



Absorción de dióxido de carbono por disoluciones acuosas de mezclas binarias de alcanolaminas

CONAMA2014

A.B. López*, R. Pacheco, M. D. La Rubia, S. Sánchez, F. Camacho¹

Departamento de Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales, Universidad de Jaén. 23071 Jaén (España)

¹Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Granada. 18071 Granada (España)

Teléfono: 34 953 213056 – E-mail: ablopez@ujaen.es

Palabras clave: absorción, dióxido de carbono, alcanolaminas, cinética de reacción.

INTRODUCCIÓN

La investigación que se presenta, es consecuencia de la importancia que el uso de alcanolaminas tiene para el tratamiento de **corrientes gaseosas impurificadas** con gases ácidos en los procesos industriales, y de la necesidad de reducir la emisión de **gases de efecto invernadero** que, como el CO₂, está contribuyendo al cambio climático.

La bibliografía indica que, para la absorción de dióxido de carbono, las **mezclas de alcanolaminas** ofrecen ventajas sobre las alcanolaminas simples. De algunas de las mezclas, es conocido su comportamiento cinético a bajas presiones parciales de CO₂. En este caso, se estudia su cinética a presiones próximas a la atmosférica.

Para todos los experimentos se ha usado dióxido de carbono puro, y como absorbentes, se han empleado disoluciones acuosas de mezclas binarias de alcanolaminas, como han sido la primaria (**monoisopropanolamina, MIPA**) o secundaria (**diisopropanolamina, DIPA**), con la terciaria (**trietanolamina, TEA**). Así, se han preparado disoluciones acuosas en el rango de concentraciones de 5-20% total, en peso, variando las proporciones de las mezclas de los sistemas MIPA/TEA y DIPA/TEA según: 100/0, 75/25, 50/50, 25/75 y 0/100, empleando como disolvente agua ultrapura.

MATERIALES Y MÉTODOS

PROPIEDADES DE TRANSPORTE

* Viscosidad, μ (mPa s)

* Coeficiente de difusión del CO₂ en la fase líquida^(1,2)

$$[D/D_{H_2O}]_{CO_2} = [D/D_{H_2O}]_{N_2O} \quad [1]$$

$$D_{CO_2, H_2O} = 2,35 \cdot 10^{-6} e^{(-2119/T)} \quad [2]$$

$$D_{N_2O, H_2O} = 5,07 \cdot 10^{-6} e^{(-2371/T)} \quad [3]$$

$$(D_{N_2O} \mu_B^\gamma)_{Dis.am} = (D_{N_2O} \mu_{H_2O}^\gamma); \quad \gamma = 0,8 \quad [4]$$

* Coeficiente de difusión de la alcanolamina en la fase líquida⁽³⁾

$$MIPA \quad D_B = 3,06 \cdot 10^{-15} T / \mu \quad [5]$$

$$DIPA \quad D_B = 2,16 \cdot 10^{-15} T / \mu \quad [6]$$

$$TEA \quad D_B = 2,08 \cdot 10^{-15} T / \mu \quad [7]$$

$$MIPA/TEA \quad D_B = 1,61 \cdot 10^{-15} T / \mu \quad [8]$$

$$DIPA/TEA \quad D_B = 1,40 \cdot 10^{-15} T / \mu \quad [9]$$

PROPIEDADES FÍSICAS

* Densidad, ρ (kg m⁻³)

* Presión parcial del CO₂, p_A (kPa)

$$p_A = P - p_v \quad [10]$$

P : presión total (kPa),
 p_v : presión de vapor (kPa)

* Solubilidad del CO₂ en la fase líquida⁽⁴⁾

$$\bullet \text{ MIPA} \quad He_w = 10^{(5,3 - 1140/T)} \quad [11]$$

$$\bullet \text{ DIPA} \quad 288-293 \text{ K} \quad He_w = 10^{(5,3 + 0,035 C_{Bo} - 1140/T)} \quad [12]$$

$$303-313 \text{ K} \quad He_w = 10^{(5,3 + 0,026 C_{Bo} - 1140/T)} \quad [13]$$

$$\bullet \text{ MIPA/TEA} \quad He_w = 10^{(5,3 - 1140/T)} \quad [14]$$

$$\bullet \text{ DIPA/TEA} \quad He_{DIPA/TEA} = X_{DIPA} He_{DIPA} + X_{TEA} He_{TEA} \quad [15]$$

REFERENCIAS

- (1) Sada E., Kumazawa H., Butt M.A. *J. Chem. Eng. Data* **23** (2), 161 (1978)
- (2) Versteeg G.F., van Swaaij W.P.M. *J. Chem. Eng. Data* **33**, 29 (1988)
- (3) Wilke C.R., Chang P. *AIChE J.* **1**, 264 (1955)
- (4) Danckwerts P.V. *Gas-liquid reactions*, pp. 51-56, McGraw-Hill, London (1970)
- (5) Charpentier J.C. *Advances in chemical engineering*, vol.11, pp.1-133 (1981)

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es llevada a cabo por el Grupo de Investigación **Bioprocesos TEP-138**, gracias a la financiación realizada por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa. Junta de Andalucía.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo, es conocer la capacidad de absorción del CO₂ puro por disoluciones acuosas de mezclas binarias de alcanolaminas, en un reactor tipo tanque agitado, de área interfacial plana, discontinuo para las fases gas-líquido.

Además, evaluar la temperatura existente en la interfase G-L para conocer si se opera bajo condiciones isotérmicas o no; establecer el régimen de reacción del CO₂ en cada mezcla binaria, y en los casos en que el proceso transcurre en régimen de reacción rápida, determinar el valor de las constantes cinéticas y proponer expresiones que relacionen dichas constantes con la temperatura; finalmente, analizar, para cada caso, las relaciones existentes entre los factores de aceleración y el módulo de Hatta.

INSTALACIÓN EXPERIMENTAL

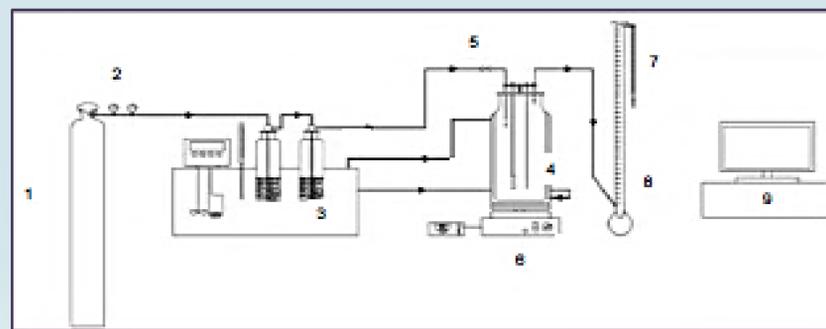


Fig. 1. Instalación experimental usada en los experimentos de absorción

(1. Bombona de CO₂, 2. Manorreductor de alta presión, 3. Circuito de termostatación, 4. Reactor tanque agitado, 5. Válvula de gas, 6. Agitador magnético, 7. Termómetro, 8. Medidor de burbuja, 9. Ordenador)

RESULTADOS

Densidad de flujo, N_A

Para calcular N_A (kmol m⁻² s⁻¹), se considera que el gas tiene un comportamiento ideal. La expresión utilizada ha sido:

$$N_A = \frac{n}{A} = \frac{PQ}{RTA} \quad [16]$$

Q: caudal volumétrico (m³ s⁻¹)

R: constante de los gases (kPa m³ K⁻¹ kmol⁻¹)

A: área interfacial (35,26 10⁻⁴ m²)

Absorción en MIPA/TEA 50/50

Asumiendo un régimen de reacción de orden "m" para el CO₂ y "n" para la amina⁽⁵⁾:

$$N_A = \sqrt{\frac{2}{m+1} D_A k_{m,n} C_{Ao}^{m+1} C_{Bo}^n} \xrightarrow{m=1} N_A = C_{Ao} \sqrt{D_A k_{1,n} C_{Bo}^n} \xrightarrow{p_A = He C_A} \log \left[\frac{N_A^2 He^2}{p_A^2 D_A} \right] = \log k_{1,n} + n \log C_{Bo} \quad [17]$$

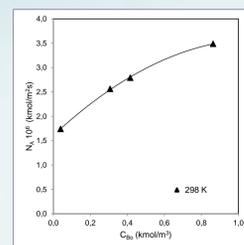


Fig. 2 Variación de N_A con la concentración MIPA/TEA 50/50

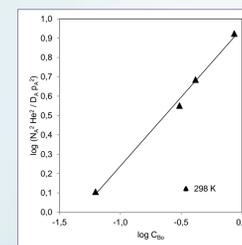


Fig. 3 Determinación del régimen de reacción MIPA/TEA 50/50

Tabla 1
Parámetros cinéticos en el sistema MIPA/TEA 50/50

T	$k_{1,2}$	Pendiente
K	m ² /kmol ² s	
288	3,65	0,66
293	5,78	0,66
298	8,95	0,71
303	13,65	0,72
308	18,98	0,72
313	25,45	0,69

$$\log k_{1,1} = 25,87 - \frac{7067,3}{T}$$

$$(Ea)_{ap} = 53,4 \text{ kJ/mol}$$

Absorción en DIPA/TEA 50/50

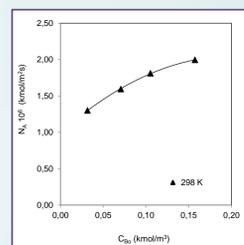


Fig. 4 Variación de N_A con la concentración DIPA/TEA 50/50

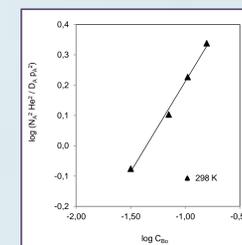


Fig. 5 Determinación del régimen de reacción DIPA/TEA 50/50

Tabla 2
Parámetros cinéticos en el sistema DIPA/TEA 50/50

T	$k_{1,2}$	Pendiente
K	m ² /kmol ² s	
288	2,78	0,50
293	3,77	0,53
298	6,41	0,60
303	9,12	0,66
308	10,80	0,66
313	16,63	0,71

$$\log k_{1,1} = 23,32 - \frac{6421,8}{T}$$

$$(Ea)_{ap} = 53,4 \text{ kJ/mol}$$

CONCLUSIONES

- La absorción transcurre en condiciones isotérmicas
- Se ha comprobado que el régimen de reacción es moderadamente rápido