

Emisiones gaseosas en Turbinas de Gas

Mario Olivieri, TGN, mario.olivieri@tgn.com.ar

SINOPSIS

El gas natural es considerado el combustible fósil con menor impacto medioambiental de todos los utilizados. Por lo tanto las turbinas que combustionan gas natural son el equipo que entregan potencia amigable con el medio ambiente.

Los principales gases contaminantes producidos por las turbinas de gas son; óxidos nitrosos (NOX), monóxido de carbono, (CO), y dióxido de carbono (CO₂).

El nivel de carga a la que opera la turbina de gas tiene un efecto significativo en los niveles de emisiones sobre los NOX y CO. Las que operan a alta carga, alcanzan la mejor eficiencia y las condiciones de combustión óptimas, respecto a las que no.

Los contaminantes referidos como NOX (óxidos nitrosos) son una mezcla mayormente de NO (óxido de nitrógeno) y NO₂ (dióxido de nitrógeno) en composición variable. Donde el nivel de emisión de una turbina de gas sin control de emisiones alcanza aproximadamente 150-300 ppm de NOX.

Los procesos referidos al control de emisiones, se centran principalmente en el control de los NOX, algunos mecanismos de control son:

- Inyección de agua o vapor en las zonas de alta temperatura de flama
- Combustión premezclada pobre (alta relación aire-gas)
- Combustión Catalítica.

Los anteriores sistemas de control de emisiones, ayudan a reducir las emisiones de NOX en el orden del 60%-80%, es decir reduce el rango de 150-300 ppm a 30-60 ppm de NOX.

Como contribución a la reducción de emisiones gaseosas en TGN, las turbinas de gas incorporadas al sistema de transporte, utilizan el sistema de control de combustión de premezcla para reducir los niveles de NOX.

INTRODUCCION

El sistema de bajas emisiones en las turbinas de gas por método de la premezcla, ha sido pensado y diseñado para reducir las emisiones de NOX a menos de 30 ppm y de CO a menos de 50 ppm.

El nuevo sistema rediseña y adecua la cámara de combustión, los inyectores y los componentes del sistema de control para obtener la relación óptima de gas combustible con una operación adecuada del equipo.

En un sistema convencional de emisiones el combustible (gas natural) y el aire se mezclan en la zona primaria de la cámara de combustión, a una temperatura típica de 3700 °F (2037 °C). A esta temperatura el Nitrógeno del aire tiene la tendencia a formar con el oxígeno del aire elementos como el NO y el NO₂ (NOX). La introducción del aire secundario en la cámara de combustión baja la temperatura a 3200 °F (1760°C), y una dilución posterior con aire en la salida de la cámara de combustión hace que la temperatura de llegada a la turbina (primera etapa) se reduzca a 2100 °F, (1149 °C), que es una temperatura bien tolerada por los materiales, pero a esta temperatura en la cámara, la producción de los NOX y CO supera los valores indicados (del orden de 150ppm en NOX y de 250ppm en CO).

Para reducir estos valores a los antes indicados se debe realizar una combustión por premezclada pobre (alta relación aire-gas), la premezcla del combustible y el aire comprimido deberá ser de tal forma que no existan zonas locales de alta temperatura, o puntos calientes, donde se formen los altos niveles de NOX y CO. Esto requiere cámaras de combustión especialmente diseñadas y zonas de mezclas para prevenir problemas con la llama.

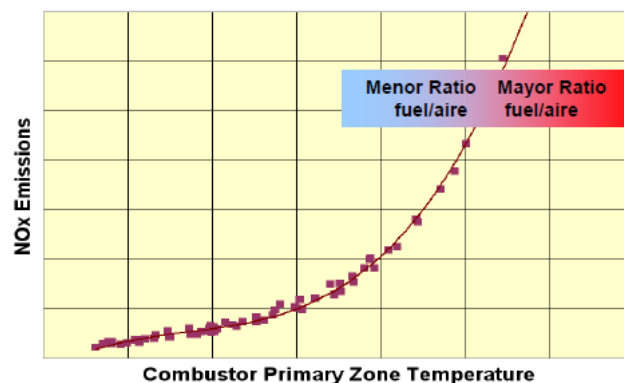
DESARROLLO

La mayoría de las turbinas que queman gas natural (el cual puede modelarse, para cálculos previos, como CH₄: metano) tienen un impacto relativo en la contaminación ambiental por NOX, de tal manera que los investigadores y productores de turbinas de gas han centrado parte de sus estudios en desarrollar técnicas que permitan reducir estas emisiones.

Esta preocupación está altamente relacionada con el aumento que se ha logrado en la temperatura de combustión, o temperatura de entrada a la turbina, con el propósito de mejorar la eficiencia térmica de la misma, pero dicho aumento, trae consigo un efecto indeseable, la formación de emisiones de NOX.

Figura 1. Niveles de emisiones de NOX en cámaras de combustión

NO_x: Óxidos de Nitrógeno
 NO_x Nombre común para NO y NO₂
 No son un producto de la combustión
 Se forman por la elevada temperatura y presión en la cámara de combustión



CO: Monóxido de Carbono
 Se forma en el caso de temperaturas bajas en la cámara de combustión

Figura 2. Variaciones de emisiones de CO y NOx en relación aire/combustible

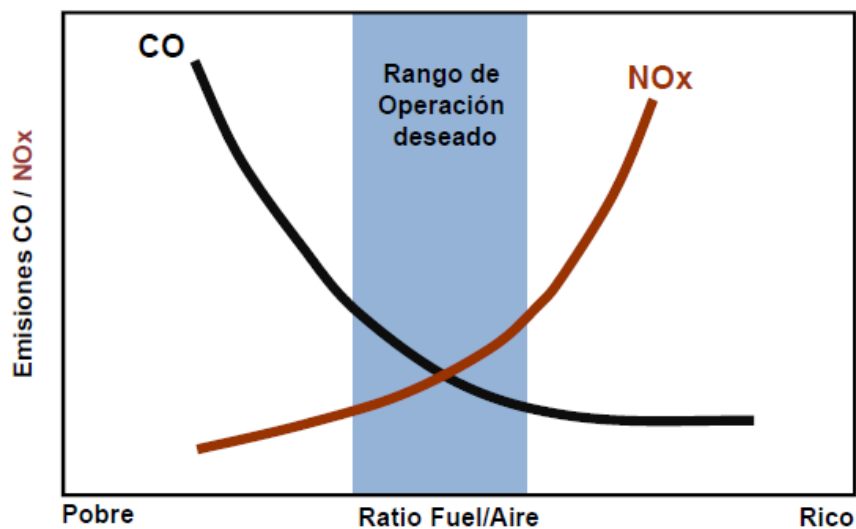
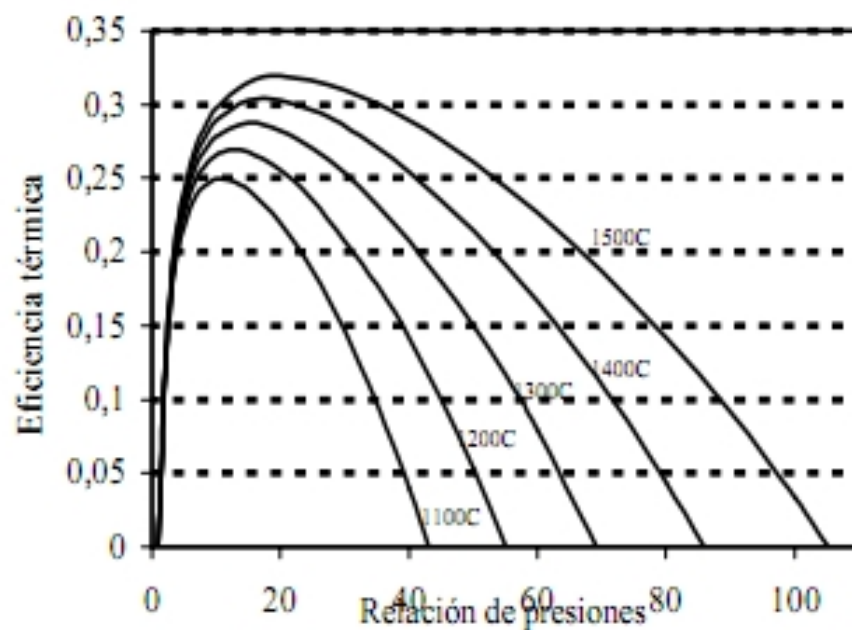


Figura 3. Variación de la eficiencia térmica de una turbina de gas con la temperatura de combustión



Cómo funciona el sistema:

En el sistema de baja emisiones por método de la premezcla, el combustible y el aire se premezclan en los inyectores de gas, antes del área de combustión. La temperatura de la llama resulta en aproximadamente 1538 °C, y la formación de átomos de NO y NO₂ se reduce. El aire de enfriamiento es inyectado en la cámara de combustión para mantener la temperatura de salida debajo de los 1149 °C. La combinación en la utilización de la válvula bleed y los álabes variables logran que la temperatura en la cámara se mantenga dentro de estos parámetros.

La desventaja de este método es la tendencia al Flame out (volado de la llama), al operar con baja carga. Para solucionar este problema, se diseñó un inyector de dos etapas con flujos de gas piloto y gas principal. Un ciclo de combustible de gas piloto provee una operación estable a bajas cargas y un ciclo de combustible de gas principal provee una operación estable a altas cargas.

En la cámara convencional (sin control de emisiones), tenemos la llama sólo por difusión. En una cámara de bajas emisiones, la llama generada es una combinación de premezcla y difusión. En una llama por difusión la mezcla aire/combustible se produce en la zona de combustión. En una llama con premezcla, la mezcla aire/combustible se produce antes de la inyección a la cámara de combustión.

Figura 4. Cámaras de combustión e inyectores de gas de los sistemas convencional y bajas emisiones

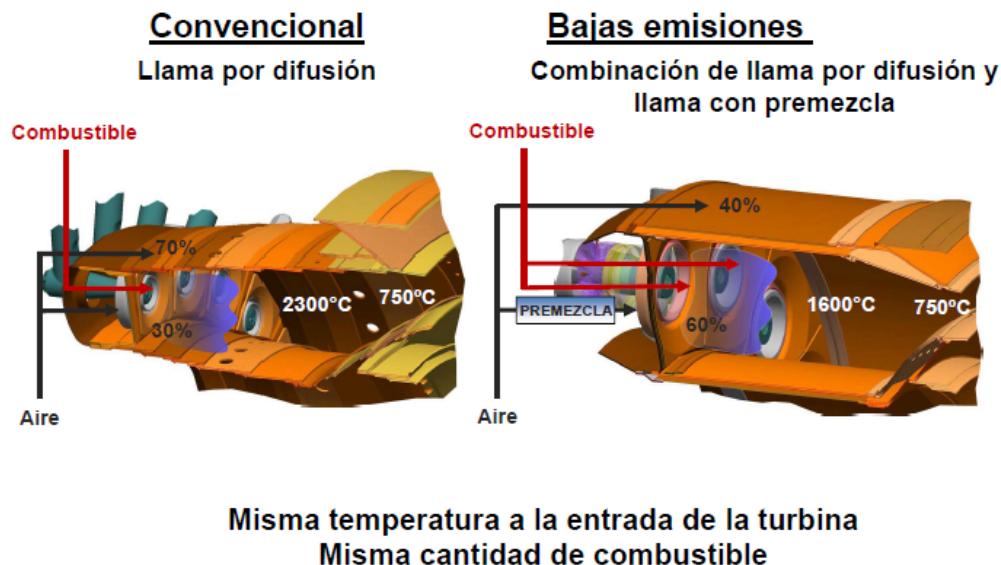
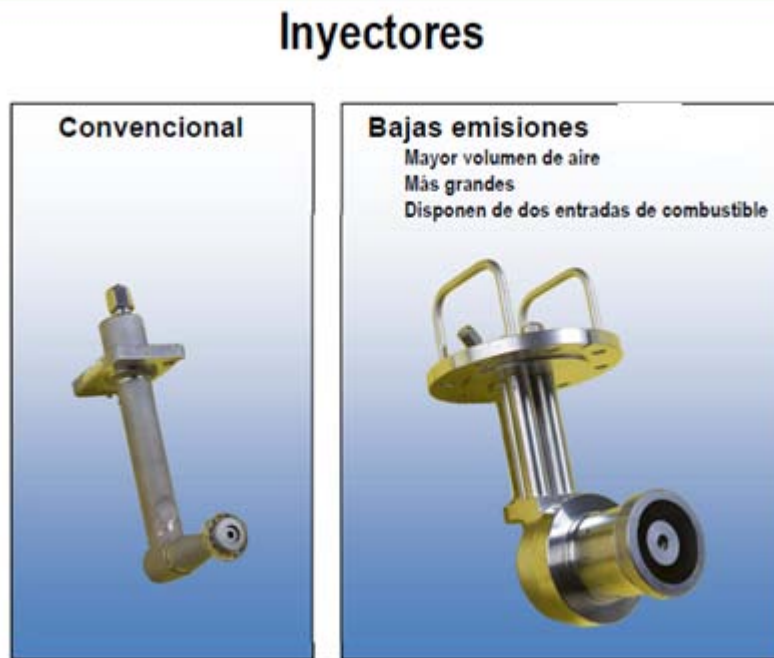


Figura 5. Inyectores de gas de los sistemas convencional y bajas emisiones



Se debe tener en cuenta que en un sistema de combustión convencional el aire es del orden del 70% para enfriamiento y del 30% para combustión; en tanto para un sistema de bajas emisiones, ésta relación es de 60% para combustión y 40% para enfriamiento.

En un sistema de bajas emisiones, la llama de gas principal es de premezcla y produce bajo nivel de NOX, y toma el 97% del combustible, mientras que la llama de gas piloto es de difusión y toma el 3% del combustible produciendo un alto nivel relativo de NOX. Este aporte contribuye a la estabilización de la llama a baja carga.

Se presenta a continuación la distribución de la temperatura en la cámara de combustión para la turbina con sistema de premezclado en bajas emisiones. Obsérvese cómo se logra una distribución pareja de la temperatura en la cámara, modulando la válvula Bleed (sangrado) o los álabes variables, o ambos sistemas.

Figura 6. Distribución de la temperatura en la cámara de combustión de bajas emisiones modelada en computadora

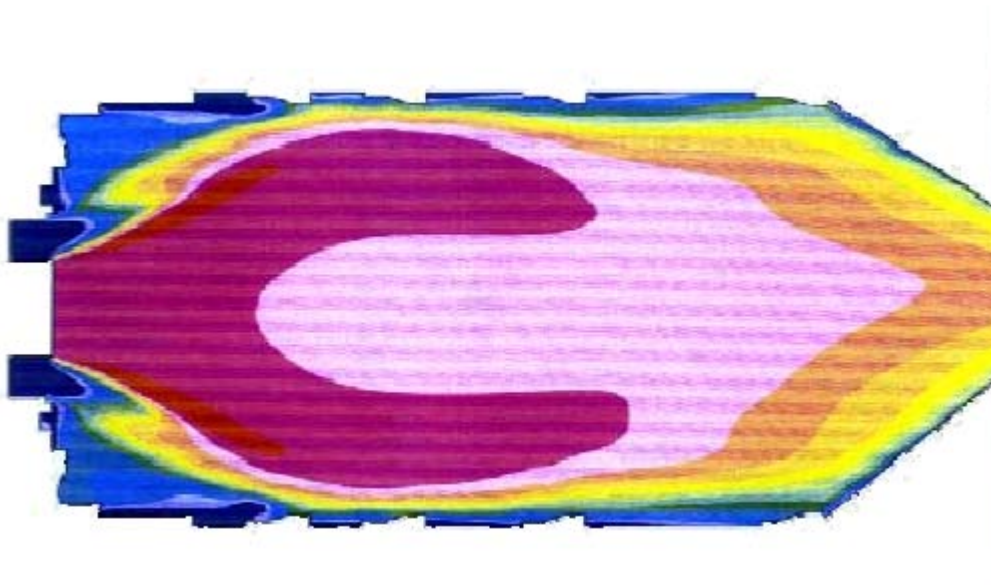
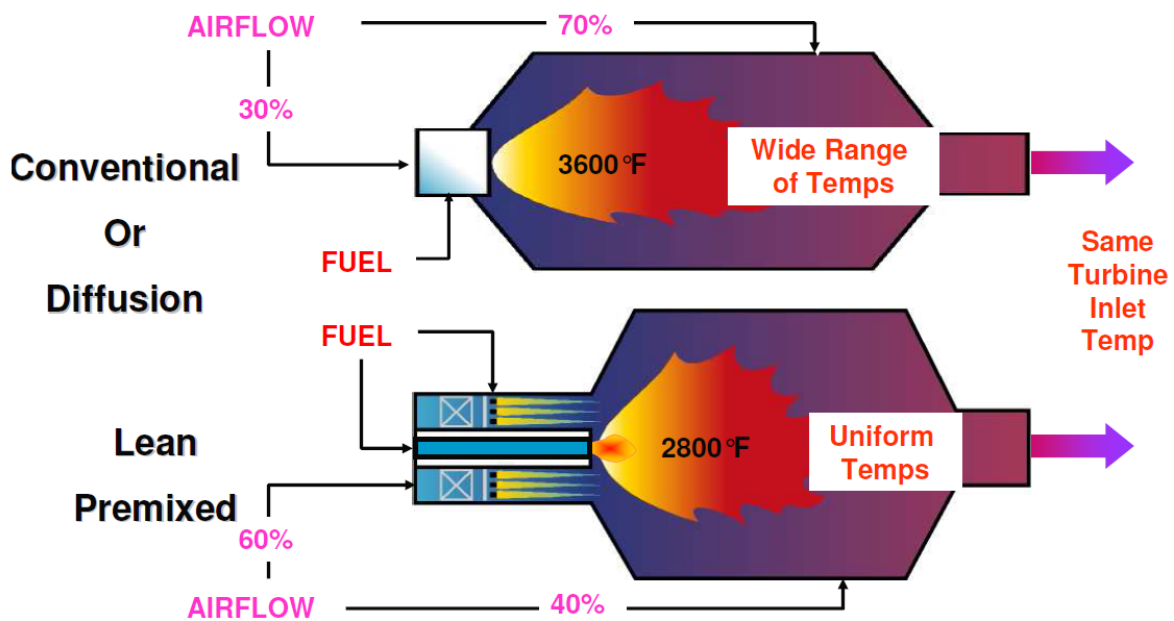


Figura 7. Distribución real de la temperatura en la cámara de combustión de bajas emisiones por premezcla y convencional



En la figura 7, se puede observar que la temperatura de salida (T3 en gráfico de temperaturas es la misma para ambas con lo que la potencia de la turbina será la misma).

CONCLUSIONES

En las turbinas de gas natural que poseen sistemas de bajas emisiones y las que poseen sistemas de combustión convencional, producen la misma temperatura en la salida de los gases de la cámara de combustión; la diferencia se produce dentro la cámara de combustión, para el sistema de bajas emisiones la temperatura se mantiene pareja, mientras que para el sistema convencional la temperatura tiene una amplia variación, esta diferencia es la que produce menos NOX y CO.

Los valores de NOX se reducen de 150-300 ppm a 30-60 ppm.

Para ambos sistemas de combustión la turbina de gas consume la misma cantidad de combustible, entrega la misma potencia y tiene el mismo rendimiento térmico lo que implica que no hay variaciones en costos, rendimiento y potencia entregada.

CV:

Ing. Mario Daniel Olivieri

Ingeniero Electromecánica con Orientación Mecánica de la Universidad de Buenos Aires.
Postgrado En explotación de Yacimientos rama Producción en la UBA.

YPF Administracion Austral 1986-1992

Perez Companc UTE Santa Cruz 2 1992-1996

Transportadora de Gas el Norte 1996 actual

Especialista en equipos de Turbocompresión y Turbogeneración