha vertido lentamente todo el jarabe, dejamos filtrando durante 10 minutos, con el fin de obtener el mayor volumen de filtrado. Tiempo tras el cual cerramos la toma de vacío y medimos el espesor de la torta. Transcurrido este tiempo, se cierra la toma de vacío y se pesa la torta obtenida.

Por otra parte, se mide el volumen de filtrado recogido en el matraz kitasato con la ayuda de una probeta.

3.2. Determinación experimental de los parámetros α y V_e del filtro

Para llevar a cabo este apartado, vamos a emplear un litro de disolución jarabe de concentración conocida ($C_s = 35\text{ g/L}$). Dicho jarabe se filtra en 10 etapas con la finalidad de obtener los valores experimentales necesarios ($V =$ Volumen de filtrado y $t =$ tiempo durante el cual obtenemos filtrado), que serán recogidos en una tabla, para

poder calcular tras la representación de los mismos, los parámetros α y V_e del filtro empleado.

Para realizar el ensayo se preparará la instalación tal como se comenta en el punto anterior, se coloca un papel de filtro en el Büchner, se abre la llave de vacío y se procede a comenzar el filtrado.

Durante la realización del ensayo, se mantendrá constante la presión de filtración entre ambas caras de la superficie filtrante, registrándose los tiempos de filtración para los distintos volúmenes de filtrado recogidos.