



Identificación del Trabajo	
Área:	Medio ambiente, contingencias y desarrollo sustentable
Categoría:	Alumno
Regional:	Rosario

Análisis de la absorción de CO₂ con soluciones de salmuera-amina

Camila MARTINEZ

Centro de Aplicaciones Informáticas y Modelado en Ingeniería (CAIMI), Facultad Regional Rosario, UTN

E-mail de autores: camimartinez1515@gmail.com

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Dra. Ana Arias y la Dra. Patricia Mores, en el marco del proyecto "Estrategias para el Diseño óptimo de Procesos Sustentables Considerando la Valorización de Subproductos y la incorporación de Energías Renovables". (2018 – 2020)

Resumen

Con el fin de tratar y reutilizar los desechos de una planta de doble propósito, en este trabajo se realizó un ensayo preliminar para evaluar el efecto del agregado de salmuera a la solución de monoetanolamina (MEA) para la absorción de CO₂ y la obtención de NaHCO₃. Por medio de simulación paramétrica, se analizó la incidencia de la composición de salmuera incorporada (entre 3-15%p/p de NaCl), las concentraciones de CO₂ en los gases a tratar (entre 4-24%) y su temperatura (30-50°C), la relación de flujo L/G y el número de etapas. Tanto el agregado de salmuera como el incremento de CO₂ redundan en una disminución en la recuperación de CO₂ en la corriente de amina enriquecida. Al contrario, un incremento en la relación de flujo o en el número de etapas de separación aumentan la recuperación. No se apreciaron cambios con la temperatura de los gases de entrada.

Palabras Claves: Uso de CO₂; Salmuera de rechazo; Absorción química; Captura de CO₂

1. Introducción

En nuestros días, debido al incipiente deterioro ambiental, es de gran conocimiento la necesidad de generar procesos que sean tanto ambiental como económicamente sustentables. Las plantas doble propósito son una opción ventajosa para esta problemática debido a que en ellas se realiza la producción simultánea de energía y agua potable, siendo esto favorable al ahorro y cuidado de los recursos y del medio ambiente. En este tipo de plantas se generan distintos residuos, uno de ellos es el CO₂ contenido en los gases efluentes, cuyas emisiones se han convertido en una preocupación mundial debido al papel que desempeñan en el calentamiento global y el cambio climático (Dindi et al., 2014; Maring and Webley, 2013). A su vez, del agua potable que se obtiene por desalinización se deriva un problema por la salmuera producida, ya que dispuesta en el mar, provoca un aumento de la salinidad y temperatura resultando en una amenaza para los sistemas de vida acuática. A raíz de estos problemas se están planteando diferentes alternativas para el tratamiento de estos residuos (Dindi et al., 2018, 2015; El-Naas et al., 2010), entre las que se puede mencionar la posibilidad de utilizar el CO₂ y la salmuera para la producción de NaHCO₃ debido a su alto contenido de iones Na⁺. En este proceso, la salinidad de la salmuera se reduce y se vuelve más segura para su disposición final,

mientras que el NaHCO_3 producido tendrá un valor comercial generando ingresos que respaldarán la planta de tratamiento de residuos. Tradicionalmente se utiliza el proceso Solvay, el cual utiliza amoníaco como catalizador para ayudar a la reacción de CO_2 con NaCl . Aunque se ha demostrado que el amoníaco es adecuado para la absorción de CO_2 , su uso es problemático debido a su alta volatilidad a las temperaturas de absorción de CO_2 . Por esta razón, varios investigadores analizaron la posibilidad de utilizar un proceso Solvay modificado en el cual se emplea amina en lugar de amoníaco (Dindi et al., 2018, 2015).

Este proceso es prometedor, ya que puede abordar dos problemas ambientales al tiempo que genera productos químicos con valor comercial a partir de la utilización de residuos. Por ello, el estudio de este proceso desde distintas perspectivas es un área en creciente desarrollo (Abu-Zahra et al., 2007; El-Naas et al., 2017, 2010).

A lo largo de este trabajo, se evaluó el efecto de la incorporación de salmuera a la solución absorbente de monoetanolamina (MEA) y diferentes condiciones de operación, sobre el rendimiento de una torre de absorción con el fin de identificar los factores claves en el proceso.

2. Metodología

El proceso de captura simultánea de CO_2 con tratamiento de salmuera propuesto por Dindi et al. (2015) consta de tres unidades principales: carbonatación, filtración y recuperación de aminas y cloruros. En la Figura 1 se observa el esquema del proceso completo, en este trabajo se utilizó Aspen Hysys V8.6 con el paquete termodinámico "Acid Gas" para realizar un estudio de la etapa de carbonatación por medio de simulación de una columna de absorción (Figura 2). En la torre, se ponen en contacto los gases efluentes provenientes de una planta de generación de energía (representados por la corriente D) con la salmuera de rechazo proveniente de una planta de desalinización (corriente A), premezclada con MEA (corriente B). El CO_2 contenido en los gases de combustión se disuelve en el solvente y reacciona con los iones Na^+ , presentes en la salmuera, para dar finalmente bicarbonato de sodio.

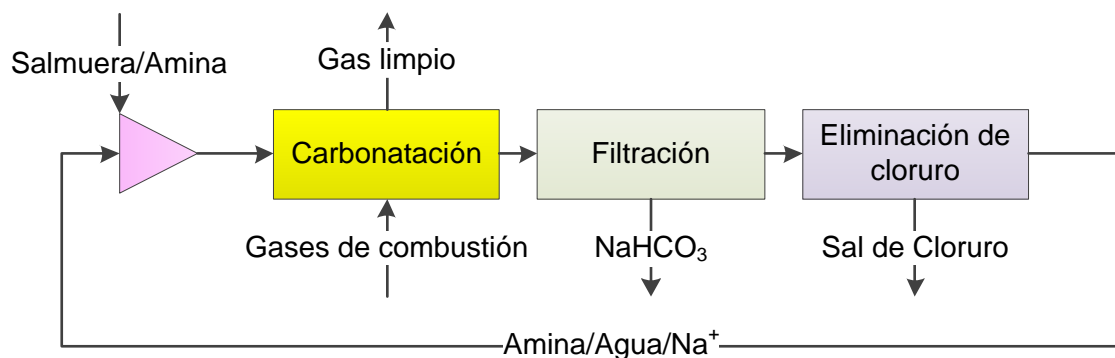


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso propuesto por (Dindi et al., 2015).

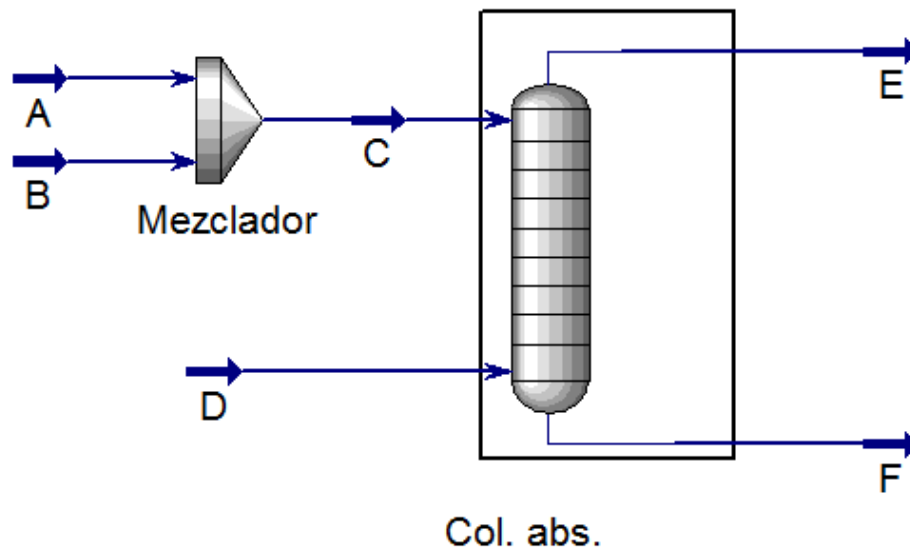
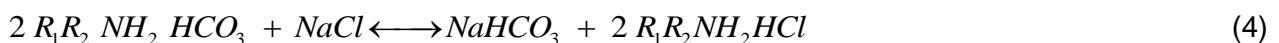
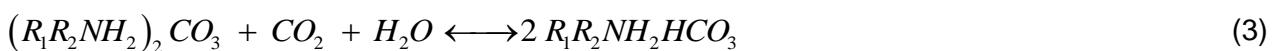
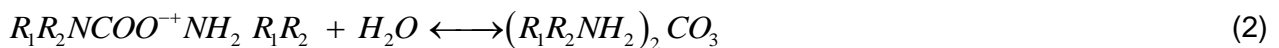


Figura 2. Torre de absorción simulada en Hysys.

El mecanismo de las reacciones de absorción depende del tipo de amina seleccionado, las diferentes clases de aminas reaccionan de manera distinta con el CO_2 . Las aminas acuosas primarias y secundarias como MEA y DEA forman carbamatos a través de una reacción nucleofílica (1). Los carbamatos también pueden disociarse en bicarbonatos dependiendo de su estabilidad como se describe en las reacciones (2) y (3). Al agregar NaCl al sistema, el equilibrio cambia y se obtiene $NaHCO_3$ (4). Las siguientes reacciones fueron tomadas de Dindi et al. (2015).



A la salida de la torre, por la parte superior se obtienen gases limpios, esto es con un menor contenido de CO_2 (corriente E) mientras que por la parte inferior se obtiene la solución de amina enriquecida en CO_2 (corriente F). En este estudio preliminar se asume que todo el CO_2 presente en la corriente F se convierte a $NaHCO_3$ según la reacción (4) con lo cual se determina un límite superior en la formación de este compuesto.

En las etapas subsiguientes, las cuales escapan al alcance de este trabajo, se procederá a la separación del $NaHCO_3$ y posterior regeneración del absorbente.

En el presente trabajo se pusieron en contacto 27000 kgmol/h de una corriente de salmuera (corriente A) cuya concentración de NaCl se fue variando paramétricamente entre 3-15%p/p (manteniendo siempre una relación 70:30 entre salmuera-amina), con 7200 kgmol/h de gases de entrada (corriente D) con un contenido de CO_2 de entre 4-24%, resultando en un total de 25 casos de estudio.

Como parámetro para la comparación de los diferentes casos de estudio se define la recuperación de CO₂ en la corriente líquida (F) según se detalla en la Ec. (5), siendo X la fracción molar en cada corriente.

$$REC = \left[\frac{X_{CO_2} \cdot \text{Flujo molar de líquido en F}}{X_{CO_2} \cdot \text{Flujo molar de gas en D}} \right] \cdot 100\% \quad (5)$$

3. Resultados y discusión

En la Figura 3 se observa el porcentaje de recuperación de CO₂ obtenido en cada uno de los casos estudiados.

Observando los datos se puede notar cómo influye la concentración de NaCl en la salmuera, al disminuir esta, aumenta la recuperación de CO₂. A su vez, la concentración de CO₂ en el gas de entrada a la torre también provoca alteraciones en la recuperación, ya que al aumentar el porcentaje de CO₂ se disminuye la recuperación. Otro punto destacable es que cuanto mayor sea el contenido de salmuera menor será la incidencia de la composición de los gases a tratar en la recuperación.

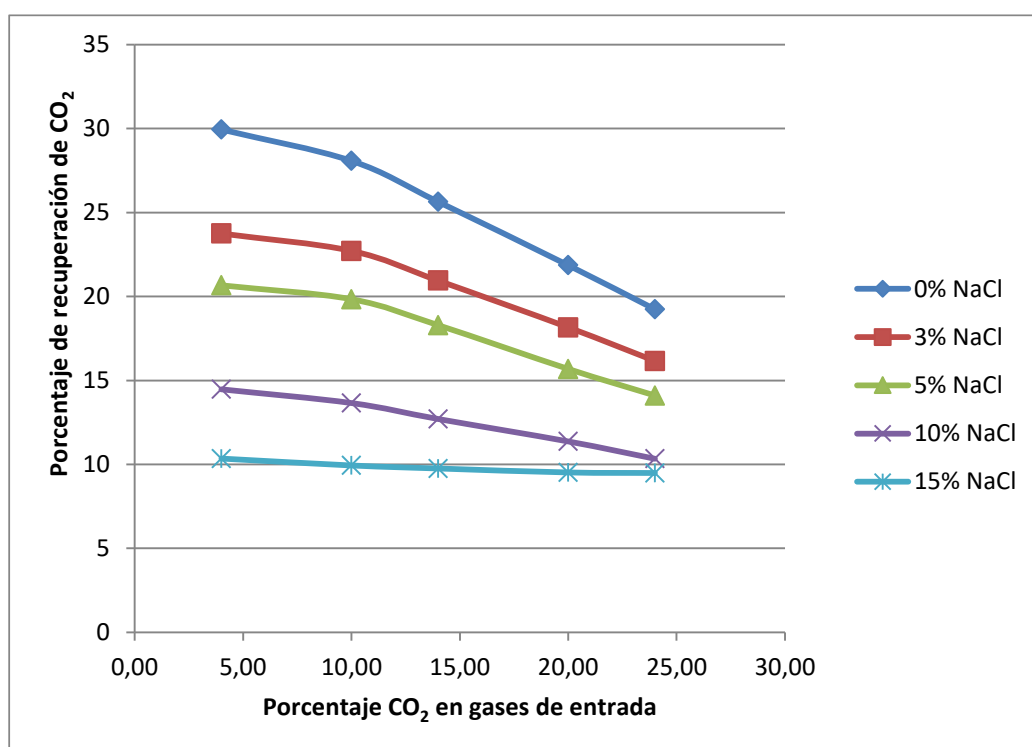


Figura 3. Recuperación de CO₂ vs porcentaje de CO₂ en gases de entrada para distintas concentraciones de NaCl.

En la Tabla I se presentan los resultados obtenidos al analizar a) el incremento de los caudales de las corrientes A y B (salmuera y amina pura), b) un incremento en el número de etapas de separación y c) variando la temperatura del gas de entrada, tomando en todos los casos como base una concentración de NaCl en salmuera de 3% y un 4% de CO₂ en los gases

de entrada. Los caudales iniciales son bajos y la recuperación alcanzada en este caso es de 24,3%.

Tabla I. Influencia de las variables operativas y de diseño en la recuperación.

Caso	Referencia	a	b	c
L/G (Relación de flujos)	4,25	89,25	4,25	4,25
Temperatura (°C)	40	40	40	50
Nº de etapas	10	10	15	10
REC (%)	24,3	49,2	36,22	24,4
Δ REC (%)	-	24,9	11,92	0,1

Habiéndose estudiado una sola etapa de absorción sin tener en cuenta la etapa de regeneración de la amina, las recuperaciones observadas fueron de aproximadamente un 25 %.

Para lograr una recuperación de aproximadamente un 50% se tuvo que aumentar 21 veces el flujo C, pasando de una relación de L/G de 4,25 a 89,25. Por otro lado, se incrementó el número de etapas en la torre de absorción de 10 a 15, y se evidenció su incidencia en el porcentaje de recuperación, aumentando un 11,92%.

Finalmente, se observa que un incremento de la temperatura de los gases de entrada (de 40°C a 50°C) produce cambios despreciables en la recuperación, aumentando alrededor de 0,1%.

4. Conclusiones

Se concluye a partir de los diferentes casos de estudio que existe una relación inversamente proporcional entre la concentración de NaCl en la salmuera respecto de la recuperación de CO₂. La influencia de la concentración de CO₂ en los gases de entrada varía con la concentración de NaCl disminuyendo la recuperación. Por otra parte, en los casos analizados no se evidenciaron cambios significativos con la variación de la temperatura si con el número de etapas y con un gran incremento en la relación de flujo.

El empleo de diferentes tipos de aminas, la simulación del proceso completo, la optimización de las condiciones de operación, entre otras opciones, serán consideradas en trabajos futuros.

Reconocimientos

Este trabajo fue desarrollado en el marco de una beca para el desarrollo de tareas de investigación otorgada por la Secretaría de Asuntos Universitarios (SAU) de la Facultad Regional Rosario, además de los recursos brindados por la Universidad Tecnológica Nacional (Rectorado UTN y FRRo).

Bibliografía

Abu-Zahra, M.R.M., Schneiders, L.H.J., Niederer, J.P.M., Feron, P.H.M., Versteeg, G.F. (2007). CO₂ capture from power plants. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 1, 37–46.

Dindi, A., Quang, D.V., Abu-Zahra, M.R.M. (2015). Simultaneous carbon dioxide capture and utilization using thermal desalination reject brine. *Applied Energy*, 154, 298–308.

Dindi, A., Quang, D.V., AlNashef, I., Abu-Zahra, M.R.M. (2018). A process for combined CO₂ utilization and treatment of desalination reject brine. *Desalination*, 442, 62–74.

Dindi, A., Quang, D.V., Hadri, N.E., Rayer, A., Abdulkadir, A., Abu-Zahra, M.R.M. (2014). Potential for the Simultaneous Capture and Utilization of CO₂ Using Desalination Reject Brine: Amine Solvent Selection and Evaluation. *Energy Procedia*, 12th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, GHGT-12 63, 7947–7953.

El-Naas, M.H., Al-Marzouqi, A.H., Chaalal, O. (2010). A combined approach for the management of desalination reject brine and capture of CO₂. *Desalination*, 251, 70–74.

El-Naas, M.H., Mohammad, A.F., Suleiman, M.I., Al Musharfy, M., Al-Marzouqi, A.H. (2017). A new process for the capture of CO₂ and reduction of water salinity. *Desalination*, 411, 69–75.

Maring, B.J., Webley, P.A. (2013). A new simplified pressure/vacuum swing adsorption model for rapid adsorbent screening for CO₂ capture applications. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 15, 16–31.