

ESTUDIO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DESTILACIÓN, ASÍ COMO SU CLASIFICACIÓN; ESIQIE-IPN

Jorge Rivera Elorza

*Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas,
Instituto Politécnico Nacional*
riej123204@yahoo.com.mx

Ivonne Yesenia Hernández González

*Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas,
Instituto Politécnico Nacional*
ivonneyeseniahg@yahoo.com.mx

Juan Luis Del Rio Segovia

*Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas,
Instituto Politécnico Nacional*
jl.del.rio@hotmail.com

Resumen

La Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas (ESIQIE-IPN) cuenta con la academia de Operaciones Unitarias, la cual es considerada la columna vertebral de las carreras en ingeniería química industrial e ingeniería química petrolera; en ella se imparte la unidad de aprendizaje de destilación, cuya relevancia ha dado origen al presente trabajo, donde se expone una semblanza de los orígenes de la misma y una breve explicación sobre los diferentes tipos de destilación partiendo de lo simple a lo más complicado, así como, algunas de sus aplicaciones más conocidas.

Palabras clave: Destilación, presión, flash, diferencial, rectificación, azeotrópica, extractiva, reactiva.

Dada su gran importancia, la destilación es una de las unidades de aprendizaje presentes en los programas de estudio en las carreras de ingeniería química industrial e ingeniería química petrolera. La finalidad de la recopilación que se realiza acerca de los diferentes tipos de destilación y su clasificación, es debida a la necesidad de

conocer dicha operación unitaria la cual tiene tanta relevancia en la industria.

La destilación es una operación unitaria que sirve para separar los componentes de una mezcla con base en sus diferentes presiones de vapor. En la destilación se pueden separar mezclas en sus componentes individuales,

entre más lejanas sean las temperaturas de ebullición de los componentes que componen la mezcla a separar, la operación será más fácil de realizar. Esta técnica de separación es comúnmente utilizada en la industria de procesos químicos; con esta se realizan de 90 a 95% de las separaciones en la industria, tal como la separación del crudo de petróleo en gasolinas, keroseno, diésel, entre otros (Wankat, 2008). Esta técnica de separación fue nombrada “destillare” por la palabra del latín que significa “goteo hacia abajo” (Stichlmair, 1998).

Historia.

El arte de la destilación ha sido conocido desde la antigua Grecia, no obstante, esta opinión nunca ha sido probada por los historiadores (Stichlmair, 1998).

En el siglo XI el conocimiento de la destilación fue usado en el norte de Italia para la producción de bebidas alcohólicas. El desarrollo de equipo para destilación ha sido influenciado por el campo de esta aplicación. Un interesante equipo de destilación (figura 1) fue usado para la destilación de alcohol por lotes. El calor se suministraba al líquido por medio de un rehervidor (a) construido dentro del horno (b), y el vapor formado se condensaba en dos refrigerantes (c). El agua de enfriamiento era cambiada periódicamente, el único proceso visible era el goteo del condensado en el primer colector (d). El condensado de la primera destilación podía recircularse al rectificador (e). El vapor así producido era también condensado en los dos refrigerantes (c). Un líquido con un alto contenido de alcohol era colectado en un segundo colector (f). (Stichlmair, 1998)

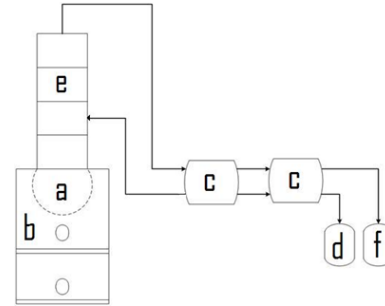


Figura 1. Equipo de destilación usado para la destilación de alcohol por lotes. a) Rehervidor, b) Horno, c) Refrigerantes, d) Primer colector, e) Rectificador, f) Segundo colector (Stichlmair, 1998).

Diferentes tipos y clasificación.

Destilación flash: La destilación flash o de equilibrio, se lleva a cabo en una sola etapa, en este proceso se vaporiza parcialmente una fracción de la mezcla que se desea separar, de tal manera que el vapor que se forma está en equilibrio termodinámico con el líquido, asimismo los componentes más volátiles se concentran en el vapor mientras que los componentes menos volátiles lo harán en la fracción líquida.

La destilación flash es uno de los procesos de separación más simples y esta puede llevarse a cabo por lotes o en forma continua (Treybal, 2003), su nombre se debe a que al entrar la alimentación de la mezcla su vaporización es extremadamente rápida (Wankat, 2008).

En la figura 2, se puede observar el diagrama de una destilación flash; la mezcla líquida se somete a presión, se calienta y se hace pasar por una válvula de control para entrar al separador instantáneo. Debido a la gran caída de presión parte de la mezcla líquida se vaporiza.

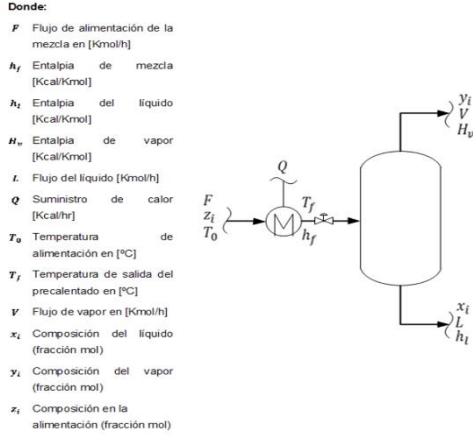


Figura 2. Diagrama de una destilación flash.

Destilación diferencial: En este tipo de separación se introduce la mezcla líquida en el rehervidor del destilador (figura 3) y se somete a calentamiento, de tal manera que los vapores producidos se extraen enviándolos a un condensador. En este proceso las composiciones del vapor y el líquido no son constantes en todo el proceso debido a que la primera porción de vapor condensado es más rica en el componente más volátil pero a medida que se sigue vaporizando la mezcla el producto vaporizado es más pobre en el compuesto más volátil (Geankoplis, 2010). Por lo tanto, al final de la operación tendremos un destilado con una composición promedio y un sobrante denominado residuo (Treybal, 2003).

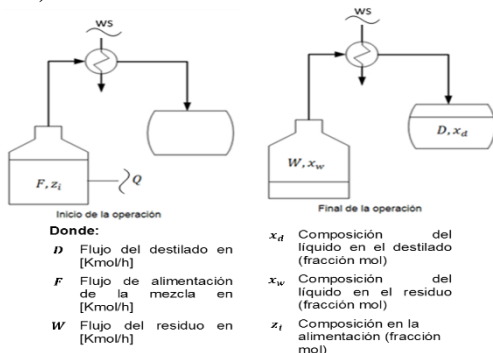


Figura 3. Destilación diferencial.

Destilación con rectificación: Debido a que en algunas de las separaciones por destilación flash y diferencial no se obtienen compuestos de alta pureza para mezclas de puntos de ebullición cercanos o se requieren varias destilaciones consecutivas para el propósito, desde el siglo XV, para la obtención de un mayor contenido de alcohol, se tenía que realizar una segunda destilación (Stichlmair, 1998). Entonces es que surge la rectificación fraccionada o por etapas. Este proceso se lleva a cabo como si se tuvieran varios equipos flash en un arreglo de cascada en contracorriente de tal manera que los productos vapor y líquido de cada etapa fluyen en contracorriente como el ilustrado en la figura 4 (Geankoplis, 2010). La destilación por rectificación se refiere al proceso por el cual se logra un cambio mayor de concentración después del primer paso de evaporación. Este proceso se puede llevar a cabo de forma continua o por lotes según las condiciones y tipo de pureza que es requerido.

La fabricación de un arreglo en cascada como el ilustrado en la figura 4, es demasiado cara por lo tanto en un solo equipo se acoplan diferentes etapas o platos, a este tipo de equipo se le denomina columna de platos.

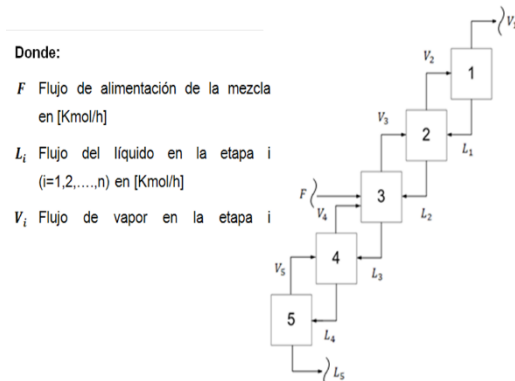


Figura 4. Arreglo en cascada de destilación flash en contracorriente (Wankat, 2008).

Una columna de platos está constituida por una serie de etapas colocadas una sobre otra a lo largo de toda la columna. Esto con el fin de tener un íntimo contacto entre las dos fases (Perry, 2001). Los diámetros de estas columnas pueden variar desde un pie (0.3 metros) hasta más de 30 pies (nueve metros) (Mc Cabe, 1996).

Para lograr una mejor operación de rectificación, ya sea por lotes o continua, se usa un reflujo, esto es que por la parte superior de la columna se retorna una parte del destilado condensado con el fin de tener contacto entre las dos fases liquido-vapor. En el fondo de la columna se cuenta con un rehervidor que puede ser total o parcial para tener un vapor que entre en la columna.

Una columna de destilación está formada por una zona de enriquecimiento donde la sustancia más volátil se enriquece y una zona de agotamiento donde la sustancia más volátil se empieza a agotar; como se muestra en la figura 5.

Donde:

- D Flujo del destilado en [Kmol/h]
- F Flujo de alimentación de la mezcla [Kmol/h]
- W Flujo del residuo en [Kmol/h]

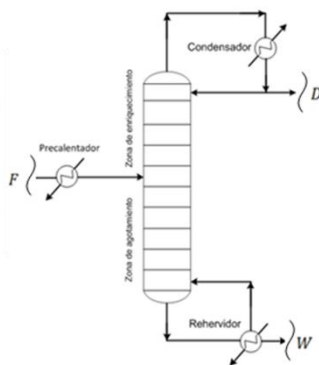


Figura 5. Columna de platos con reflujo (Geankoplis, 2010).

Destilación azeotrópica: Un azeótropo se define como el equilibrio donde las composiciones en las dos fases (líquido y vapor) son iguales, de tal modo que no es posible obtener una mayor pureza en el componente deseado. Por lo tanto, se convierte

en una operación difícil de realizar debido a que los dos componentes tienen aproximadamente el mismo punto de ebullición. Este tipo de mezclas pueden ser separadas añadiendo un solvente que forme un azeótropo con un componente de la mezcla llamado componente clave y así facilitar la separación, estos solventes generalmente reciben el nombre de arrastradores (Perry, 2001).

Destilación extractiva: Una destilación extractiva consiste en la adición de un tercer componente a una mezcla binaria que presente o no comportamiento azeotrópico, esto con el fin de modificar la volatilidad relativa de los componentes que constituyen la mezcla (figura 6). Este puede ser un solvente miscible en uno o los dos componentes de la mezcla o puede poseer un punto de ebullición elevado, pero también debe ser químicamente semejante a uno de los componentes de la mezcla (Perry, 2001).

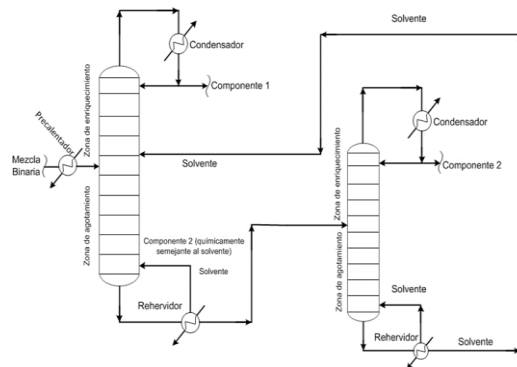


Figura 6.- Destilación extractiva.

Destilación reactiva: La combinación de una reacción química y una destilación en un mismo mecanismo es denominada destilación reactiva "DR" (Perry, 2001); es decir, en una columna convencional de destilación con platos se lleva a cabo una reacción química y la separación de productos y/o subproductos. Este tipo de proceso puede favorecer la

conversión para reacciones que se ven limitadas por su equilibrio químico, debido a que a medida que los productos se forman, se remuevan continuamente para aumentar la conversión de la reacción (Rosales, 2004).

Debido a la complejidad de los procesos de destilación reactiva, cada caso se debe analizar por separado, esto porque existen diferentes tipos de reacción y cada una de ellas tiene un comportamiento diferente.

La destilación reactiva usualmente es aplicable para casos donde los reactivos se encuentran en fase líquida, y pueden ser catalizados de forma homogénea o heterogénea (Kulprathipanja, 2001). Una columna de destilación reactiva está constituida principalmente por tres zonas: zona de rectificación, zona reactiva y zona de agotamiento como se muestra en la figura 7.

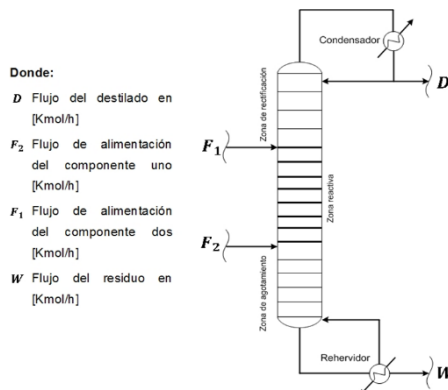


Figura 7. Esquema básico de una columna de destilación reactiva.

Aplicaciones industriales.

La destilación es una de las operaciones de separación más utilizadas en la industria química. Una torre de destilación puede encontrarse desde un proceso que involucre la purificación de un alcohol hasta la refinación de petróleo para ser separados en sus diferentes fracciones (McCabe, 1996).

Aplicación de la destilación flash: Una aplicación de una destilación flash la podemos encontrar en el proceso de obtención de éster metílico y glicerina: esta separación se aplica en una parte del proceso denominada purificación de éster metílico/destello de metanol. En esta se alimenta una mezcla que contiene el biodiesel, metanol y agua a una cámara de destilación flash y se logra la separación del éster metílico que sale por el fondo y es enviado a su almacenamiento mientras que la mezcla metanol-agua sale por la parte superior y se envía a la unidad de rectificación de metanol. (SmetEngineers&Contractors, 2015)

Aplicación de la destilación diferencial: Una aplicación de una destilación diferencial es la obtención de agua destilada ya que sus impurezas generalmente son sales. El proceso consiste en el calentamiento de agua contenida en un recipiente herméticamente cerrado y que los vapores pasen por un condensador para su almacenaje (ecured, 2015). Este proceso puede ser repetido y se obtendrá agua bidestilada, es decir: que su nivel de pureza es alto, con baja conductividad eléctrica, y contiene un máximo de una parte por millón (1ppm) de cloruros o sólidos totales disueltos (Compañía Procesadora de Agua Industrial S.A. de C.V., 2009), y su uso comúnmente es como reactivo químico (preparación de soluciones).

Aplicación de la destilación con rectificación: Como se mencionó anteriormente en el proceso de obtención de éster metílico y glicerina, la mezcla metanol-agua se alimenta a una columna de rectificación ya que como se alimenta en exceso para llevar a cabo una reacción de transesterificación con un aceite (normalmente vegetal). Es necesario recircularlo al proceso y que este puro o con muy pocas impurezas.

Aplicación de la destilación azeotrópica:

Una aplicación muy común de la destilación azeotrópica es en la purificación de ácido acético en la mezcla ácido acético-agua, en esta se le agrega un solvente que genere un azeótropo con el agua presente permitiendo alcanzar la concentración deseada y así facilitar la separación, obteniendo un producto de alta pureza que necesitaría demasiadas etapas teóricas por una destilación convencional (Perry, 2001).

Aplicación de la destilación extractiva:

Una aplicación industrial de la destilación extractiva es el caso de la separación de tolueno de hidrocarburos parafínicos (grupo de hidrocarburos que tienen por fórmula general " C_nH_{2n+2} ", donde n es el número de átomos). Ambos compuestos tienen pesos moleculares muy parecidos y es muy difícil separarlos debido a su volatilidad relativamente baja. A pesar de eso, es necesario recuperar el tolueno a partir de ciertas mezclas de hidrocarburos del petróleo. Como hidrocarburo parafínico se toma el iso-octano (punto de ebullición $93^\circ C$). El iso-octano es más volátil que el tolueno (punto de ebullición $110,8^\circ C$). En presencia de fenol (punto de ebullición $181,4^\circ C$) la volatilidad relativa del iso-octano aumenta, de forma que la separación del tolueno es relativamente sencilla con aproximadamente 83 % en mol de fenol en el líquido. (Procesos bio, 2016)

Aplicación de la destilación reactiva: una de las aplicaciones puede ser la producción de acetato de butilo; se puede obtener aplicando una destilación reactiva por medio de la esterificación de n-butanol con ácido acético utilizando como catalizador un ácido fuerte, por ejemplo ácido clorhídrico (HCl) o ácido sulfúrico (H_2SO_4). Debido a que este tipo de reacciones son reversibles se beneficia la conversión cuando el producto se retira

continuamente de la columna, obteniéndose el producto en el fondo de la columna, debido a que es el componente menos volátil del sistema (Hiwale, 2004).

Conclusiones.

Como se ha resaltado anteriormente, las importancias de las diferentes formas de destilación abarcan una amplia gama de aplicaciones, resultado de los requerimientos y exigencias para el desarrollo de nuevas formas de separación de los componentes de una mezcla dada y con diversos grados de complejidad. Es por ello, que se hace necesario hablar sobre los diferentes tipos de destilación que existen y de forma concisa explicar las diferencias básicas en la operación de estas y algunos ejemplos que permitan la comprensión de una de las operaciones unitarias de mayor relevancia industrial.

Referencias.

- Compañía Procesadora de Agua Industrial S.A. de C.V. (2009). Agua bidestilada. Recuperada el 11 de Agosto del 2015 de <http://www.copain.com.mx/bidestilada.html>
- EcuRed. (s.f.). Agua destilada. Recuperada el 5 de Mayo del 2015, de http://www.ecured.cu/index.php/Agua_destilada
- Geankoplis, J. (2010). Procesos de transporte y principios de procesos de separación. (4^a ed). México: Patria. (pp. 716-717, 720).
- Hiwale, R., Bhate, N., Mahajan, Y. y Mahajani, S. (2004). Industrial application of reactive distillation: recent trends. International Journal of Chemical Reactor Engineering. (pp. 1542-6580).

- Kulprathipanja, S. (2001). Reactive separation processes. New York: CRC Press. (pp. 18-20).
- Mc Cabe, W., Smith, J. y Harriott, P. (1996). Operaciones básicas de ingeniería química (4a ed). España: Mc Graw Hill. (pp. 550-551, 591,595).
- Perry, R. y Green, D. (2001). Manual del ingeniero químico (7ª ed). España: Mc Graw Hill. (Vol II. pp. 13-4, 13-81, 13-82, 13-83, 13-90, 13-91, 13-97 y 13-98).
- Procesos bio. (s.f.). Destilación. Recuperada el 11 de Agosto del 2016, de <https://procesosbio.wikispaces.com/Destilaci%C3%B3n>
- Rosales, A. (2004). Modelo dinámico de una columna de destilación reactiva para la hidrodesulfuración de gasóleo ligero. México: Instituto Politécnico Nacional. (pp. 11)
- SmetEngineers&Contractors, (s.f). Producción de Ester Metílico y Glicerina. Recuperada el 5 de Mayo del 2015, de <http://www.dsengineers.com/es/sectores-de-actividades/aceites-vegetales-y-harinas/fabricacion-de-biodiesel/methylester-and-glycerin-production.html>
- Stichlmair, J. y Fair, J. (1998). Distillation principles and practice. New York: Wiley-VCH. (pp. 2-4)
- Treybal, R. (2003). Operaciones de transferencia de masa (2ª ed). México: Mc Graw Hill. (pp. 378, 401,406 y 411).
- Wankat, P. (2008). Ingeniería de procesos de separación. (2ª ed). México: Pearson. (pp. 12-13, 65-67).