Fundamento.

Tanto el método de McCabe-Thiele como el presente programa se fundamentan primordialmente en un diagrama de equilibrio, basado a su vez en la volatilidad relativa (α). Para una mezcla binaria, la curva de equilibrio toma la siguiente forma:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (Ec. 1) |

Donde:

= fracción molar del componente más volátil en la fase líquida.

= fracción molar del componente más volátil en la fase de vapor.

= volatilidad relativa. Mide qué tan más volátil es uno de los componentes con respecto a otro.

En el diagrama de equilibrio, también se dibuja una línea diagonal, con pendiente igual a uno, representada por la ecuación:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (Ec. 2) |

Trazar o plotear la ecuación 1 y la ecuación 2 constituye la primera tarea a efectuar.

Adicionalmente, se deben representar los puntos correspondientes a la concentración del componente más volátil en la corriente de fondo (), la concentración del componente más volátil en la alimentación (), y la concentración del componente más volátil en el destilado ().

El punto correspondiente a estará ubicado sobre la diagonal, cerca de la esquina inferior izquierda. El punto correspondiente a estará ubicado sobre la diagonal, en un lugar intermedio. Finalmente, el punto correspondiente a estará ubicado en la diagonal, cerca de la esquina superior derecha.

GRÁFICO 1 AQUÍ: CURVA DE EQ. LÍNEA XB, XF, XD

Línea de alimentación.

La variable q representa el estado térmico de la alimentación. De esta forma:

Alimentación como líquido subenfriado,

Alimentación como líquido saturado,

Alimentación como mezcla de vapor y líquido,

Alimentación como vapor saturado,

Alimentación como vapor sobrecalentado,

El programa no calcula el valor de q, pues se espera que sea proporcionado por el usuario. El cálculo de q debe efectuarse manualmente, pudiendo efectuarse con alguna de las siguientes ecuaciones:

Donde:

= calores específicos del líquido y el vapor, respectivamente

= temperatura de la alimentación

= temperaturas del punto de burbuja y del punto de rocío de la alimentación, respectivamente

= calor de vaporización

Con el valor de q, se traza la línea de alimentación, la cual está representada por:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (Ec. 3) |

El punto en el que se intersecta la línea de alimentación y la curva de equilibrio corresponde a las coordenadas (,). Hallar esas coordenadas es muy sencillo si nos basamos en un método gráfico, pero si deseamos encontrar las coordenadas de forma algebraica, se hace necesario operar la ecuación 1 y la ecuación 3.

Como se trata de una ecuación de segundo grado, se resuelve mediante la fórmula cuadrática:

En donde:

La raíz (solución) positiva debe asignarse a . La raíz negativa se desecha y no toma parte ulterior en los cálculos. Por otra parte, se obtiene reemplazando en la ecuación 1.

Línea de rectificación.

Se representa mediante la ecuación:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (Ec. 4) |

Reflujo.

El reflujo se refiere a un corriente de destilado condensado que retorna a la torre de destilación, se representa con la letra . La corriente del destilado o producto se representa con la letra . La relación de reflujo, es el cociente entre ambas corrientes, es decir:

Si la relación de reflujo es infinita (), el número de platos requeridos es mínimo pero no cero. A esto se denomina reflujo total, pues el destilado no se extrae.

Existe también el concepto de relación de reflujo mínima (), el cual es el valor más bajo que permite lograr la separación deseada en una columna de destilación, pero con un número de platos infinito.

Hallar el valor de es relativamente sencillo cuando se realiza de forma gráfica, pues basta con trazar una recta desde el punto (, ) pasando por el punto (, ), hasta intersectar el eje . La ordenada en el origen representa el valor de

GRÁFICO 2 AQUÍ

Para hallar de forma algebraica, se puede emplear la siguiente ecuación:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (Ec. 5) |

La forma en la que se logró obtener la ecuación 5 no se demostrará en extenso, pero se parte de un sistema de ecuaciones conformado por:

En la práctica, el valor de la relación de reflujo () generalmente se toma como un múltiplo del reflujo mínimo () para equilibrar la eficiencia de separación y los costos energéticos de operación. Un valor intermedio de 1.3 veces el valor de es comúnmente aceptado como un factor de operación razonable. A ese factor se lo denomina como factor de reflujo, y en el presente análisis se simboliza con la letra .

El programa solicita el factor de reflujo como una de las entradas necesarias para su funcionamiento.

Una vez calculado el valor de , se traza una línea que parte de (, ) y pasa por el punto (0, ). Esta línea intersecta a la línea de alimentación en un punto, en el programa, denominado con las variables (, ).

Para hallar este punto de forma algebraica se resuelve un sistema de ecuaciones compuesto por la ecuación 3 y la ecuación 4:

Se realiza un cambio de variables:

De esta forma, el sistema de ecuaciones se convierte en:

La solución es:

Línea de agotamiento.

La línea de agotamiento es una línea que empieza en (, ) y termina en (, ). En el programa, la línea de agotamiento emplea la siguiente ecuación para realizar el escalonado correspondiente a los platos:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (Ec. 6) |

Escalonado.

Finalmente queda efectuar el proceso de escalonado, es decir, el proceso de construir "escalones", "gradas", intersectando de manera sucesiva, con líneas verticales y horizontales, la curva de equilibrio y la línea de rectificación (o la línea de agotamiento, si corresponde). Cada escalón representa un plato de la columna de destilación y el escalón que se sobrepone a la línea de alimentación corresponde al plato de alimentación. El proceso de crear escalones se realiza de tal forma que el último escalón sea menor o igual que .

GRÁFICO 3 AQUÍ

Bibliografía.

McCabe, W. L., Smith, J. C., y Harriott, P. (2007). OPERACIONES UNITARIAS EN INGENIERÍA QUÍMICA (séptima edición). Editorial McGraw-Hill. México D.F., México.