

Escuela: ETOA

Docente: Gaitan María Cristina.

Año: 6º 2. Ciclo Orientado Química.

Turno: mañana.

Área curricular: Operaciones Unitarias y Control de proceso I.

Título: Evaporación.

Guía N°: 10

Capacidades a desarrollar:

El alumno pueda conocer y analizar los contenidos relacionados con evaporación. Participar activamente en la producción escrita de la guía pedagógica.

DESARROLLO

En la evaporación se elimina el vapor formado por ebullición de una solución líquida de la que se obtiene una **solución más concentrada**. En la gran mayoría de los casos, la operación unitaria de evaporación se refiere a la eliminación de agua de una solución acuosa.

Entre los ejemplos típicos de procesos de evaporación están la concentración de soluciones acuosas de azúcar, cloruro de sodio, hidróxido de sodio, glicerina, gomas, leche y jugo de naranja. En estos casos, la solución concentrada es el producto deseado y el agua evaporada suele desecharse. En otros, el agua que contiene pequeñas cantidades de minerales se evapora para obtener agua libre de sólidos que se emplea en la alimentación de calderas, para procesos químicos especiales, o para otros propósitos. Actualmente se están desarrollando y usando procesos de evaporación de agua de mar para obtener agua potable.

CONSIDERACIONES DEL PROCESO

Las propiedades físicas y químicas de la solución que se está concentrando y del vapor que se separa tienen un efecto considerable sobre el tipo de evaporador que debe usarse y sobre la presión y la temperatura del proceso. A continuación se analizan algunas propiedades que afectan a los métodos de procesamiento.

- **Concentración en el líquido:** por lo general, la alimentación líquida a un evaporador es bastante diluida, por lo que su viscosidad, bastante baja, es similar a la del agua y se opera con coeficientes de transferencia de calor bastante altos. A medida que se verifica la evaporación, la solución se concentra y su viscosidad puede elevarse notablemente, causando una marcada disminución del coeficiente de transferencia de calor. Se requiere

entonces una circulación o turbulencia adecuada para evitar que el coeficiente se reduzca demasiado.

- **Solubilidad:** medida que se calienta la solución y aumenta la concentración del soluto o sal, puede excederse el límite de solubilidad del material en solución y se formaran cristales. Esto limita la concentración máxima que puede obtenerse por evaporación de la solución. En la mayoría de los casos, la solubilidad de la sal aumenta con la temperatura. Esto significa que, al enfriar a temperatura ambiente una solución concentrada caliente que proviene de un evaporador puede presentarse una cristalización.
- **Sensibilidad térmica de los materiales:** muchos productos, en especial los alimentos y otros materiales biológicos, son sensibles a la temperatura y se degradan cuando ésta sube o el calentamiento es muy prolongado. Entre ellos están los materiales farmacéuticos; productos alimenticios como leche, jugo de naranja y extractos vegetales; y materiales químicos orgánicos delicados. La cantidad de degradación está en función de la temperatura y del tiempo.
- **Formación de espumas:** en algunos casos, los materiales constituidos por soluciones cáusticas, soluciones de alimentos como leche desnatada y algunas soluciones de ácidos grasos, forman espuma durante la ebullición. Esta espuma es arrastrada por el vapor que sale del evaporador y puede producir pérdidas de material.
- **Presión y temperatura:** el punto de ebullición de la solución está relacionado con la presión del sistema. Cuanto más elevada sea la presión de operación del evaporador, mayor será la temperatura de ebullición. Además, la temperatura de ebullición también se eleva a medida que aumenta la concentración del material disuelto por la acción de la evaporación. Para mantener a un nivel bajo la temperatura de los materiales termosensibles suele ser necesario operar a presiones inferiores a 1 atm, esto es, al vacío.
- **Formación de incrustaciones y materiales de construcción:** algunas soluciones depositan materiales sólidos llamados incrustaciones sobre las superficies de calentamiento. Estas incrustaciones se forman a causa de los productos de descomposición o por disminución de la solubilidad. El resultado es una reducción del coeficiente de transferencia de calor, lo que obliga a limpiar el evaporador. La selección de los materiales de construcción del evaporador tiene importancia en la prevención de la corrosión.

TIPOS DE EQUIPOS DE EVAPORACION

La evaporación consiste en la adición de calor a una solución para evaporar el disolvente que, por lo general, es agua. Usualmente, el calor es suministrado por condensación de un vapor (como vapor de agua) en contacto con una superficie metálica, con el líquido del otro lado de dicha superficie. El tipo de equipo usado depende tanto de la configuración de la

superficie para la transferencia de calor como de los medios utilizados para lograr la agitación o circulación del líquido. A continuación se analizan los tipos generales de equipo.

1. **Marmita abierta o artesa:** es la forma más simple de un evaporador en la cual se hierve el líquido. El suministro de calor proviene de la condensación de vapor de agua en una chaqueta o en serpentines sumergidos en el líquido. En algunos casos, la marmita se calienta a fuego directo. Estos evaporadores son económicos y de operación simple, pero el desperdicio de calor es excesivo. En ciertos equipos se usan paletas o raspadores para agitar el líquido.
2. **Evaporador de tubos horizontales con circulación natural:** el banco horizontal de tubos de calentamiento es similar al banco de tubos de un intercambiador de calor. El vapor de agua entra a los tubos se condensa; el condensado sale por el otro extremo de los tubos. La **solución a ebullición está por fuera de ellos**. El vapor se desprende de la superficie líquida; después, casi siempre se hace pasar por dispositivos de tipo deflector para impedir el arrastre de gotas de líquido y sale por la parte. Este equipo, relativamente económico, puede utilizarse para **líquidos no viscosos con altos coeficientes de transferencia de calor y para líquidos que no formen incrustaciones**. Puesto que la circulación del líquido no es muy buena, son poco adecuados para materiales viscosos. En casi todos los casos, tanto este evaporador como los que se estudian después operan con régimen continuo, con alimentación a velocidad constante y salida de concentrado a velocidad constante.
3. **Evaporador vertical con circulación natural:** en este tipo de evaporador se usan tubos verticales en lugar de horizontales y el líquido está dentro de los tubos, por lo que el vapor se condensa en el exterior. Debido a la ebullición y a la disminución de densidad, el líquido se eleva en los tubos por circulación natural, y fluye hacia abajo a través de un espacio central abierto grande, o bajada. Esta circulación natural incrementa el coeficiente de transferencia de calor. **No es útil con líquidos viscosos**. Este equipo se llama con frecuencia evaporador de tubos cortos. Una variación de este modelo es el **evaporador de canasta, que usa tubos verticales, pero el elemento de calentamiento se cuelga en el cuerpo, de tal manera que haya un espacio anular que sirva de bajada**. El modelo de canasta difiere del evaporador vertical de circulación natural, pues éste tiene un espacio central en vez del anular como bajada. Este tipo se usa con frecuencia en las industrias del azúcar, la sal y la sosa cáustica.
4. **Evaporador vertical de tubos largos:** puesto que el coeficiente de transferencia de calor del lado del vapor es muy alto en comparación con el del lado del líquido que se evapora, es conveniente contar con velocidades altas para el líquido. En un evaporador de tipo vertical

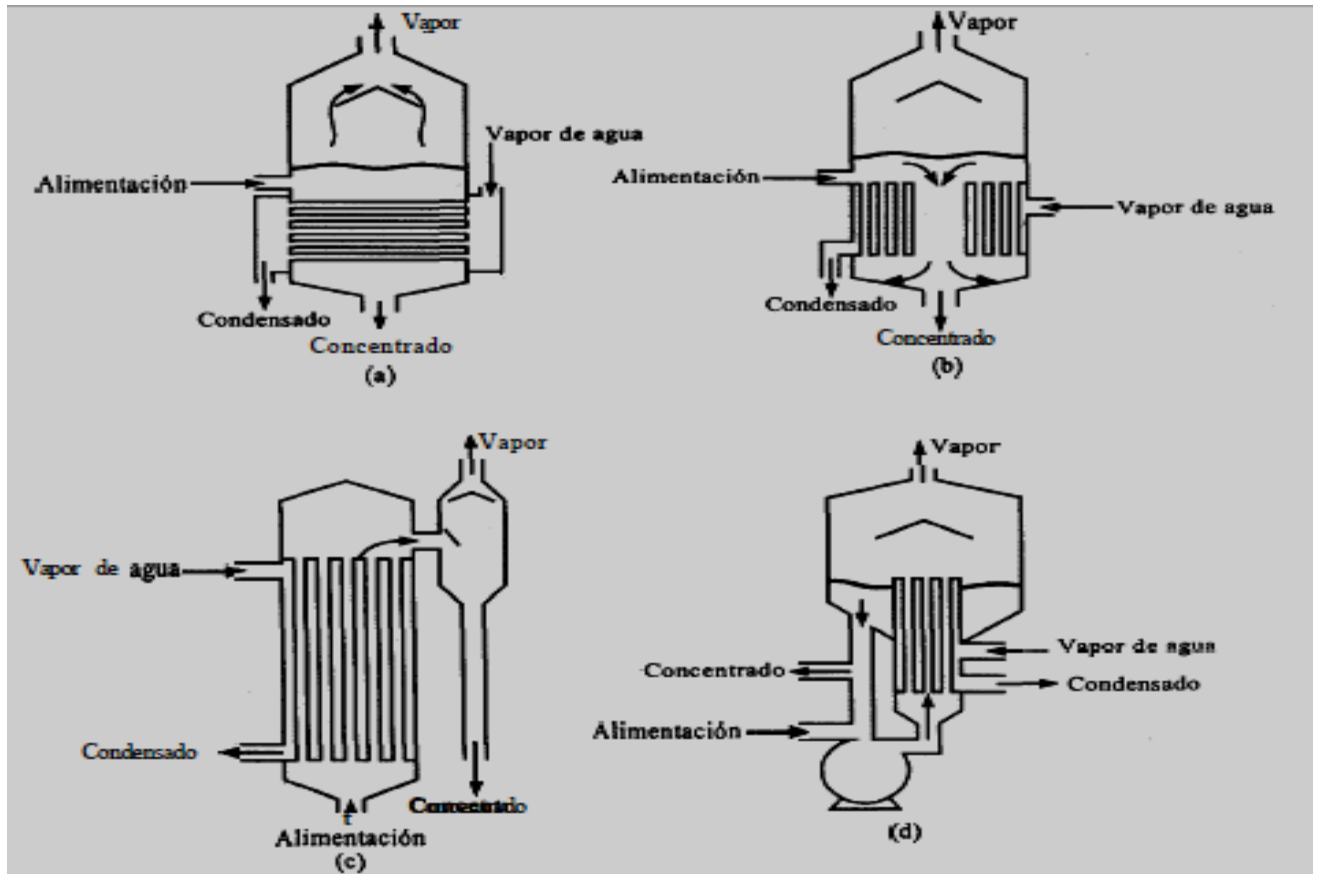
con tubos largos, el líquido está en el interior de los tubos. Estos miden de **3 a 10 m de alto**, lo que ayuda a obtener velocidades de líquido muy altas. Por lo general, el líquido pasa por los tubos una sola vez y no se recircula. Los tiempos de contacto suelen ser bastante breves en este modelo. En algunos casos, como cuando la relación entre la velocidad de alimentación y la velocidad de evaporación es baja, puede emplearse recirculación natural del producto a través del evaporador, añadiendo una conexión de tubería entre la salida del concentrado y la línea de alimentación. Éste es un método muy común en la producción de leche condensada.

5. Evaporador de caída de película: una variación del modelo de tubos largos es el evaporador de caída de película, en el cual el líquido se alimenta por la parte superior de los tubos y fluye por sus paredes en forma de película delgada. Por lo general, la separación de vapor y líquido se efectúa en el fondo. Este modelo se usa mucho para la concentración de materiales sensibles al calor, como jugo de naranja y otros zumos de frutas, debido a que el tiempo de retención es bastante bajo (entre 5 y 10 s) y el coeficiente de transferencia de calor es alto.

6. Evaporador de circulación forzada: el coeficiente de transferencia de calor de la película líquida puede aumentarse por bombeo provocando una circulación forzada del líquido en el interior de los tubos. Para esto se emplea el modelo de tubos verticales largos añadiendo una tubería **conectada a una bomba** entre las líneas de salida del concentrado y la de alimentación. Sin embargo, los tubos de un evaporador de circulación forzada suelen ser más cortos que los tubos largos. Además, en otros casos se usa un intercambiador de calor horizontal externo e independiente. **Este modelo es muy útil para líquidos viscosos.**

7. Evaporador de película agitada. La principal resistencia a la transferencia de calor en un evaporador corresponde al líquido. Por tanto, un método para aumentar la turbulencia de la película líquida y el coeficiente de transferencia de calor, consiste en la agitación mecánica de dicha película. Esto se lleva a cabo en un evaporador de caída de película modificado, usando un solo tubo grande enchaquetado que contiene un agitador interno. El líquido penetra por la parte superior del tubo y a medida que fluye hacia abajo se dispersa en forma de película turbulenta por la acción de aspas de agitación vertical. La solución concentrada sale por el fondo y el vapor pasa por un separador para salir por la parte superior. Este tipo de evaporador **es práctico para materiales muy viscosos**, pues el coeficiente de transferencia de calor es mayor que en los modelos de circulación forzada. Se usa para materiales viscosos sensibles al calor como látex de caucho, gelatina, antibióticos y jugos de frutas Sin embargo, tiene costo alto y capacidad baja.

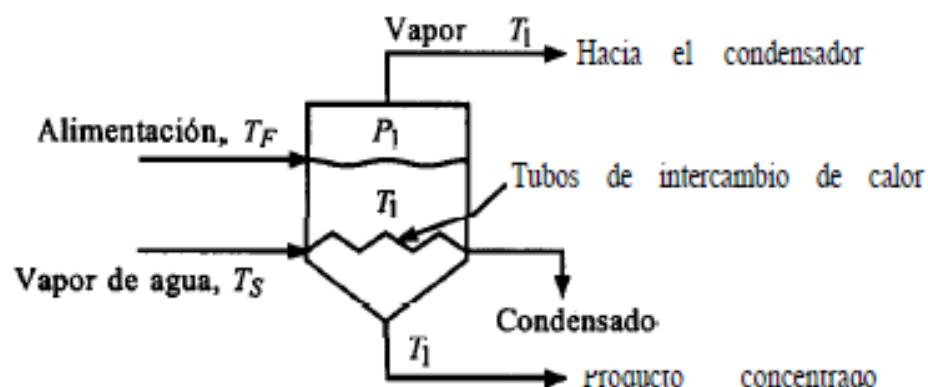
8. **Evaporador solar de artesa abierta.** Un proceso muy antiguo pero que todavía se usa es la evaporación solar en artesas abiertas. El agua salina se introduce en artesas o bateas abiertas y se deja evaporar lentamente al sol hasta que cristalice.



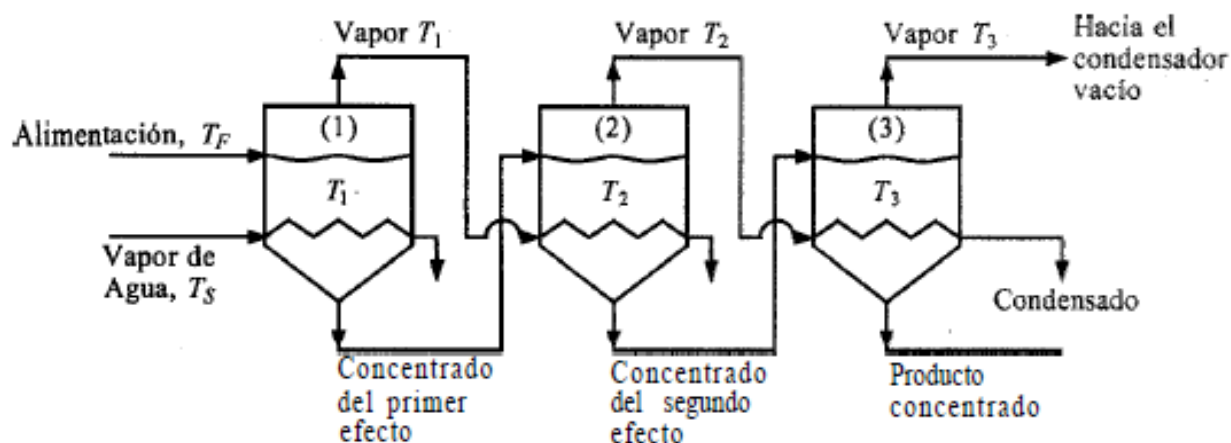
Diferentes tipos de evaporadores: a) de tubos horizontales, b) de tubos verticales, c) de tubos largos verticales, d) de circulación forzada.

Métodos de operación para evaporadores

Evaporador de simple efecto: Un evaporador de efecto simple desperdicia bastante energía, pues el calor latente del vapor que sale no se utiliza.



Evaporadores de efecto múltiple: en un evaporador de efecto simple como el que se muestra la figura anterior, desperdicia bastante energía, pues el calor latente del vapor que sale no se utiliza. No obstante, una buena parte de este calor latente se recupera y se utiliza al emplear evaporadores de efecto múltiple.



Actividades:

1. ¿Qué es la evaporación?
2. ¿Qué se necesita para aumentar el coeficiente de calor a medida que se concentra la solución?
3. ¿Qué tipo de materiales tienen sensibilidad térmica y como se suele operar?
4. ¿Por qué es importante considerar las incrustaciones y materiales de construcción en los evaporadores?
5. Mencione la disposición de circulación de los fluidos en el evaporador de tubo horizontal con circulación natural?
6. ¿Qué tipo de evaporador se utiliza para leche condensada y materiales sensibles al calor como zumo de frutas?
7. ¿Qué tipo de evaporador se emplea para materiales muy viscosos?
8. ¿En qué se fundamenta el empleo de evaporadores de efecto múltiples?

Mail: mcrqaitan@gmail.com

Director: Grosso Jorge.