

Degradación de NO₂ empleando un reactor fotocatalítico usando TiO₂ como catalizador

Degradation of NO₂ employing a photocatalytic reactor using TiO₂ as catalysts

págs. 91-96

Grupo de Investigación: Grupo de Materiales Fotoactivos
Línea de Investigación: Implementación de Reactores a Escala Laboratorio
Cesar Quiñones Segura* & Andrés Loaiza Carreño**

Recibido: 14 de marzo de 2016 Aceptado: mayo 4 de 2016

Resumen

Se elaboró un reactor fotocatalítico y se implementó en la disminución de la concentración de NO₂ en aire. En el fotoreactor se utilizó TiO₂ como fotocatalizador y se adaptó un sistema automatizado de adquisición de datos empleando el Software LabVIEW para el seguimiento de las degradaciones fotocatalíticas. El fotoreactor fabricado permitió obtener porcentajes de disminución de concentración de hasta 95% de NO₂ en 90 min.

Palabras clave: dióxido de nitrógeno, dióxido de titanio, degradación, fotocatalisis, adquisición de datos, LabVIEW.

Abstract

A photocatalytic reactor was elaborated and employed to reduce the NO₂ concentration in air. TiO₂ was used as photocatalysts and an automatized system of data acquisition, based in LabVIEW Software, was fitted to the reactor to monitor degradations. The photo-reactor allowed to obtain decreases in NO₂ concentration up to 95% in 90 min.

Keywords: Nitrogen dioxide, titanium dioxide, degradation, photocatalysis, data acquisition, LabVIEW.

* Químico, Docente Investigador, Fundación Universidad de América, cesar.quinones@profesores.uamerica.edu.co

** Químico, Docente Investigador, Fundación Universidad de América, andres.loaiza@profesores.uamerica.edu.co

Introducción

La búsqueda de una solución a la problemática ambiental y sanitaria actual, asociada a la emisión de gases contaminantes o de efecto invernadero (SO_x , NO_x , CO_x , PM_{10} y THC) es el enfoque de diversos grupos y centros de investigación alrededor del mundo. Se proyecta para el año 2020 la familia de gases NO_x presentará la mayor tasa de emisión por fuentes fijas, con un incremento del 35% en ton/año respecto a cifras reveladas en el año 2008 según la Secretaría de Ambiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2009).

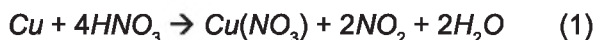
Actualmente se utilizan métodos de tratamiento para controlar la emisión de dichos gases incluidos procesos de absorción, combustión, conversión catalítica, entre otros, y que tienen altos costos de inversión, operación y mantenimiento según Mateos (1995). En respuesta a las desventajas de los métodos convencionales, ha aumentado el interés en la implementación de las denominadas tecnologías avanzadas de oxidación (TAO), como alternativa o complemento de los procesos tradicionales (Blanco *et al.*, 2001), (Cárdenas, 2012), (KEIM Soldalit®-ME, 2012) (Wang *et al.*, 2006) (Ballari *et al.*, 2011), (Qiu *et al.*, 2007), (Lin *et al.*, 2006).

Este trabajo describe la elaboración de un fotoreactor que se implementó en la disminución de la concentración de NO_2 en aire. Se utilizó TiO_2 como fotocatalizador y se adaptó un sistema automatizado de adquisición de datos, empleando el Software LabVIEW.

1. Materiales y métodos

1.01. Obtención de dióxido de nitrógeno

El NO_2 se obtuvo a partir de la reducción de ácido nítrico concentrado (65%), utilizando cobre metálico como agente reductor:



Con base en el límite de exposición MAK (el valor máximo permisible es 0,5 ppm de NO_2 según la Secretaría de Ambiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. 2009), el volumen del lugar de trabajo y la capacidad del reactor, se estableció un rango de concentración de dióxido de nitrógeno de 0 a 915 ppm para el desarrollo experimental.

1.02 Implementación del fotocatalizador

Se utilizó TiO_2 Degussa P25 soportado en vidrio mediante la técnica de fabricación de películas spin coating. El soporte de vidrio fue sometido previamente a un tratamiento de limpieza con solventes de polaridad ascendente. El fotocatalizador soportado fue sometido a sinterización a 600°C.

1.03 Monitoreo de la concentración de NO_2

El seguimiento de la concentración del dióxido de nitrógeno presente en el proceso se realizó conectando el sensor MQ-135 con base en el circuito eléctrico mostrado en su hoja técnica (Sigma electronica, 2015). El sensor transmite una señal física de diferencia de potencial eléctrico (V) a una tarjeta de adquisición de datos marca National Instruments que se encarga de convertirla en tensión eléctrica y digitalizarla para ser procesada a través de la plataforma del software LabVIEW. Debido a que el sensor comercial adquirido, no está calibrado para trabajar con NO_2 , se llevó a cabo una calibración de diferencia de potencial eléctrico (V) vs. concentración de NO_2 (ppm) (Ver tabla 1); esta relación permitió realizar el seguimiento de la degradación.

1.04 Degradación de NO_2

Durante el proceso de degradación se agregaba ácido nítrico como reactivo limitante con exceso de cobre, se permitía la estabilización de las lecturas de potencial durante 10 min, se encendía la fuente de radiación UV y se iniciaba el seguimiento de la degradación. Las lecturas del voltaje se realizaron cada 10 minutos. La reacción de degradación de NO_2 ocurre según la

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: IMPLEMENTACIÓN DE REACTORES A ESCALA LABORATORIO

ecuación (2) (Wang *et al.*, 2006) (Ballari *et al.*, 2011), (Qiu *et al.*, 2007), (Lin *et al.*, 2006).

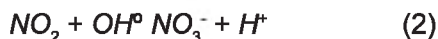


Tabla 1.

Datos experimentales de calibración del sensor de dióxido de nitrógeno.

Concentración de NO ₂ (ppm)	Diferencia de Potencial (V)
0	3,12
91	3,20
182	3,28
364	3,39
547	3,46
729	3,89
911	4,49

Quiñones Cesar & Loaiza Andrés

El desarrollo experimental se llevó a cabo en diferentes etapas, iniciando con la obtención de dióxido de nitrógeno, seguida de la construcción de un reactor fotocatalítico con capacidad

de 20 L, con dimensiones de 40 cm de largo x 24 cm de alto y 22 cm de ancho; iluminado internamente por dos lámparas UV de 8W cada una, marca Energy Solutions referencia MNL5-8WA. El dióxido de titanio fue dispuesto en el interior del reactor empleando películas del material depositadas en 6 sustratos de vidrio de 25 x 45 mm, sujetos a su vez de porta sustratos. Finalmente se monitorea la concentración de dióxido de nitrógeno como se describe a continuación.

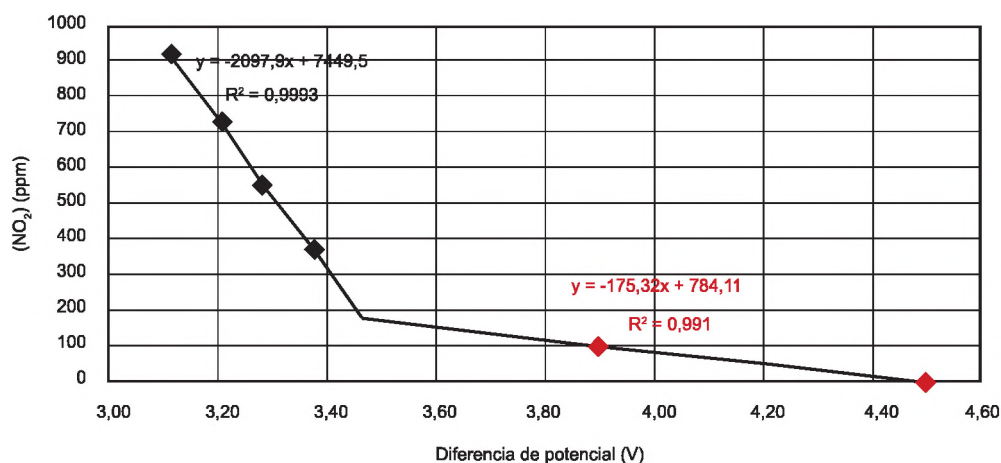
2. Resultados

2.01 Seguimiento de la degradación de NO₂

Como se muestra en la figura 1 el comportamiento de la concentración de NO₂ (ppm) en función de la diferencia de potencial eléctrico registrado en la plataforma de LabVIEW es inversamente lineal (para concentraciones por encima de 170 ppm).

Figura 1.

Curva de relación entre concentración de NO₂ y diferencia de potencial eléctrico registrada.



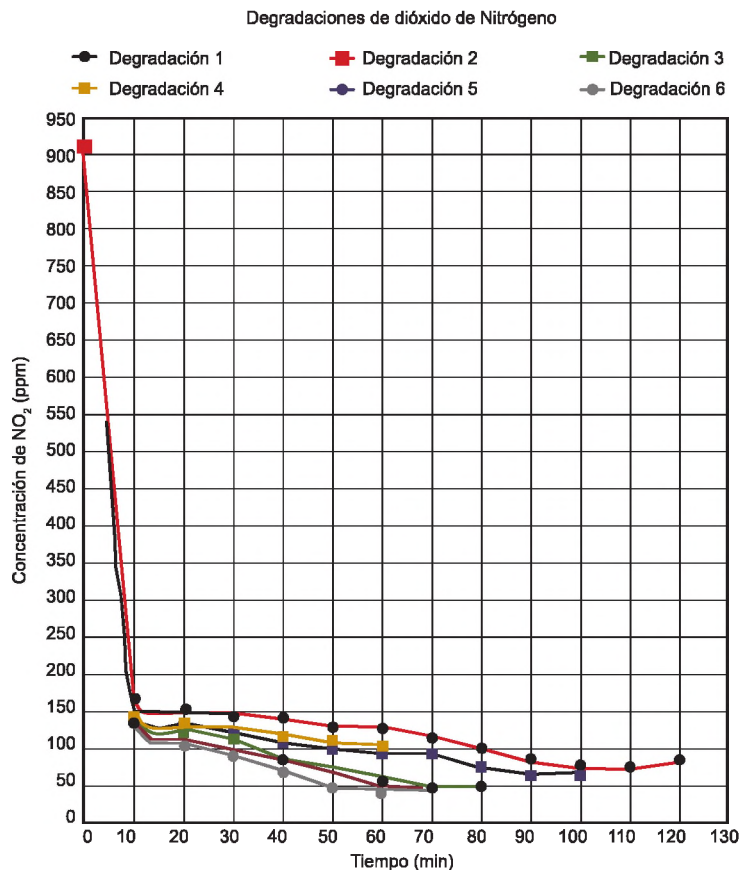
Quiñones Cesar & Loaiza Andrés

2.02 Degradación de NO₂

En la Figura 2 se observa el comportamiento de la concentración de NO₂ en función del tiempo de exposición a degradación fotocatalítica, para seis experimentos diferentes. Este comportamiento muestra una disminución drástica en la concentración durante los primeros 10 min de degradación y una estabilización posterior de la concentración.

En la tabla 2 se resumen los porcentajes de degradación obtenidos para los experimentos realizados. El porcentaje de degradación promedio al cabo de 60 min es del (93±1)%. Una inspección de las gráficas y la desviación estándar de los porcentajes de degradación obtenidos permite concluir que el procedimiento de degradación de NO₂ es replicable.

Figura 2.
Curvas de degradación de NO₂



Quiñones Cesar & Loaiza Andrés

Tabla 2.*Porcentaje de degradación de NO₂*

Degradaciones	Concentración inicial (ppm)	Concentración final (ppm)	% de degradación
1	911	44	95%
2	911	50	95%
3	911	50	95%
4	911	67	93%
5	911	69	92%
6	911	83	91%

Quiñones Cesar & Loaiza Andrés

Comentarios

Se elaboró un reactor fotocatalítico utilizando TiO₂ como fotocatalizador y se adaptó un sistema automatizado de adquisición de datos empleando el Software LabVIEW para el seguimiento de la reacción y degradación de NO₂.

El dispositivo construido permitió obtener porcentajes de degradación de NO₂ del 85% después de 10 min de tratamiento fotocatalítico y del (93±1)% después de 1 hora de reacción.

Referencias

- Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaría de Ambiente. (2009). *Plan decenal de descontaminación del aire para Bogotá 2010-2020*. Recuperado del sitio web de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/adminverblobawa?tabla=T_NORMA_ARCHIVO&p_NORMFIL_ID=930&f_NORMFIL_FILE=X&inputfileext=NORMFIL_FILENAME
- Mateos, F. (1995). Depuración de emisiones atmosféricas industriales. *Revista Ingeniería Química*, 312, 89-95, Recuperado de <http://www.dialnet.unirioja.es/revista/2761/A/1995>
- Blanco, J., Malato, S., Estrada, C., Bandala, E., Gelover, S., Leal, T. (2001). Estado del arte (Cap. 3). En Blesa, M. (Ed.), *Purificación de aguas por fotocatalisis heterogénea* (pp. 51-76). Buenos Aires, Argentina: Comisión Nacional de Energía Atómica, Unidad de Actividad Química, Red CYTED VIII-G.
- Cárdenas, C. (2012). *Evaluación de las propiedades físicas y fotocatalíticas de cemento adicionado con nanopartículas de dióxido de titanio* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- KEIM Soldalit®-ME. (2012). *Pintura fotocatalítica de sol-silicato- protege la fachada y limpia el ambiente*. KEIM ECOPAINT IBERICA S.L.

- Wang, H., Wu, Z., Zhao, W., Guan, B. (2006). Photocatalytic oxidation of nitrogen oxides using TiO₂ loading on woven glass fabric. *Chemosphere*, 66(1), 185-190.
- Sigma electrónica, *Technical data MQ-135 gas sensor*. Recuperado el 12 de febrero de 2015, del sitio web Sigma Electrónica. <http://www.sigmaelectronica.net/manuals/MQ-135.pdf>
- Ballari, M. M., Yu, Q.L., Brouwers, H. J. H. (2011). Experimental study of the NO and NO₂ degradation by photocatalytically active concrete. *Catalysis Today*, 161(1), 175-180.
- Qiu, K. H., Zhang, C. M., Li, J. F., Li, Q., Zhao, J. (2007). Photocatalytic Degradation of NO₂- by Fe³⁺-Doped TiO₂ Nano Particles Prepared by Sol-Gel Method, *Materials Science Forum*, 544-545, 111-114.
- Lin, Y. M., Tseng, Y. H., † Huang, J. H., Chao, C. C., Chen, C. C., Wang, I. (2006). Photocatalytic Activity for Degradation of Nitrogen Oxides over Visible Light Responsive Titania-Based Photocatalysts, *Environmental Science & Technology*, 40(5), 1616-1621.