

OBTENCIÓN DE FRECUENCIAS FUNDAMENTALES ORIGINADAS POR LAS INESTABILIDADES HIDRODINÁMICAS EN LLAMAS DE COMBUSTIÓN TURBULENTAS

Vega Soria Karla (1), Ramírez Vázquez Juan Antonio (2)

1 Ingeniería Ambiental, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: k.vegatoria@gmail.com

2 Departamento de Ciencias Ambientales, División Ciencias de la Vida, Campus Irapuato - Salamanca, Universidad de Guanajuato | Dirección de correo electrónico: juan.ramirez@ugto.mx

Resumen

En este trabajo de investigación, se estudia el flujo dentro de un quemador de nueva generación y la disminución de gases efecto invernadero que con este se logra. Es una tecnología ya bien establecida, aunque sigue en desarrollo. El estudio se centra en el interés actual de profundizar en procesos que puedan contribuir a la disminución de la contaminación ambiental. Se ha realizado una simulación numérica mediante un programa computacional que permite conocer el comportamiento del flujo bajo parámetros determinados. Así es posible identificar las zonas de recirculación, las de mayor velocidad y las de estancamiento, características que permitirán optimizar los procesos de combustión mediante el diseño de quemadores más respetuosos con el Medio Ambiente.

Abstract

In this research, is studied the flux inside of new generation burner and the reduction of greenhouse gases that this is achieved. It is a well-established technology, though still in development. The study focuses on the current interest in further processes that can help reduce environmental pollution. There has been a numerical simulation by computer programs that allow meet the flow simulation with certain parameters. With this, it is possible to identify areas of recirculation, the higher speed and stagnation, features that enable optimization of combustion processes by environmentally friendly burners designing.

Palabras Clave

Quemador; Flujo; Simulación numérica.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica por partículas, principalmente atribuidas a la actividad industrial, limitan la llegada de radiación solar a la superficie terrestre y enfrían el planeta, alterando el balance energético. A partir de estudios realizados, se puede afirmar que la causa principal del cambio climático es el aumento de la concentración en la atmósfera de los gases de efecto invernadero (GEI). De todos ellos, el CO₂, los NO_x y el CH₄ son los más influyentes [2].

NO_x: Que son y cómo se forman

Los NO_x son compuestos formados por Nitrógeno y Oxígeno en distintas porciones. Entre estos se encuentra el Óxido Nítrico (NO), el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y el Óxido Nitroso (N₂O), que son los principales óxidos de nitrógeno formados durante la combustión de combustibles fósiles.

El NO y NO₂ están presentes en mayor proporción debido a su facilidad de transformarse en presencia del O₂ del aire.

A temperatura ambiente el N y el O₂ reaccionan difícilmente, su reacción de formación es extremadamente endotérmica y la energía necesaria se encuentra a temperaturas altas, como las generadas en los procesos de combustión. [7]

El 90% de los NO_x generados en un proceso de combustión es NO. [3]

Mecanismos de formación en los procesos de combustión

En los equipos de combustión clásicos la mezcla de combustible y aire/oxígeno se inyecta en el mismo lugar. La llama resultante está compuesta por una zona primaria de oxidación que se encuentra a elevadas temperaturas y está situada en la raíz de la llama, y de otra zona más fría (secundaria) localizada en la parte final de la llama. La mayor parte de los NO_x se generan en la zona primaria, aumentando exponencialmente con

la temperatura, mientras que en la zona secundaria la formación es menor. [5]

En general podemos decir que el tiempo de residencia de los gases en la zona de combustión, así como la temperatura de la llama y la concentración de oxígeno, determinan la cantidad de NO_x que realmente se forma. [3]

NO_x térmico: producido por oxidación del nitrógeno contenido en el aire de combustión.

NO_x de combustible: resultante de la oxidación del nitrógeno contenido en el combustible.

NO_x súbito: se forma por conversión del nitrógeno molecular en presencia de hidrocarburos, en el frente de la llama.

El tipo de proceso de combustión también afecta a la cantidad de óxidos de nitrógeno emitida. [3]

Efectos negativos a la salud y al medio ambiente

Una vez en la atmósfera el NO y el NO₂ entran en un conjunto de reacciones fotoquímicas que forman parte del ciclo fotolítico del NO₂. La concentración de ambos compuestos varía debido a la existencia de reacciones que implican a hidrocarburos. [3]

El óxido nítrico (NO) forma parte de las reacciones atmosféricas causantes de "smog". El dióxido de nitrógeno (NO₂) reacciona con el agua de la atmósfera para formar ácido nítrico, precipitando en forma de lluvia ácida, que puede dañar los árboles y lagos, causando problemas de crecimiento y clorosis en la vegetación. [1]

Son también causantes daños a la salud afectando principalmente el sistema respiratorio, agravar infecciones del corazón y de los pulmones, incrementar síntomas de asma, entre otras. [1]

Quemadores de bajo NO_x

Los quemadores de bajo NO_x, también conocidos como LBN por sus siglas en inglés, son la medida más común, ya que la modificación en la caldera es baja y su precio no es excesivamente alto en comparación con otras técnicas de reducción de NO_x, logrando reducciones de un 30-60%

En los LBN se modifica la entrada de combustible y aire para retrasar la mezcla, se reduce la cantidad de oxígeno disponible en las zonas más críticas para la formación de NO_x y se reduce la temperatura pico de llama. Los LBN minimizan la formación de NO_x del combustible y NO_x térmico, manteniendo una elevada eficiencia de combustión. [3] [5]

Los quemadores de bajos NO_x se dividen en tres grandes ramas: 1) Con inyección escalonada de aire, los cuales eliminan entre 25 y 30%, sus limitaciones se encuentran en la inestabilidad de la llama y combustión incompleta; 2) Con recirculación de humos, cuya eliminación es mayor de 20% y su limitante es la inestabilidad de la llama; 3) Con combustión escalonada, que eliminan entre 50 y 60% y tiene como limitantes la inestabilidad de la llama y combustión incompleta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La simulación fue llevada a cabo en el programa FLUENT 6.3.26, el cual está específicamente diseñado para modelar la transferencia de calor y el flujo del fluido. Puede generar geometrías complejas y es compatible con las mallas generadas por GAMBIT.

El software resuelve mediante el método de volúmenes finitos las ecuaciones de conservación de Navier-Stokes para flujos estacionarios, incompresibles, turbulentos y reactivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

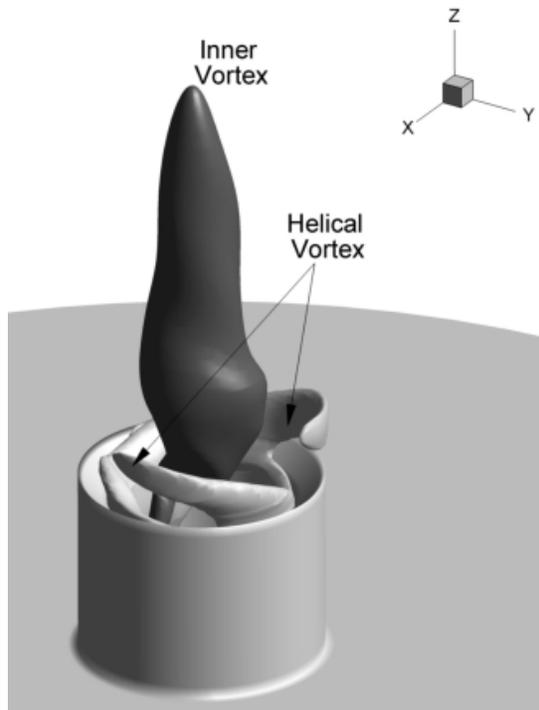


IMAGEN 1: Vórtice interno y vórtice helicoidal

La simulación numérica realizada en el software arroja como resultado una gráfica en la que es posible apreciar las porciones de un fluido dentro del flujo. Se distinguen un vórtice externo de forma helicoidal y un vórtice interno de tipo burbuja.

El vórtice externo provoca que el flujo salga de la boquilla mientras que el vórtice interno genera un punto de remanso que permite que el fluido regrese a la boquilla, generando una zona de recirculación que permite que los gases regresen a la zona de quemado propiciando así que la combustión sea más completa y evitando la generación de óxidos de nitrógeno.

Dicha zona de recirculación depende de la turbulencia que logra alcanzar el fluido.

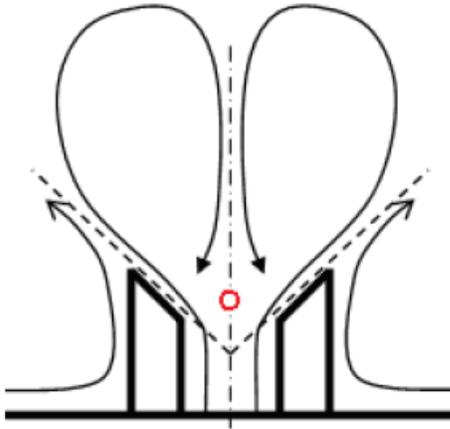


IMAGEN 2: Posición aproximada del punto de remanso del quemador

REFERENCIAS

- [1] BARROS, V. (2005). El cambio climático global. ¿Cuántas catástrofes antes de actuar?. Libros del Zorzal Editorial
- [2] PACHAURI, R. K. and REISINGER, A. (2007). *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Switzerland. IPCC Editorial
- [3] PRIETO, I. (2009). "Reducción de emisiones contaminantes en grandes instalaciones de combustión". Consultada en http://ocw.uniovi.es/pligui/file.php/1015/mod_resource/content/1/1C_12757_0910 (fecha de consulta 16-07-2015).
- [4] MANAHAN, E. (2007). *Introducción a la química ambiental*, México D.F.: Revertè UNAM Editorial
- [5] CASTELLS, E. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Díaz de Santos Editorial
- [6] RAFFOLEIRCA, E. (1999). "Software de simulación" en *UNMSN. Industrial data. Universidad Nacional Mayor de San Marco*.
- [7] LEGRAND, M. (2008). Tesis doctoral "Estudio y caracterización de un quemador estabilizado por giro". España. pp. 201-276

CONCLUSIONES

La relación entre los diámetros y la velocidad de salida del flujo, son importantes para la generación de turbulencia. Con una velocidad muy baja, lo que se obtiene es que el flujo tenga un diámetro mayor a su salida y el porcentaje de gas reciclado sea menor, esto ocasionaría un efecto importante sobre la emisión de gases. Si la velocidad es muy alta, el flujo no logra quemarse hasta que la velocidad disminuye, en este lapso (la distancia entre el fuego y la tubería) puede haber partículas de combustible emitidas a la atmósfera.

Con un diámetro de mayor dimensión, el porcentaje de turbulencia aumenta, lo cual nos permitirá una mejor recirculación de aire caliente. Este diámetro se debe elegir con la cantidad de gas que se debe reciclar.

Una vez elegido el diámetro ideal, se debe tener la velocidad adecuada para tener un flujo inquemado en el exterior, lo cual permitirá menos consumo de energía y combustible, obteniendo con esto una mejor concentración de la temperatura.