

Utilización de Heurísticas en las Etapas de Diseño de Procesos para el Diseño de Sistemas de Recuperación de Hidrógeno

Fischer C.D.^{1,2} e Iribarren O.A.^{1,2}

¹Instituto de Desarrollo y Diseño, INGAR UTN-CONICET, Avellaneda 3657 (3000) Santa Fe, Arg., cfischer@santafe-conicet.gob.ar

²Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Reconquista, Calle 44 No 1000 (3560) Reconquista, Argentina, iribarr@santafe-conicet.gob.ar

Resumen - Este trabajo aborda el estudio de nuevas estructuras de ciclos y sistemas de recuperación de hidrógeno generados al incluir el concepto de redes de intercambio de materia (MENs) en la toma de decisiones de diseño.

Cuando se diseña un proceso siguiendo la jerarquía de decisiones de Douglas (1985) se avanza en el diseño generando versiones más detalladas del proceso con un número creciente de bloques de proceso interconectados por corrientes. Al final del procedimiento se realiza una integración de calor entre las corrientes del proceso ya definidas en las etapas anteriores.

Por otra parte las técnicas de síntesis de MENs se utilizan para decidir sobre intercambios de materia entre las corrientes de un proceso una vez que todas estas han sido definidas. Sin embargo el concepto de MENs puede usarse en una etapa anterior de la jerarquía de Douglas generando nuevas estructuras y sistemas de separación alternativos. Con las nuevas alternativas de diseño, se logra una apreciable reducción del hidrógeno alimentado al proceso.

Palabras Clave: hidrógeno, intercambio, masa, recuperación, integración

Abstract - In this paper, we study new recycles structures and hydrogen recovery systems, which are generated by including the concept of mass exchange networks (MENs) in making design decisions.

When designing a process following the hierarchical procedure of Douglas (1985) advances in the design generate more detailed versions of the process with an increasing number of blocks interconnected by process streams. The procedure ends with a heat integration of the process streams already defined in previous stages.

On the other hand, the synthesis techniques of MENs are used to decide on the exchange of mass between process streams once these have been defined. However, the concept of MENs can be used at an earlier stage in the hierarchy of Douglas, generating structures and separation systems alternatives. With the new design alternatives, a significant reduction of the hydrogen fed to the process is achieved.

Key words: hydrogen, exchange, mass, recovery, integration

INTRODUCCIÓN

En la metodología jerárquica de Douglas (Douglas, 1985; Douglas, 1997) el primer nivel de decisión trata la estructura “de entrada-salida” del diagrama de flujo del proceso. Las materias primas, los productos finales y las rutas de procesamiento se definen en este nivel dando la estructura global

de componentes que entran y salen del proceso. El segundo nivel de decisión refina la alternativa de proceso ya seleccionada decidiendo la estructura de ciclos del diagrama de flujo del proceso y selecciona las operaciones unitarias para realizar las separaciones. Esto es realizado siguiendo heurística que recomienda las alternativas de reciclaje y criterios para seleccionar las operaciones de separación.

Finalmente se realiza la integración de calor entre las corrientes del proceso definidas en las etapas anteriores.

Las técnicas de síntesis de redes de intercambio de materia (MENs) extrapolan el análisis pinch de integración de calor a redes de MENs (El-Halwagi, 2006; El-Halwagi and Manousiouthakis, 1989) intercambiando materia entre las corrientes del proceso en un arreglo a contracorriente. Como en el caso de las redes de integración de calor (HENs), estas técnicas necesitan como información de entrada la lista de corrientes a ser integradas. De este modo las técnicas de HENs y MENs son aplicadas actualmente a procesos ya existentes o en la última etapa de diseño del proceso una vez que todas las corrientes han sido generadas.

Sin embargo el concepto de MENs puede ser usado en etapas anteriores de la jerarquía de Douglas (Douglas 1985; Douglas 1988). En primer lugar el concepto de MENs puede usarse después de definir la reacción para decidir sobre la estructura de reciclo del proceso como una regla heurística adicional: “explore la implementación de un intercambiador de materia entre las corrientes de salida y de entrada del reactor”. Si esta integración material fuera posible todo el esquema de separación y reciclo subsiguiente sería de menor envergadura e incluso inexistente si se lograra una integración total entre la salida y entrada. En esto último radica otra importante diferencia respecto al diseño tradicional de MENs donde las transferencias son mínimas y no afectan las condiciones de operación del proceso. En segundo lugar el concepto de MENs puede ser usado en el último nivel de la jerarquía de decisiones de Douglas, antes de definir la red de intercambio de calor, como otra regla heurística adicional: “explore la implementación de un intercambiador de materia entre las corrientes de purga y de entrada del proceso”. Al realizar el intercambio de materia en este nivel de la jerarquía no se producen modificaciones importantes en el diseño del proceso pero se logra una interesante reducción del hidrógeno alimentado al proceso.

A continuación hay una sección que presenta formalmente el problema general al que se aplica el concepto de MENs como heurística, lo compara con el problema de síntesis tradicional y se describe la propuesta. Más adelante, en la sección de ejemplo,

se describe brevemente el proceso de Hidrodealquilación (HDA) de tolueno a benceno y las diferentes alternativas de diseño obtenidas al utilizar el concepto de MENs en distintas etapas del procedimiento de diseño de Douglas (Douglas 1985; Douglas 1988). Finalmente en la última sección se presentan las conclusiones de este trabajo.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE ESTUDIO

Supongamos que tenemos un proceso donde se produce una reacción entre un componente A y un componente B, ambos gaseosos, que reaccionan para formar un componente C. Por lo general uno de los componentes de entrada (supongamos el componente B) está en exceso para acelerar la reacción. Por lo tanto se encuentra en abundancia en la corriente de salida del reactor junto con el componente C (el producto) y pequeñas cantidades del componente A sin reaccionar (si el avance de reacción no es total). Eventualmente en la corriente de salida del reactor también puede encontrarse algún subproducto, catalizador o componente inerte (alimentado junto con los reactivos). Si el reactivo adicionado en exceso es valioso, después de separarse del producto, normalmente se lo recicla a la entrada del reactor, pero previo al reciclado se realiza una purga para evitar la acumulación de los componentes inertes y/o subproductos en el ciclo del proceso. Un esquema sencillo de un proceso como el descrito se muestra en la Fig. 1a.

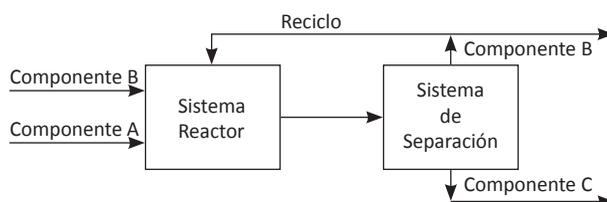


Figura 1 (a) - Proceso Característico

El sistema de separación esquematizado en la Fig. 1a puede constar de diferentes operaciones de separación y, como se está tratando con componentes en estado gaseoso, es factible que dentro de estas operaciones se encuentren las operaciones de permeado a través de membranas. Estas operacio-

nes de permeado habitualmente trabajan con una diferencia de presión considerable (30 bar o mayor) a través de las membranas (Pabby et al., 2009; Yampolskii and Freeman, 2010). Lo más común es que aprovechen la presión disponible de la corriente rica de la que se desea recuperar un componente teniendo como resultado un componente permeado a baja presión. Este componente permeado, para poder ser reciclado, debe ser comprimido hasta la presión de la corriente de entrada de ese componente al reactor. De esta manera el costo del equipo de compresión es menor que si se debiera comprimir toda la corriente rica (o fuente) ya que se está manejando un volumen de gas menor. En otros sistemas que no poseen la presión necesaria toda la corriente rica debe ser comprimida dando costos de compresión mayores. En estos sistemas de recuperación y reciclo usualmente el principal costo de reciclo está dado por los costos asociados al compresor y en menor medida por el área requerida de membrana.

Si se utiliza el concepto de MENs en el mismo nivel de la estructura de reciclo y sistema de separación de Douglas (Douglas, 1985; Douglas, 1988) se puede intercambiar el componente B entre la corriente rica (en el componente B) de salida del reactor y una corriente pobre (en el componente B) de entrada al reactor. Esta alternativa se muestra en la Fig. 1b. En este proceso ilustrativo se tiene que el componente B se encuentra a la salida del reactor a una presión parcial alta mientras que el componente A está a una presión parcial que es igual a la presión total en el caso que el componente A entre puro al reactor. Por lo tanto la presión parcial del componente B en la corriente de entrada del componente A es nula existiendo de esta manera un gradiente de presión parcial considerable para permear el componente B sin necesidad de instalar un compresor por lo que es posible utilizar este gradiente para realizar un intercambio de materia que equivaldría a un reciclo directo del componente B entre la salida y la entrada del reactor.

Obviamente no se podría intercambiar todo el componente B. En un caso límite solo se podría intercambiar hasta que la presión parcial del componente B sea igual a ambos lados de la membrana. Para un caso real, sin que la superficie de intercambio crezca infinitamente, se debe mantener un gradiente mayor a cero a través de la membrana para

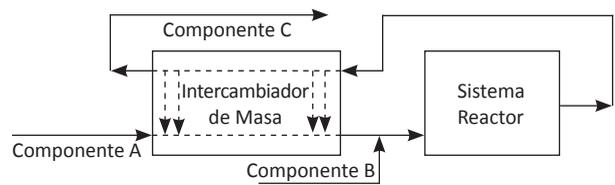


Figura 1 (b) - Incorporación del Concepto de MEN en la Estructura de Reciclo y Sistema de Separación

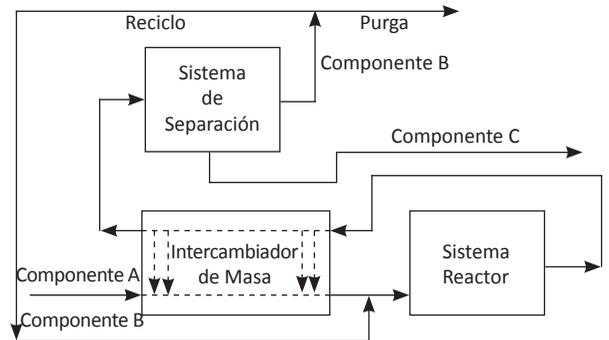


Figura 1 (c) - Incorporación del Concepto de MENs en la Estructura de Reciclo y Sistema de Separación más Separación Convencional

obtener un equipo de dimensiones aceptables. Para recuperar el resto del componente B todavía es posible recurrir a un sistema de separación convencional como el mostrado en la Fig. 1c.

Por otro lado el concepto de MENs también se puede utilizar en la última etapa de diseño antes de definir la HENs. Si se considera la corriente de purga se ve que es rica en el reactivo adicionado en exceso, por lo que se han diseñado diversos sistemas para recuperar componentes de la corriente de purga.

Entre estos sistemas están también los de separación con membranas. Como en el caso anterior, después del permeado se tiene como resultado una corriente a baja presión que para poder recircularse debe ser comprimida hasta la presión de la corriente de entrada de ese componente al reactor. En la Fig. 1d se muestra la estructura general de un sistema de permeado convencional para la corriente de purga de un proceso. Si aquí se utiliza el concepto de MENs es posible intercambiar entre la corriente de purga rica en el componente B y una corriente de entrada al proceso pobre en el mismo componente.

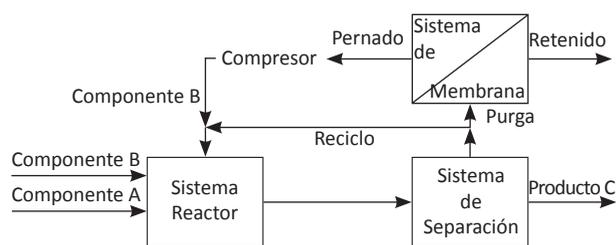


Figura 1 (d) - Permeado Convencional en la Corriente de Purga

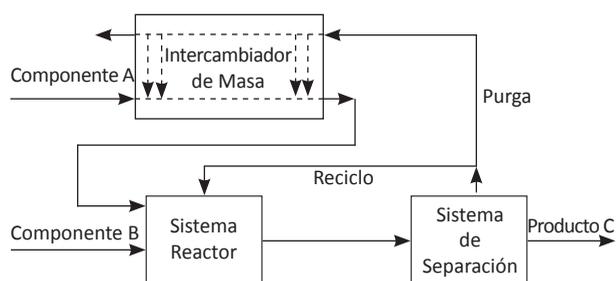


Figura 1 (e) - Incorporación del Concepto de MENs al final de la Jerarquía de Douglas

Esta alternativa se muestra en la Fig. 1e.

Nuevamente, solo es posible intercambiar el componente B presente hasta que la presión parcial del mismo sea igual a ambos lados de la membrana. Para recuperar el resto del componente deseado se puede recurrir a una operación de permeado convencional con membranas. Dependiendo del proceso que se trate, con la inclusión del concepto de MENs se pueden recuperar y reciclar diferentes porcentajes del componente que se encuentra en exceso. Pero en todos los casos el sistema de separación siguiente es de menor tamaño y costo.

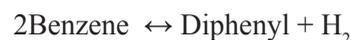
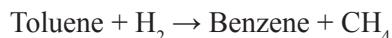
EJEMPLO: PROCESO HDA

En trabajos anteriores se analizó la incorporación del concepto de MENs a diferentes alternativas del proceso HDA de Tolueno a Benceno (Fischer and Iribarren, 2011; Fischer and Iribarren, 2013) al proceso de síntesis de Amoníaco (Fischer and Iribarren, 2012) y el proceso de síntesis de Ciclohexano (Fischer and Iribarren, 2013). En este trabajo se pretende generalizar el uso del concepto de MENs en las diferentes etapas del procedimiento de dise-

ño jerárquico de Douglas (Douglas 1985; Douglas 1988). Para ello se utilizan los resultados obtenidos de trabajos sobre el Proceso HDA (Fischer and Iribarren 2011; Fischer and Iribarren 2013) en los cuales se describen detalladamente las herramientas utilizadas así como los modelos utilizados y el procedimiento seguido.

Breve descripción del Proceso HDA

Se toma como referencia un proceso tradicional para una producción de benceno de 125 kmol/h antes de realizarse la integración de calor. Para este proceso las reacciones de interés son:



La reacción es homogénea y ocurre en el rango de 621°C a 667°C y a una presión alrededor de 35 atm. Como mínimo es necesario un exceso de hidrógeno de 5:1 para prevenir el quemado o carbonizado en el reactor a alta temperatura. El efluente gaseoso proveniente del reactor debe ser rápidamente sofocado a 621°C para prevenir el quemado en el intercambiador de calor siguiente. Las corrientes frescas de tolueno e hidrógeno son calentadas y mezcladas con las corrientes de reciclo de tolueno e hidrógeno antes de ser alimentadas al reactor. La corriente de salida del reactor contiene hidrógeno, metano, benceno, tolueno y difenilo. La mayor cantidad de hidrógeno y metano se separa de los aromáticos usando un condensador parcial. Entonces mediante una separación flash se separan los gases livianos. El hidrógeno y metano producidos en la separación se reciclan luego de purgar una parte de esta corriente para evitar la acumulación de metano (que es una impureza de la alimentación de hidrógeno y también producido por la reacción) en el proceso. Una parte del líquido de la separación flash es usado para sofocar y enfriar los gases calientes provenientes del reactor. El líquido restante va hacia el tren de destilación. No todo el hidrógeno y metano pueden ser separados mediante la operación flash. Por lo tanto, para remover el resto, se utiliza una columna de destilación (estabilizador). Luego el benceno es separado en una segunda columna de

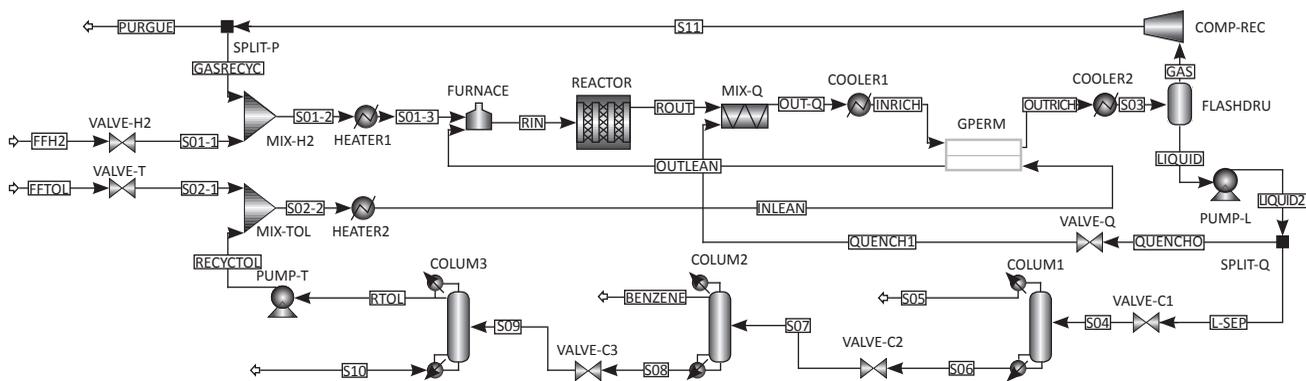


Figura 2 - Proceso HDA de Douglas con la Incorporación del Concepto de MENs

destilación, quedando la separación del tolueno y difenilo para una tercera columna.

Utilización del concepto de MENs en una etapa temprana de la Jerarquía de Douglas

Para este proceso, si el hidrógeno es separado a alta temperatura (a la salida del reactor), se favorece la reacción de descomposición del benceno a difenilo e hidrógeno y esto puede afectar la selectividad del proceso. Por lo tanto antes de separar hidrógeno se requieren indispensablemente el sofocamiento y un posterior enfriamiento. En el proceso tradicional, como se desea realizar una separación líquido-gas, toda la corriente de salida se enfría hasta una temperatura de 48,9°C y 33 atm. Antes de la separación líquido-gas se realiza la integración a contracorriente entre gases intercambiando hidrógeno. Como se desea que todos los componentes se encuentren gaseosos en la corriente rica proveniente del reactor ésta se enfría sólo hasta 325°C. Teniendo la mezcla de gases rica en hidrógeno a esa temperatura se puede intercambiar el hidrógeno a contracorriente con la corriente de entrada de tolueno al reactor a 325°C sin afectar la selectividad del proceso. En la Fig. 2 se muestra esta alternativa. Se utilizó una membrana de Zeolita ZSM-5 con un área de intercambio de 120 m² que permite mantener el gradiente de presión parcial del hidrógeno mayor a 0,5 bar. Se recupera el 10,61% del hidrógeno de la corriente proveniente del reactor, lo que da como resultado una reducción del 6,16% de los 451,01 kW de potencia de compresión para el compresor de

reciclo. Debido a que se recupera y recicla directamente parte del hidrógeno, la cantidad del mismo alimentado al proceso se reduce en un 5,85% de los 232,24 kmol/h necesarios anteriormente. El resto del sistema de separación (separación de líquido) permanece sin cambios apreciables.

Utilización del Concepto de MENs al Final de la Jerarquía de Douglas

Bouton and Luyben (Bouton et al., 2008) estudiaron un sistema membranas que puede anexarse al proceso tradicional de Douglas (Douglas 1985; Douglas 1988) para recuperar el hidrógeno disponible en la corriente de purga del proceso. Este sistema no modifica las condiciones de operación del proceso y el beneficio conseguido es una reducción del hidrógeno fresco alimentado debido al hidrógeno recuperado. Usan una membrana polimérica y optimizan el sistema de recuperación teniendo como variables el área de membrana y la presión corriente abajo de la membrana. Con esta configuración lograron reducir el consumo de hidrógeno en 77,04 kmol/h pero se necesitan dos compresores de recirculación secundarios con una potencia de 100,3 kW y 85,6 kW. Esta alternativa necesita un 0,22% más de tolueno para mantener constante la producción de benceno.

Si se utiliza el concepto de MENs en una etapa final del diseño del proceso es posible reemplazar el sistema de permeado convencional por un intercambio a contracorriente. Esto puede hacerse tomando como corriente rica en hidrógeno a la corriente de

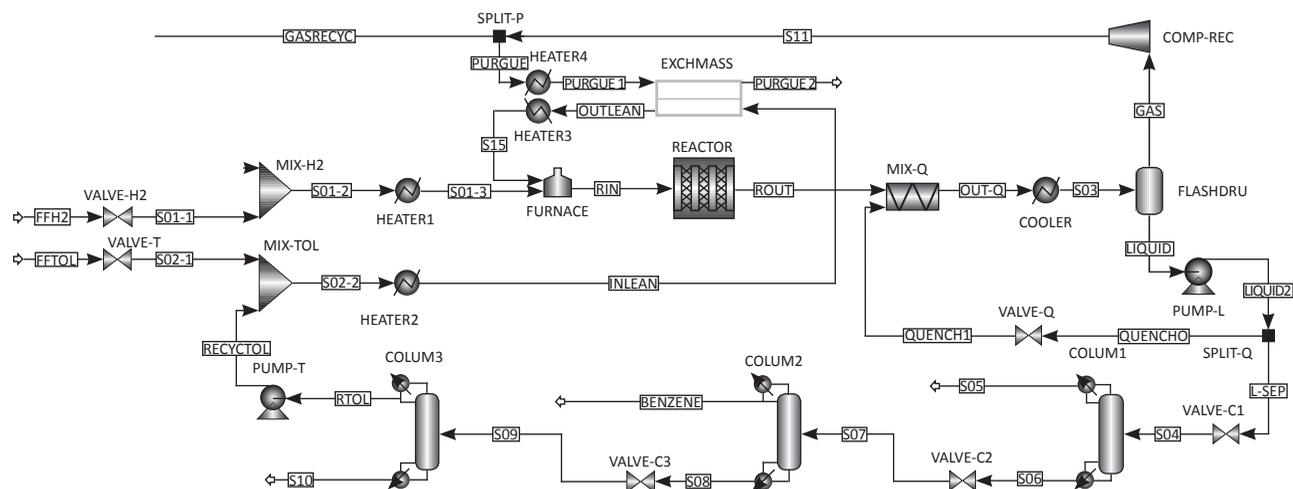


Figura 3 - Proceso HDA de Douglas con la inclusión del Intercambiador de Materia en la Corriente de Purga

purga del proceso calentada hasta 325°C y como corriente pobre (en hidrógeno) la de alimentación de tolueno calentada a 325°C. La Fig. 3 muestra el diagrama de flujo del proceso con la inclusión del intercambiador de materia entre las corrientes seleccionadas.

La performance de esta nueva configuración fue investigada utilizando dos membranas cerámicas distintas, una de zeolita ZSM-5 con estructura MFI (Welk et al., 2004) y otra de zeolita SAPO-34 con estructura CHA (Li et al., 2008). Para analizar la conveniencia de estas alternativas frente a una recuperación convencional con membranas se compara el Ahorro Anual Neto (AAN) entre las alternativas. Bouton and Luyben (Bouton et al., 2008) encontraron las condiciones óptimas de operación para el año 2008 por lo que no es posible hacer una comparación directa con el óptimo presentado por ellos. Para poder realizar una comparación relativamente más efectiva sus resultados fueron actualizados con el índice de precios Marshall and Swift del año 2011. Al comparar con los valores actualizados del diseño de Bouton et al. se nota que la alternativa con membranas ZSM-5 presenta un costo de instalación mucho menor (85,37% menor) mientras que la alternativa con membranas SAPO-34 presenta un costo levemente menor (8,84% menor). Con la alternativa de membrana ZSM-5 se tiene un AAN de 11,18% mayor que el AAN de un sistema de separación convencional con membrana polimérica mien-

tras que con la alternativa de membrana SAPO-34 el aumento del AAN es de 233,47%. Para la alternativa con membranas de Zeolita ZSM-5 se alcanza un AAN óptimo con un área de sólo 10 m² y se reduce la entrada de hidrógeno fresco en un 13,9%. Para la alternativa con membranas SAPO-34 se alcanza un AAN óptimo con un área de 650 m² y se reduce la entrada de hidrógeno fresco en un 26,34%.

CONCLUSIONES

Este trabajo presenta una discusión sobre la incorporación del concepto de redes de intercambio de materia (MENs) al procedimiento de diseño jerárquico de procesos de Douglas (Douglas 1985; Douglas 1988) para sintetizar un nuevo proceso. La propuesta combina el procedimiento de diseño jerárquico de procesos de Douglas con la metodología de MENs utilizando el concepto de MENs en distintos niveles del procedimiento de diseño jerárquico de Douglas. El concepto de MENs es un instrumento conceptual muy útil que encuentra nuevas aplicaciones al ser usada en una etapa inicial del procedimiento de diseño jerárquico de procesos en vez de solamente al final sobre un proceso completamente diseñado con la lista de corrientes definida e intercambiando pequeñas cantidades de materia.

La inclusión del concepto de MENs en las distintas etapas de diseño genera alternativas diferentes a las tradicionales. Al analizar cualitativa y

cuantitativamente los resultados obtenidos al aplicar el concepto de MENs en la etapa de síntesis de la estructura de reciclado y sistema de separación de la jerarquía de Douglas (Douglas 1985; Douglas 1988) se observa una reducción en el tamaño del sistema de recuperación y reciclado y, por ende, un costo menor de dichos sistemas. A su vez se logró una interesante reducción del hidrógeno consumido. Al aplicar el concepto de MENs en la última etapa del procedimiento de diseño jerárquico (o a un proceso ya diseñado) se necesitan cambios menores que no modifican considerablemente las condiciones de proceso. El principal beneficio fue una reducción apreciable de la cantidad de hidrógeno necesario. Otro de los beneficios fue que el sistema de recuperación carece del compresor de reciclado (y sus costos asociados) para recircular el hidrógeno recuperado. Por lo tanto, al aplicar el concepto de MENs en las distintas etapas del procedimiento de diseño, no se necesita ningún compresor para proporcionar la fuerza impulsora a través del intercambiador.

Estos resultados alientan el estudio de nuevas aplicaciones de las membranas de Zeolita tanto en la estructura de reciclado y sistema de separación de procesos como en el diseño de sistemas de recuperación de hidrógeno de la corriente de purga de procesos.

AGRADECIMIENTOS

Los Autores agradecen el soporte financiero del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina a través del proyecto PIP 1817.

REFERENCIAS

Douglas, "A Hierarchical Decision Procedure for Process Synthesis", *Am. Inst. Chem. Eng. Journal*; 31(3), 353-361, (1985).

Douglas, "Conceptual Design of Chemical Processes", *New York, McGraw-Hill*, (1988).

El-Halwagi, M. M., "Pollution Prevention through Process Integration", *San Diego, Elsevier Science Inc.*, (1997).

El-Halwagi, "Process Integration", *New York, Elsevier Science Inc.*, (2006).

El-Halwagi and Manousiouthakis, "Synthesis of Mass Exchange Networks", *Am. Inst. Chem. Eng. Journal*; 35(8), 1233-1244, (1989).

Pabby, Rizvi and Sastre, "Handbook of Membrane Separations", *Boca Raton, FL, CRC Press*, (2009).

Yampolskii and Freeman, "Membrane Gas Separation", *The Atrium, John Wiley & Sons Ltd*, (2010).

Fischer and Iribarren, "Mass Integration as a Design Heuristic: Improvements in the HDA Process", *Industrial & Engineering Chemistry Research*; 50(22), 12664-12677, (2011).

Fischer and Iribarren, "Hydrogen Recovery from the Purge Stream of an HDA Process using the Concept of Mass Exchange Networks", *International Journal of Hydrogen Energy*; 38(15), 6381-6390, (2013).

Fischer and Iribarren, "Improvements in the Design of the Ammonia Synthesis Process Implementing Counter Current Gas Permeation Modules", *Industrial & Engineering Chemistry Research*; 51(50), 16410-16418, (2012).

Fischer and Iribarren, "Improvements in the Design of the Cyclohexane Production Process Implementing Mass Exchange with a Counter Current Gas Permeation Membrane", *Industrial & Engineering Chemistry Research*; 52(4), 1698-1704, (2013).

Bouton and Luyben, "Optimum Economic Design and Control of a Gas Permeation Membrane Coupled with the Hydrodealkylation (HDA) Process", *Industrial & Engineering Chemistry Research*; 47(4), 1221-1237, (2008).

Welk, Nenoff and Bonhomme, "Defect-free zeolite thin film membranes for H₂ purification and CO₂ separation", *Studies in Surface Science and Catalysis*, I. M. C. E. van Steen and L. H. Callanan, Elsevier. Volume 154, Part 1: 690-694, (2004).

Li, Shiguang, Falconer, John and Noble, "SAPO-34 membranes for CO₂/CH₄ separations: Effect of Si/Al ratio", *Microporous and Mesoporous Materials*; 110(2-3), 310-317, (2008).

Normas para la Publicación de Artículos

El Comité Editorial de la Revista Tecnología y Ciencia de la Universidad Tecnológica Nacional recibirá de la dirección de la revista los artículos científicos y/o tecnológicos de los autores y será el encargado de designar los árbitros especializados externos para la evaluación de los trabajos quienes recomendarán su publicación o su rechazo.

La Dirección de la Revista será la encargada de notificar al/los autor/es del trabajo de la decisión del Comité Editorial que será inapelable.

Los autores interesados en publicar artículos en la revista "Tecnología y Ciencia" de la Universidad Tecnológica Nacional deberán enviar sus trabajos ajustados a las normas que se indicarán a continuación:

Se aceptarán trabajos relacionados con el área de ciencia y tecnología que representen una contribución significativa para el desarrollo tecnológico.

Deberán estar redactados en castellano y se deberá poner especial cuidado en el correcto uso de la ortografía y redacción de acuerdo a Normas de la Real Academia Española. Se deberá evitar el uso de términos en otros idiomas si éstos tienen su equivalente en esta lengua.

La UTN se reserva el derecho de realizar modificaciones para una mejor presentación del trabajo y de realizar cambios en las Normas si la situación lo requiere.

Con el envío de los trabajos los autores conceden implícitamente los "Derechos de Autor" a la Universidad Tecnológica Nacional. Por lo tanto, a la fecha de envío del artículo, los trabajos remitidos para su publicación no deberán tener tales derechos otorgados a terceros. Para este fin deberá cumplimentarse y enviar la forma que podrá ser bajada en [www...](http://www.utn.edu.ar)

La concesión de Derechos de Autor significa la autorización para que la UTN pueda hacer uso del artículo, o de una parte de él, con fines de divulgación y difusión de la actividad científica-tecnológica. En ningún caso dichos derechos afectan la propiedad intelectual que es propia de los autores.

Los conceptos y opiniones vertidos en los artículos publicados y del uso que otros puedan hacer de ellos son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Considerando que el artículo enviado es directamente reproducido la responsabilidad final del escrito es de los autores y la responsabilidad sobre la calidad del impreso y su ajuste a estándares internacionales es de la Universidad.

FORMATO DEL ARTÍCULO

Se recomienda que el trabajo completo tenga entre 4 y 12 páginas pares, incluyendo el resumen y, básicamente, las siguientes secciones: introducción, desarrollo, resultados y discusión, tablas y figuras, conclusiones y referencias.

Se podrá incluir una sección de Agradecimientos que de-

berá estar redactada en no más de 4 líneas de una columna y se ubicará justo antes de las Referencias.

El formato obligatorio es a dos columnas (excepto el encabezado de la primera página y el resumen) a espacio simple entre líneas de texto dejando un espacio entre subtítulo y texto.

ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Primera página: Los artículos enviados para su publicación deben incluir un encabezado que constará de: el título, seguidamente y dejando un espacio en blanco el nombre de los autores y luego su afiliación en la Facultad con dirección completa y correo electrónico (sólo en castellano). Luego a un espacio se presentará el resumen y, debajo de este, las palabras clave en idioma castellano. A continuación se deberá repetir con el mismo formato el abstract y palabras clave en inglés.

Es recomendable indicar el autor a quien dirigir la correspondencia si este no es el primero de la lista.

Título y autores: El título debe reflejar el objetivo principal del trabajo en forma concisa. Se recomienda utilizar un título complementario sólo cuando sea estrictamente necesario. Se utilizará la letra Times New Roman 11 en negritas y con la inicial de cada sustantivo en mayúsculas (Ej.: Aplicación del Método de Elementos Finitos al Tratamiento...).

El nombre de los autores se indicará, sin grados ni títulos, de acuerdo a: primer nombre y apellido(s). No se aceptarán trabajos con más de cuatro autores.

Resumen: no deberá exceder de 150 palabras en la versión en castellano y la cantidad que corresponda en la versión en inglés. Ambas versiones deben reproducir literalmente el mismo texto sólo que estará presentado en otro idioma. Deberá presentar de manera precisa el contenido del trabajo descrito de un modo simple y directo. Debe establecer objetivos y alcance del estudio realizado describiendo de una manera sintética la metodología, un resumen de resultados y las principales conclusiones. No debe contener información o conclusiones que no estén incluidas en el artículo. No se debe usar abreviaturas ni citar referencias, salvo estrictas excepciones.

Palabras clave: Se deberá incluir de tres a cinco palabras

clave (keywords) que permitan a un potencial usuario identificar el artículo en bases de datos internacionales. Los autores deberán definir las entre aquellas que consideran que resultarán más adecuadas para este propósito. Generalmente aquellas palabras que se eligen como palabras clave también figurarán en el título del artículo o, al menos, en el resumen.

Contenido del artículo: Luego del encabezado y dejando dos espacios en blanco deberá comenzar el texto del artículo con la introducción y su desarrollo continuará de acuerdo a lo indicado en el ítem Formato del Artículo. La última página deberá terminar también a dos columnas independiente del área cubierta por el texto.

El trabajo deberá estar escrito en forma concisa y coherente utilizando enunciados cortos y simples en estilo impersonal evitándose los detalles disponibles en libros, tesis, artículos previos, etc.

Secciones: Los títulos de éstas serán escritos con letras mayúsculas, en negrita, ajustados al margen izquierdo sin numerar ni subrayar. Los subtítulos, también ajustados a la izquierda, deberán ser escritos con letras minúsculas, sin negritas y con letra cursiva, salvo la primera letra y la primera letra de los nombres propios para los que se utilizará mayúsculas. Se debe dejar un espacio entre líneas antes y después de cada subtítulo.

Conclusiones: Se deberán indicar en una sección específica de un modo claro y preciso.

Fórmulas: Las fórmulas y expresiones matemáticas deberán estar separadas de los párrafos de texto por un espacio en blanco. El mismo espaciado se respetará entre cada una de ellas si se deben listar varias en forma sucesiva. Se presentarán en Math Type y, en caso de no ser posible, en Word. Deberá evitarse presentarlas en formato jpg.

Las fórmulas se ajustarán al margen izquierdo de la columna y se numerarán correlativamente y entre paréntesis en el extremo derecho de la línea correspondiente. El significado y las unidades utilizadas en cada término de las expresiones deberán quedar perfectamente definidos. Se recomienda el uso del Sistema Internacional de Unidades (SI). Si se cree conveniente se podrán consignar entre paréntesis los valores de otras unidades o factores de conversión.

Figuras y tablas: Las figuras se numerarán correlativamente en orden de aparición en el texto e incluirán un breve título explicativo en la parte inferior (Ej.: Fig. 1 - Datos experimentales de capacidades caloríficas de líquidos) en Times New Roman 9 dejando un espacio entre el epígrafe y el texto siguiente. Si es necesario incluir fotos se deberán designar como figuras. **Deberán presentarse en blanco y negro y con buena definición.** En casos de figuras con varias líneas éstas deberán mostrar buen contraste.

Las tablas se numerarán correlativamente en forma independiente de las figuras y según el orden de aparición en el texto incluyendo un título explicativo en la parte inferior (Ej.: Tabla 1 - Datos de distribución de la población) también en

Times New Roman 9 dejando un espacio entre el epígrafe y el texto siguiente.

El tipo y tamaño de letra utilizado en el texto de las figuras y tablas deberán ser semejantes al empleado en el artículo. El grosor de las líneas en figuras y tablas será similar al de las letras del texto y uniformes en todo el artículo. Las figuras y tablas pueden ocupar las dos columnas de una página o incluso la página completa si fuese necesario. En todo caso se debe cuidar que el ancho sea de 17 cm y el largo de 25 cm como máximo.

Las leyendas de los ejes deberán ser claras y precisas. Para el eje de ordenadas se ubicarán en forma vertical de abajo hacia arriba y para el de abscisas horizontalmente de izquierda a derecha.

Las tablas y figuras deberán insertarse en el texto del artículo y ubicarse próximas al lugar en que son mencionadas y no deben llevar fondos de ningún tipo.

Referencias: No se deberá usar el término Bibliografía como sinónimo de Referencias. En el texto del trabajo se citarán por autor y año entre paréntesis (Ahmad and Barton, 1997). Cuando existan más de dos autores se citará el primer autor seguido de et al., (Chang et al., 1999). En el listado de referencias (al finalizar el artículo) se deberán mencionar todas las referencias citadas con el nombre completo de los autores por orden de aparición y sin numeración de acuerdo al siguiente formato:

Artículos de revistas: Nombre del(os) autor(es), título completo de la publicación entre comillas, nombre completo de la revista (pueden emplearse las abreviaturas aceptadas en abstracts internacionales), volumen, número entre paréntesis (si hay), el número de página de inicio y fin del artículo separados por guión y, finalmente, el año de publicación entre paréntesis. Ejemplo: Eckert and Sherman, "Measurement and Prediction of Limiting Activity Coefficients", Fluid Phase Equilibria; 116, 333-342, (1996).

Libros: En este caso se deberá indicar además el número de edición, editorial, país de origen y páginas que fueron consultadas. Ejemplo: Boyce and Di Prima, "Elementary Differential Equations and Boundary Value Problems", Sixth Edition, John Wiley & Sons, USA, 169-204, (1997).

Tesis: Para citarlas se deberá indicar el siguiente detalle: autor, título, mención de la tesis (indicar el grado que se ha alcanzado entre paréntesis), institución, lugar, número de páginas y fecha de publicación entre paréntesis. Ejemplo: Ahmad, "Synthesis of Batch Processes with Integrated Solvent Recovery", Thesis (Ph. D. in Chemical Engineering), Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts USA, 245, (1997).

Actas de Congresos: Se deberán citar de acuerdo al formato establecido para artículos de revistas pero reemplazando el nombre de la publicación por el correspondiente al evento, además del lugar y fecha de realización. Ejemplo: Valderrama y Roselló, "Aplicación del Simulador Chemcad-Batch a la Destilación Vínica", Actas del 3º Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos - CAIP'96, Villa María - Argentina, 12 al 15 de noviembre de 1996, 229-232, (1996).

Patentes: Se indicará autor(es), título, número, oficina, país de registro y fecha. Ejemplo: Majewski, Parsey and Skelly, "Purification of Salicylanilide", Pat. Num. 3,221,051 — United

States Patent Office – USA - Nov. 30, (1965).

Documentos Electrónicos: El material a citar que esté disponible en este tipo de soporte deberá recibir el mismo tratamiento que los documentos impresos citados según sean textos o publicaciones electrónicas. Se indicará en un renglón posterior la dirección a través de la cual se tendrá acceso. Ejemplo: Wollstonecraft, “A Vindication of the Rights of Women: With Structures on Political and Moral Subjects”. Columbia University, Bartleby Library, 17, 340, (1996).

Acuso de recibo: El editor remitirá una notificación al recibir el trabajo. Una vez aceptado para publicación se comunicará a los autores y cuando ésta se haga efectiva se enviarán ejemplares de la revista vía correo.

Evaluación: Los trabajos recibidos que cumplan estrictamente las normas establecidas serán evaluados por árbitros especializados externos designados por el Comité Editorial. La aceptación de la contribución estará condicionada al dictamen de los árbitros.

Comunicación de los autores: Desde la recepción del trabajo hasta su publicación el editor mantendrá comunicación con los autores en la medida que las circunstancias lo requieran. La comunicación se hará con el primer autor(a) a menos que se indique expresamente en la primera página del artículo a cuál de ellos se debe dirigir la correspondencia. Se solicita a los autores conceder al editor un tiempo prudente para realizar adecuadamente el proceso de evaluación.

Temas a tratar en la revista: “Tecnología y Ciencia” aceptará trabajos derivados de investigaciones realizadas en el campo de la ciencia y la tecnología.

Los temas a tratar tendrán como objetivo mantener permanentemente actualizadas aquellas áreas y disciplinas que abarca la ingeniería en su conjunto y su aporte a la sociedad y estarán focalizados en investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico e innovación productiva. Algunos temas sugeridos son:

- * TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
- * TECNOLOGÍA EDUCATIVA Y ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA
- * ELECTRÓNICA, INFORMÁTICA Y COMUNICACIONES
- * ESTRUCTURAS Y CONSTRUCCIONES CIVILES
- * MATERIALES
- * INGENIERÍA DE PROCESOS Y DE PRODUCTOS
- * ENERGÍA
- * MEDIO AMBIENTE, CONTINGENCIAS Y DESARROLLO SUSTENTABLE
- * TRANSPORTE Y VIAS DE COMUNICACIÓN
- * TECNOLOGÍA DE LAS ORGANIZACIONES

Los artículos técnicos deberán considerar temas de interés teórico-práctico teniendo como finalidad profundizar el conocimiento tecnológico relacionado con los procedimientos y medios disponibles para abordar diversas problemáticas tanto en el ámbito de la enseñanza universitaria como del ejercicio profesional.

Excepcionalmente se podrán contemplar artículos que no estén dentro de la temática definida con anterioridad pero que, a juicio del Comité Editorial, puedan resultar de interés.

Envío de trabajos: deberán remitirse los archivos Word por mail a:

Comité Editorial
Revista Tecnología y Ciencia
Secretaría de Ciencia y Tecnología
Universidad Tecnológica Nacional
dabbadie@rec.utn.edu.ar
C.C.: pmauro@rec.utn.edu.ar