



El enfoque de sistemas en la solución de Problemas

Dr. Enrique Arce Medina
Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas.
Instituto Politécnico Nacional
Edificio 7, Unidad Profesional A.L.M., Col. Lindavista, Mex. D.F., C.P. 07738
E-mail:earcem@yahoo.com.mx

Resumen

Se presentan y describen los conceptos de análisis de sistemas y el enfoque de sistemas. Se ilustra la aplicación del enfoque de sistemas en la solución de problemas, particularmente a un problema de balance de materiales en un proceso químico. Se aplica el enfoque de sistemas partiendo de un análisis de la información y tomando en cuenta cada uno de los elementos del sistema, hasta completar los balances de materia que sintetizan la solución del problema. Se concluye resaltando las ventajas del enfoque de sistemas en la resolución de problemas.

Palabras clave: Sistemas, balance de materiales, solución de problemas, enfoque sistémico.

Abstract

System's view and system's analysis are some of the concepts presented. A systemic way to approach problem solving is illustrated by calculating the material balance of a chemical process. Following the system's view the problem is solved for the material balances, after an analysis of the information is considered for each and every one of the elements of the system. Finally some advantages of the system's view of problem solving are highlighted in the conclusion.

Keywords: Systems thinking, material balances, problem solving, system's view.

Introducción

Cuando un objeto se considera como compuesto de varias partes que interactúan, para cumplir una función específica, se clasifica como sistema. De aquí que el enfoque sistémico busque centrarse en las interacciones de las partes del sistema y lo que resulte de estas interacciones. La habilidad del pensamiento sistémico puede aprenderse y fortalecerse con la práctica. Se basa en la capacidad de percepción global de cualquier objeto que incluya todas sus partes.



Sistémico se emplea para referirse a algo que está constituido como sistema, mientras que sistemático se refiere a la manera de proceder cuando se trata un asunto, considerándolo de acuerdo a un orden y abordando sus partes una a una. Se dice que la sistematización trata con el reconocimiento de las partes para abordarlas por separado, sin dejar fuera ninguna. Dos habilidades íntimamente relacionadas con el pensamiento sistémico en la resolución de problemas son el análisis y la síntesis. Siendo el análisis la técnica de examen por desmenuzamiento y la síntesis la técnica de reunir todo en uno. Estas definiciones son importantes en la aplicación del enfoque de sistemas en la resolución de problemas. Lo problemático de los problemas se desvanece cuando fijamos un plan de ataque, en este artículo se presenta el enfoque sistémico como método para la solución de problemas, que es simple y efectivo.

El pensamiento sistémico y el análisis crítico, que es la habilidad de examinar a detalle lo que analizamos, están íntimamente relacionados, así que cuando se induce el pensamiento sistémico también se promueve el análisis crítico.

El pensamiento crítico no es contradecir, menospreciar o descalificar las situaciones que encaramos. Pensamiento crítico es cuestionar la validez de hechos, la certeza de pruebas objetivas, etc. Pensar crítico es, principalmente, cuestionarnos a nosotros mismos, cuestionarnos sobre cómo interpretamos las situaciones que encaramos, cuestionarnos sobre las consecuencias de lo que pensamos y sobre todo lo que pensamos.

Las técnicas de análisis de sistemas desarrolladas en el área de la ingeniería que se relacionan con la investigación de operaciones se abocan a resolver problemas bien definidos en esa área, pero ello no quiere decir que las ideas del análisis de sistemas no puedan aplicarse a otras áreas. De hecho conceptos tales como relaciones interdependientes, retroalimentaciones, elementos y transformaciones son sólo algunas ideas que aporta el análisis de sistemas para facilitar la resolución de problemas.

El enfoque de sistemas no trata el estudio de cada elemento del sistema como un ente aislado, por el contrario lo que busca es estudiar la forma en que las partes del sistema se comportan gracias a la interacción entre ellas y cómo responden a cambios en las condiciones externas al sistema. Cuando algunas partes de un sistema son de complejidad considerable, entonces son tratados como subsistemas. El concepto de sistemas debe ser familiar a cualquier persona adulta ya que desde la escuela primaria se estudian sistemas como el sistema solar, los ecosistemas, el sistema digestivo, el sistema de unidades, etc.

Aplicado a la resolución de problemas el enfoque de sistemas involucra el reconocimiento de relaciones, la identificación de información relevante y detalles importantes para un mejor



entendimiento del problema y su solución. El resultado depende de cómo se plantea el problema y de cómo se interpreta. El beneficio principal del uso del enfoque de sistemas es la identificación de propiedades emergentes de los componentes del sistema, las cuales se desconocen antes de proceder al análisis de las partes y sus interrelaciones, es decir, se identifican las sinergias entre los componentes del sistema. Ritter Ortiz y cols., dicen que “La esencia del pensamiento sistémico radica en un cambio de enfoque y empieza por reestructurar el mismo pensamiento para comprender la complejidad dinámica, las causas, las interrelaciones existentes y los patrones de cambio, no sólo la complejidad de los detalles, los efectos, las relaciones lineales de causa-efecto y los efectos instantáneos que se generan” (Rimer Ortiz y cols., 2007). El pensamiento sistémico es opuesto al pensamiento reduccionista que presupone que las cosas son la suma de sus partes.

El método

Para el análisis de los sistemas se hace una distinción entre acumulaciones (reservas) y transacciones (flujos), que ocurren en el sistema. Los elementos son los objetos en que ocurren las acumulaciones y se dice que existe una interacción entre un elemento y otro se existe un flujo entre ellos. Los flujos reflejan los cambios en las acumulaciones. Los flujos de entrada agregan algo al elemento y los de salida reducen su reserva. Por ejemplo en el análisis poblacional en una ciudad, los flujos de entrada constituyen la inmigración, los de salida la emigración. Otros términos que contribuyen a la población (la reserva) son la generación (nacimientos) y las pérdidas (fallecimientos). La suma de todos los flujos debe obedecer la ley de conservación.

Se caracterizan los sistemas como limitados en el tiempo y el espacio, todo cuanto está fuera de las fronteras del sistema será el ambiente del sistema. Los sistemas para su estudio suelen dividirse en subsistemas, los sistemas pueden ser abiertos o cerrados; un sistema abierto es aquel en el cual existe flujo de materia, de energía o de otras cosas entre el sistema y su ambiente, en un sistema cerrado no existe flujo alguno, es impermeable. Todo sistema abierto tiende a mantenerse en un estado de equilibrio; un estado de equilibrio es aquel en el cual un sistema se mantiene o tiende a mantenerse, a pesar de haber sufrido una o más transformaciones sucesivas o la influencia de perturbaciones o estímulos.

Los diagramas de flujos y acumulaciones son una representación gráfica de cómo interactúan las partes constitutivas del sistema. Para la evaluación de las cantidades en los flujos y reservas se requiere del uso de variables y ecuaciones, que forman el modelo del sistema. Así, el



sistema queda representado matemáticamente por el modelo que incluye balances de los flujos de entrada y salida, además de las generaciones y pérdidas que impactan en las acumulaciones.

El plan de ataque del enfoque sistémico es la exploración sistemática, involucra la búsqueda de información, pertinente y relevante que, de manera intencionada y consistente, incorpore piezas que ayuden al entendimiento de los problemas. Esto asimila mucho del Cartesianismo. René Descartes, filósofo y matemático francés del siglo XVII propuso un método de análisis de problemas que se resume en cuatro reglas. 1ro. nunca aceptar nada como verdadero si antes no se ha demostrado como tal. 2do., dividir cada problema en tantas partes como sea posible; el desmenuzamiento de los componentes no es de manera arbitraria, para ello propone su tercera regla: analizar primero las partes más simples y fáciles, apartando de ellas las dificultades que nos impiden comprenderlas, y entonces avanzar poco a poco agregando las más complejas. Y 4to. confirmar que todas y cada una de las partes han sido tomadas en cuenta, sin omitir ninguna.

A continuación se presenta un ejemplo de aplicación del enfoque de sistemas a la resolución de un problema de cálculo de balances de materia en un proceso químico.

Ejemplo

Problema. Determine la cantidad en kg/hr de los materiales en las corrientes de entrada y salida del proceso para producir 225 kmol/hr de etanol.

La producción del alcohol etílico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$), también llamado etanol, se obtiene por hidratación del etileno ($\text{CH}_2 = \text{CH}_2$) en presencia de ácido fosfórico como catalizador, a una presión de 60 atm. y temperatura 550 K. También se forma el éter di etílico ($\text{C}_2\text{H}_5 - \text{O} - \text{C}_2\text{H}_5$) (Biegler y cols., 1997).

Una corriente de alimentación al proceso contiene 90 % de etileno, 8 % de etano y el resto de metano. Esta corriente se mezcla con otra de reciclaje para entrar al reactor. Antes de entrar al reactor los gases hidrocarburos (etileno, etano y metano) se mezclan con otra corriente de alimentación que contiene vapor de agua para obtener una composición de 60 % en peso de agua.

En el reactor el etileno reacciona con el agua para formar el etanol. También el etanol se descompone para producir éter y agua. Las reacciones son:





Se transforman a reacciones equivalentes sumando R1 y R2, además, empleando fórmulas condensadas de las especies químicas, las reacciones quedan:



La conversión del etileno es de 10 % y la selectividad de etileno a etanol es 0.90 (esto significa que por cada 10 moles de etileno convertidas se obtienen 9 de etanol).

El efluente del reactor pasa por un separador de fases en el cual por el fondo se obtiene como líquido el etanol y el éter disueltos en agua, por el domo salen los gases incondensables (etileno, etano y metano). Después los gases hidrocarburos, que son incondensables a las condiciones de temperatura y presión del separador de fases, pasan por un absorbedor que contienen un flujo a contracorriente de agua, con el propósito de recuperar los vapores que se hayan formado de etanol y éter que se disuelven en el agua del absorbedor. Los gases, libres de etanol y éter, se reciclan al reactor. Para mantener un bajo contenido de metano y etano en el reciclo, el 10% de la corriente del domo del absorbedor se purga y el resto se recicla al reactor. Los líquidos del separador de fases y del absorbedor se unen para pasar a una secuencia de separadores en los que se obtienen los productos casi puros, en diferentes corrientes.

Un problema similar se resuelve con una hoja de cálculo que resuelve todas las ecuaciones de problema de manera simultánea se presenta en (Arce-Medina, 2007).

Etapas del método

Al conceptualizar el proceso como sistema se debe empezar por identificar los flujos que entran y los que salen. Esto ayuda a identificar lo que se conoce (datos) y lo que se desconoce (incógnitas) así como definir la clasificación de las especies químicas y el papel que juegan en el proceso, ver el diagrama de la figura 1. La idea es consolidar una representación mental del problema, además de hacer definiciones que resaltan aspectos que dan pistas para la solución.

El diagrama es una abstracción que debe formularse con los datos del problema. En los diagramas para representar a los sistemas, como el de la Figura 1, se usan flechas para indicar los flujos y cajas para representar a los elementos. Nótese que a la izquierda se presentan los flujos de entrada y a la derecha los flujos de salida. En este proceso el agua se presenta como reactivo y producto, además que se usa en el absorbedor como solvente. Los reactivos que son valiosos se



deben recuperar a la salida del reactor y reciclarlos para tratar de usarlos hasta su extinción, si el agua no se recicla en este proceso es por que es un material muy barato, por lo que después de usarla en el proceso puede desecharse.

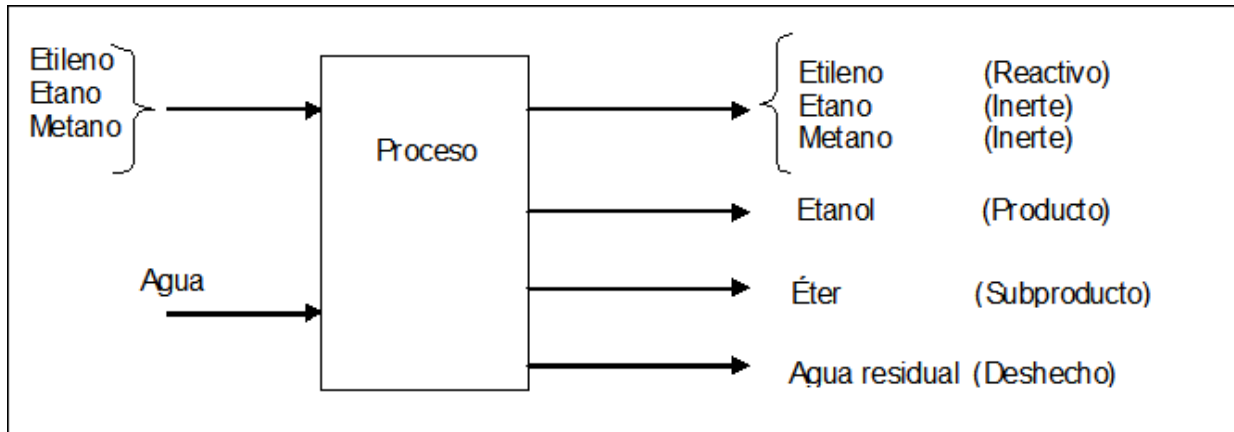


Figura 1. Identificación de los flujos de entrada y salida del sistema

El siguiente paso es visualizar estructuras en el sistema, se puede hacer por una exploración del sistema a través del enunciado del problema. En muchos problemas reales no se tiene un enunciado escrito del problema y a veces ni datos, por ello es importante que deba hacerse un planteamiento escrito del problema interpretando, de la manera más amplia, todos los factores que puedan considerarse como causas y efectos del problema; de manera escrutadora, es decir, con enfoque sistémico. Según el enunciado se tienen los siguientes elementos principales: Un mezclador que combina las corrientes del etileno, el agua y del reciclo, un reactor, un separador de fases, un absorbedor, un divisor de corrientes entre el reciclo y la purga, así como un tren de varios separadores, para purificar los productos. La descripción del proceso del enunciado describe la configuración de los elementos del sistema, es decir, la forma en que se interconectan, que en este problema representa la interconexión de los equipos del proceso.

Se considera que hay algo escondido en los problemas cuando decimos que hay que encontrar la solución, que hay que descubrirlo. El problema del ejemplo involucra el cálculo de balances de materiales. El balance de materiales es el procedimiento en el que conociendo las cantidades de los materiales, ya sea a la entrada o a la salida de un equipo o de un proceso, se calculan las cantidades de los materiales en el extremo desconocido y como si se colocaran en una balanza lo calculado debe equilibrar a lo conocido. Un diagrama con la corriente de reciclo y los elementos principales se muestra en la figura 2 (no se muestran el absorbedor ni el tren de separadores), este diagrama se conoce como la estructura de reciclo. En los diagramas de los



procesos químicos las flechas se denominan corrientes y representan los flujos de los materiales entre los equipos.

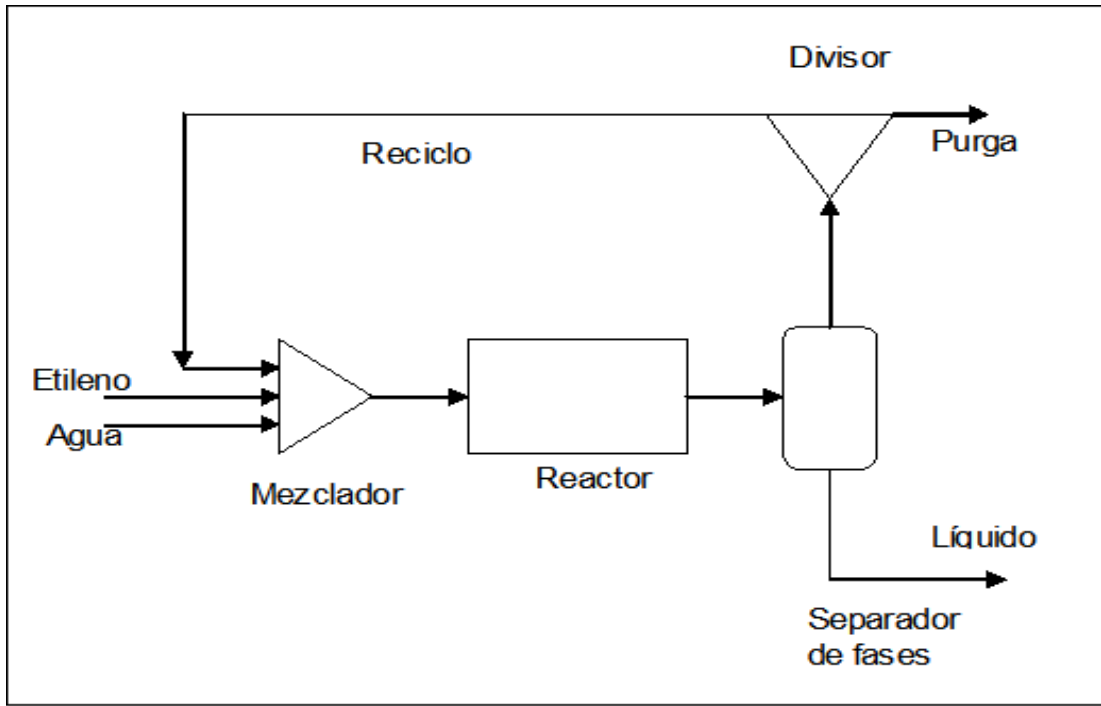


Figura 2. Estructura de reciclo.

A continuación se establece un punto de partida para los cálculos. Como el objetivo es determinar el valor del flujo de los materiales, se elige el valor o valores del o de los flujos que se conozcan. En los problemas de química el punto de partida se define como base de cálculo, para este problema se toma el valor del etanol producido. Este es un problema de diseño en el que se tienen como datos el flujo de productos y especificaciones de operación de equipos pero se desconocen los flujos de lo que entra. En un problema de análisis el flujo de información es al revés, se tienen datos de lo que entra y de la operación de los equipos pero se desconocen los flujos de lo que sale.

Se tiene el dato de: 225 kmol/hr de etanol producidos.

Siempre que se usen manipulaciones matemáticas se deben aclarar los términos a usar en el planteamiento del problema. Así que se define la nomenclatura la cual suele hacerse a medida que aparezcan nuevas variables.

Sea: Δn_i = Cambio de moles del componente i en el reactor = $n_i - n_i^0$



Donde n_i^0 y n_i = moles del componente i a la entrada y a la salida del reactor.

Entonces: $\Delta n_{C_2H_5OH} = 225$ kmol/hr de etanol producidos.

El siguiente paso es identificar como se relacionan las incógnitas con los datos.

No hay una sola relación que en una operación asocie la salida con la entrada. Pero a través de los equipos (elementos) se encuentran varias operaciones que finalmente dan la relación buscada. Por ejemplo en las reacciones la conversión “x” se considera como la especificación de funcionamiento principal del reactor, como elemento de transformación. Especifica la fracción de la entrada de un reactante que se transforma a productos. Similarmente, la selectividad “S”, relaciona la cantidad producida de uno de los productos con respecto a la cantidad consumida de uno de los reactantes.

Selectividad = S = Relación de distribución de reactivos a productos.

Conversión = x = Relación de lo que se convierte con lo que entra.

Podemos usar esta información como pistas para llegar a la solución. En este problema.

$$x = \frac{\text{moles convertidas de } C_2H_4}{\text{moles alimentadas de } C_2H_4} = \frac{\Delta n_{C_2H_4}}{n_{C_2H_4}^0} = 0.10$$

$$S = \frac{\text{moles producidas de } C_2H_5OH}{\text{moles convertidas de } C_2H_4} = \frac{\Delta n_{C_2H_5OH}}{\Delta n_{C_2H_4}} = 0.90$$

Al sustituir el dato de $\Delta n_{C_2H_5OH}$ se tienen dos ecuaciones con dos incógnitas.

Al combinar los datos de S y x se calcula el cambio de moles en las reacciones.

$$\text{Moles convertidas de etileno} = \Delta n_{C_2H_4} = \frac{\Delta n_{C_2H_5OH}}{S} = \frac{225 \text{ kmol } C_2H_5OH}{0.90 \Delta n_{C_2H_5OH} / \Delta n_{C_2H_4}} = 250 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$$



Moles alimentadas de etileno =

$$n_{C_2H_4}^0 = \frac{\Delta n_{C_2H_5OH}}{S * x} = \frac{225 \text{ kmol } C_2H_5OH}{(0.90 \Delta n_{C_2H_5OH} / \Delta n_{C_2H_4})(0.10 \Delta n_{C_2H_4} / n_{C_2H_4}^0)} = 2500 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$$

En la figura 3 se muestra el diagrama de información y sus relaciones.

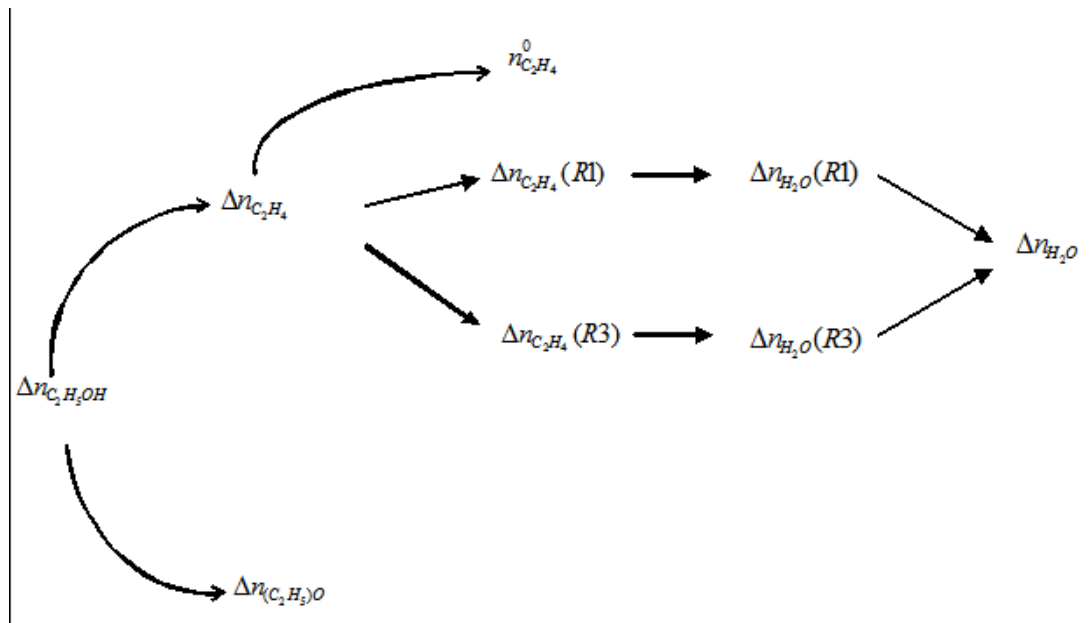


Figura 3. Red de relaciones entre las variables asociadas al reactor.

Los cambios molares de todos los componentes se pueden determinar por la estequiometría de las reacciones. En su forma más simple la estequiometría de las reacciones es la evaluación de cambios molares de los participantes según las proporciones de los coeficientes en las fórmulas condensadas, para que se mantengan balanceadas las cantidades de cada elemento atómico entre reactivos y productos. Los coeficientes en las reacciones se denominan coeficientes estequiométricos, definidos como ν_i . La proporción estequiométrica establece que la razón de cambio molar de un compuesto “i” sobre el cambio molar de otro “j” es igual a la razón de sus respectivos coeficientes estequiométricos, en la reacción balanceada.

Además, debe considerarse que el etileno se convierte tanto en R1 como en R3, es decir, $\Delta n_{C_2H_4} = \Delta n_{C_2H_4}(R1) + \Delta n_{C_2H_4}(R3)$, en términos del grado de avance de reacción, ξ_i , se tiene, $\Delta n_{C_2H_4} = \xi_1 + \xi_2$. De aquí que:



$$S = \frac{\xi_1}{\xi_1 + \xi_2} \quad \text{y} \quad 1 - S = \frac{\xi_2}{\xi_1 + \xi_2}$$

Recordemos que el avance de reacción se define como (Felder y Rousseau, 1999):

$$\xi_i = \frac{\Delta n_i}{\nu_{i,k}}$$

Donde $\nu_{i,k}$ es el coeficiente estequiométrico del compuesto i en la reacción k .

Según la estequiometría de las reacciones se tiene:

Reacción R1:	C₂H₄	+	H₂O	→	C₂H₅OH
Cambio molar:	225		225		225
Reacción R3:	C₂H₄	+	½ H₂O	→	½ (C₂H₅)₂O
Cambio molar:	25		12.5		12.5
Moles que entran:	2500		?		0
Moles que salen:	2250		?		225

Los cálculos de moles a la salida del reactor se resumen en una tabla llamada tabla estequiométrica, ver tabla 1.

Tabla 1. Tabla estequiométrica

Especies	kmoles/hr que entran al reactor	kmoles/hr que salen del reactor
CH ₂ = CH ₂	$n_{C_2H_4}^0 = 2500$	$n_{C_2H_4} = 2500 - 250 = 2250$
H ₂ O	$n_{H_2O}^0 = ?$	$n_{H_2O} = n_{H_2O}^0 - 250 - 12.5 = n_{H_2O}^0 - 237.5$
CH ₃ CH ₂ OH	$n_{CH_3CH_2OH}^0 = 0$	$n_{CH_3CH_2OH} = 225$
C ₂ H ₅ - O - C ₂ H ₅	$n_{(C_2H_5)_2O}^0 = 0$	$n_{(C_2H_5)_2O} = n_{(C_2H_5)_2O}^0 + 12.5 = 12.5$

Hasta esta etapa de la solución del problema se ha abordado el cálculo de los flujos alrededor del reactor, que es el elemento principal del proceso. En la tabla estequiométrica se observa que los flujos de etileno, agua y éter corresponden a los componentes que salen, como líquido, por el fondo del separador de fases.



Siguiendo el enfoque de sistemas, es conveniente, indicar en el diagrama de flujos y elementos lo que ya se ha calculado para determinar el siguiente paso, la idea es proceder paso a paso atando cabos. En la figura 4 se muestran los valores de flujos que se han calculado y los que se tienen como datos.

Para determinar la cantidad de moles de agua a la entrada del reactor, $n_{H_2O}^0$ se requiere determinar las moles de reciclo de todos los gases.

El siguiente paso es calcular los flujos molares en la corriente de reciclo, la purga y la carga fresca. Nótese que se usa el término “carga fresca”, esto se usa para denominar a las corrientes que se alimentan al proceso antes de mezclarse con el reciclo.

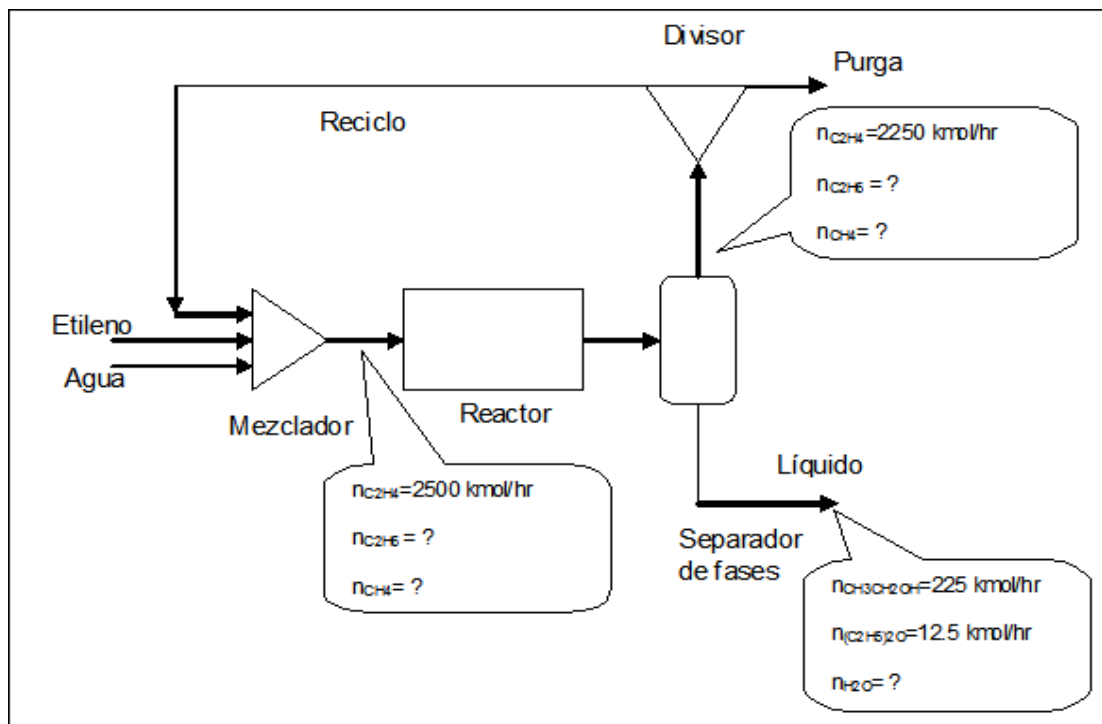


Figura 4. Estructura de reciclo con información de flujos calculados.

Puesto que los gases que salen del reactor se van por el domo del separador de fases y del absorbedor, entonces.

$$\begin{aligned} \text{Moles de } C_2H_4 \text{ en el reciclo} &= 0.9 * (\text{flujo que sale en el domo del separador}) \\ &= 0.9 * 2250 = 2025 \text{ kmol/hr} \end{aligned}$$



Moles de C_2H_4 en la purga = $2250 - 2025 = 225 \text{ kmol/hr}$

Luego se establece un balance de moles en el mezclador de reciclo. Se hace un diagrama de flujos en el mezclador para mejor entender la contribución de los flujos, ver figura 5.

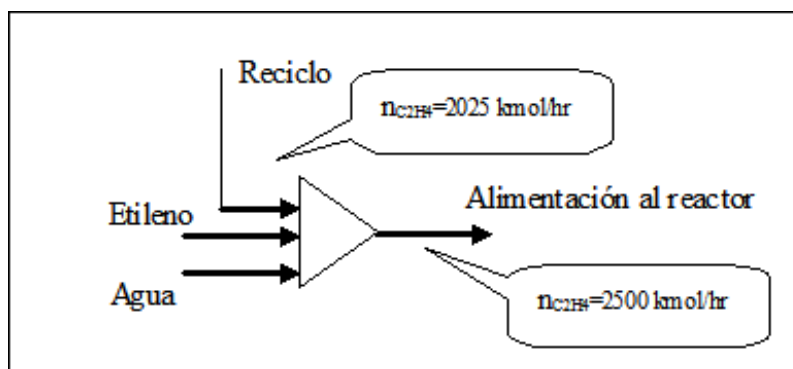


Figura 5. Diagrama de flujos en el mezclador.

Entonces.

Moles de C_2H_4 en la carga fresca = $2500 - 2025 = 475 \text{ kmol/hr}$

De acuerdo a la composición del gas a la entrada del proceso (90 % de etileno, 8 % de etano y el resto de metano), se obtiene:

Moles de C_2H_6 en la carga fresca = $475 \left(\frac{8}{90} \right) = 42.222 \text{ kmol/hr}$

Moles de CH_4 en la carga fresca = $475 \left(\frac{2}{90} \right) = 10.556 \text{ kmol/hr}$

Nótese que conociendo la cantidad de uno de los componentes en la mezcla se pueden determinar las cantidades de los otros por la composición.

Puesto que todo lo que entra al proceso de los gases inertes (metano y etano) sale por la purga, entonces.

Moles de C_2H_6 en la purga = 42.222 kmol/hr



Moles de CH_4 en la purga = 10.556 kmol/hr

Las moles en el reciclo de estos gases son 9 veces mayor a los flujos en la purga por lo que los flujos en la alimentación al reactor son:

Moles de C_2H_6 en la alimentación al reactor = 422.22 kmol/hr

Moles de CH_4 en la alimentación al reactor = 105.56 kmol/hr

En la figura 6, se muestran los flujos de las corrientes del proceso que se han calculado hasta el momento en la solución del problema.

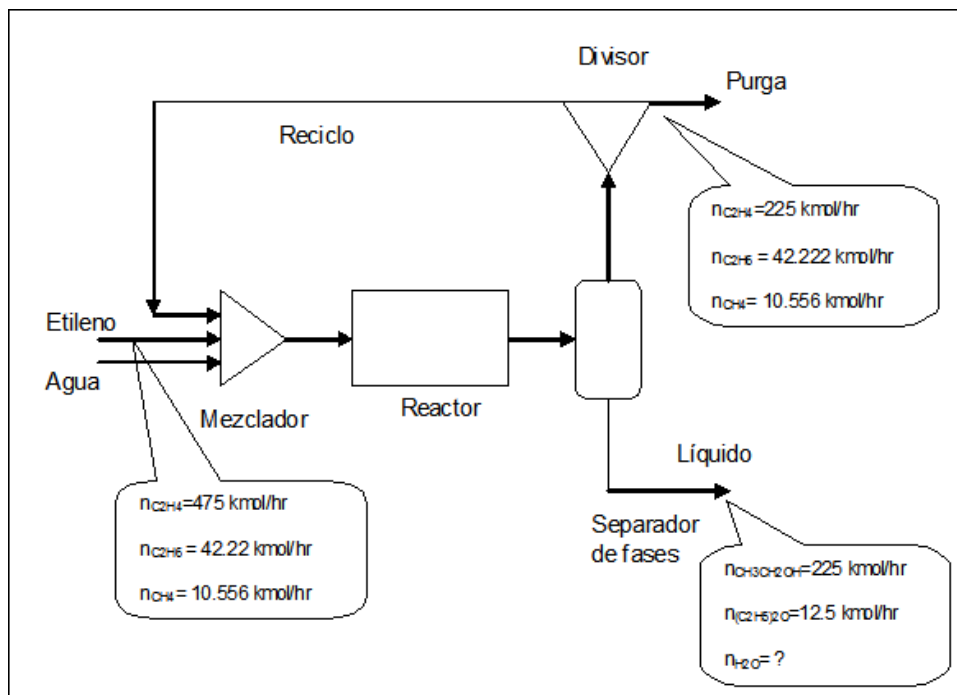


Figura 6. Estructura de reciclo con información de los flujos de entrada y salida de los gases.

En el siguiente paso se calcula la masa de agua a la entrada del reactor. De acuerdo al enunciado se tiene:

$$\% \text{ de agua} = \frac{\text{Masa de agua en la alimentación}}{\text{Masa de todos los componentes en la alimentación}} = 0.60 = \frac{W_{H_2O}}{W_{total}}$$



En donde W_i = masa del componente “i”.

Puesto que $\frac{W_{gases}}{W_{total}} = 0.40$ entonces $W_{agua} = \frac{6}{4} W_{gases} = 1.5(W_{C_2H_4} + W_{C_2H_6} + W_{CH_4})$

Por definición, el número de moles n_i de una sustancia es igual a la masa de esa sustancia sobre su masa molecular, de aquí que las moles de agua calculadas sean:

$$W_{agua}^0 = 1.5(n_{C_2H_4}^0 * PM_{C_2H_4} + n_{C_2H_6}^0 * PM_{C_2H_6} + n_{CH_4}^0 * PM_{CH_4})$$

$$W_{agua}^0 = 1.5(2500 * 28.054 + 422.22 * 30.07 + 105.555 * 16.043) = 126,796.977 \text{ kg/hr}$$

Entonces: $n_{agua}^0 = 126,796.977 / 18.015 = 7,038.411 \text{ kmol/hr}$

Por lo que el flujo a la salida del reactor, según la tabla estequiométrica es:

$$n_{agua} = 7,038.411 - 237.5 = 6,800.911 \text{ kmol/hr}$$

Por último se calculan los flujos másicos a la entrada y salida del proceso, usando los pesos moleculares (P.M.) de las especies químicas. Los resultados se muestran en la tabla 2, que sintetiza los valores calculados de los flujos en las corrientes del proceso, según se avanzó en la resolución del problema siguiendo el enfoque sistémico.

Tabla 2. Flujos a la entrada y salida del proceso.

Especies	P. M.	Entra	Sale	Entra	Sale
		kmol/h	kmol/h	kg/h	kg/h
Etileno	28.054	475	225	13,325.65	6,312.15
Etano	30.07	42.222	42.222	1,269.6155	1,269.6155
Metano	16.043	10.555	10.555	169.33386	169.33386
Agua	18.015	7,038.411	6,800.911	12,6796.97	12,2518.412
Etanol	46.069	0	225	0	10,365.525
Eter etílico	74.123	0	12.5	0	926.5375
		Total =		141,561.574	141,561.574



A través del ejemplo se ilustra como al aplicar el enfoque sistémico se debe poner atención a los detalles, a las causas y efectos y extraer de ellos sus coincidencias para luego integrar el mosaico de las partes por sus sinergias. Entender que entre esta o aquella parte del sistema se tiene una relación, de tal suerte que cuando esta o aquella cambien y propaguen su efecto en la otra, según la condicionalidad que los relaciona, es la parte medular del enfoque de sistemas. Así las partes de los sistemas en cuestión son representados en el pensamiento desde su interior, desde el contexto del sistema. La sistematización impone orden y regularidad, al contemplar las cosas con fisonomía sistémica. La idea no es nueva, Platón sugería que hay que considerar cada una de las partes en su lugar adecuado, en el conjunto, obligándolas a ajustarse unas con otras, hasta que el todo resulte una cosa ordenada y funcional; Platón decía esto refiriéndose a la composición de un discurso.

El enfoque sistémico nos permite trasladar, teóricamente, los conceptos de sistemas al contexto propio de un determinado problema de cualquier disciplina del conocimiento. En la resolución de problemas de un área particular es imperativo tener un amplio dominio teórico de esa área y sólo entonces el enfoque sistémico viene a ser una herramienta útil. Por ejemplo al encarar los problemas de salud el enfoque de sistemas no será de gran ayuda si faltan los conocimientos médicos.

Conclusión

Se planteo el enfoque de sistemas como una manera de ver las cosas con mirada escrutadora. Se presento la solución de un problema de balance de materiales en un proceso químico para ilustrar el uso del enfoque sistémico, la manera de proceder en el análisis del problema y como sintetizar la solución.

Se dice que un problema que ya se entendió ya esta medio resuelto. Así que abordar un problema con pensamiento crítico es la mitad de la solución. La otra mitad involucra establecer un plan de ataque, la manipulación de información, la identificación de conexiones significativas entre datos e incógnitas, entre evidencias y consecuencias. Esta fase de la solución del problema involucra pensamiento reflexivo.

En la resolución de problemas la formulación mental implica seguir un razonamiento de pensamiento crítico que nos permita comprender el problema, adentrándonos en las entrañas del problema. En esta parte de la solución de problemas se actúa analíticamente. Tanto en la fase de pensamiento reflexivo como analítico, el enfoque de sistemas resulta una herramienta útil y eficiente.



Referencias

1. Arce-Medina, E. (2007). Cálculo de balances de materia en hojas de cálculo. Revista electrónica *Enlace Químico*. Vol. 2, No. 2, <http://quimica.ugto.mx/revista/>.
2. Biegler, L.T., I. E. Grossmann y A. W. Westerberg. (1997). *Systematic Methods of Chemical Process Design*. Prentice Hall, E.E.U.U.
3. Felder, R. M. y R. W. Rousseau. (1999). *Principios Elementales de los Procesos Químicos*. Segunda Ed., Addison-Wesley Iberoamericana. México.
4. Ritter Ortiz, W. S. A. Guzmán Ruiz, N. Sánchez-Santillán, R. Sánchez-Trejo, J. Suárez-Sánchez y T. E. Pérez Espino. (2007). Enero-marzo. "Sistemas y más sistemas: ¿es todo en el mundo un sistemas? *Ciencia*, México, 52-60.