

# GRANDES ERRORES DE DISEÑO EN LOS MEJORES QUEMADORES PARA HORNOS CEMENTEROS



**La estabilidad operativa del horno cementero depende fundamentalmente del trabajo del quemador principal y su capacidad para optimizar el proceso de combustión.**

**Una llama inestable y complicada genera múltiples problemas y descontrol operativo en el Precalentador, el interior del Horno y el Enfriador, los cuales representan grandes negocios para quienes han desarrollado la tecnología en este campo.**

**Al formar llama cónica hueca se optimiza el control sobre la combustión y todo se simplifica, los problemas desaparecen o se minimizan, los costos operativos disminuyen y se elevan los niveles de eficiencia del sistema. Todo ello favorece a los fabricantes y usuarios de la tecnología, pero eliminan los grandes beneficios que representan para los fabricantes de equipo y maquinaria una tecnología innecesariamente compleja y sofisticada.**

**En este artículo demostramos que los quemadores más utilizados a nivel mundial tienen errores de diseño verdaderamente elementales, habiendo comprobado que todos los otros fabricantes también los cometen en una u otra forma; dejamos a criterio del lector, juzgar si tales errores son intencionales o provocados.**

## Quemadores para hornos cementeros



El quemador principal del horno cementero requiere de un diseño especial por dos razones principales:

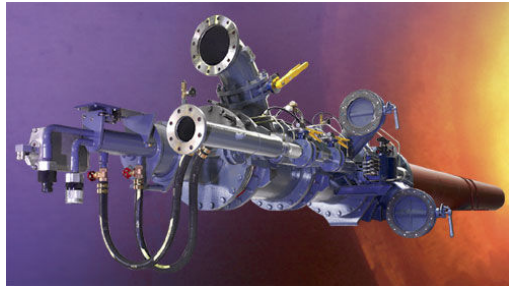
- Trabaja introducido en el infierno, sometido a grandes esfuerzos térmicos y mecánicos.
- Para completar la combustión dispone de un comburente de muy baja calidad, con mínimos contenidos de masa de oxígeno, debido a la alta temperatura del aire secundario.

Existen pocos fabricantes de quemadores para hornos cementeros, los cuales han desarrollado sus propios modelos para competir en este campo; sin embargo, después de un siglo de evolución, hemos podido comprobar y demostrar que todos se basan en los mismos principios de diseño y funcionamiento; al establecer que la llama cónica hueca representa el modelo ideal de llama que conviene a cualquier horno cementero, sin interesar tipos y modelos, el tema resulta relativamente simple.

Los principales fabricantes de quemadores para hornos cementeros han competido en la evolución de diseños orientados principalmente a cumplir el mismo trabajo con el mínimo de proporción de aire primario. Resulta conveniente establecer que la formación de llama constituye fundamentalmente un problema de mecánica de fluidos y el flujo dominante lo constituye el aire primario.

Desde los quemadores unicanal con sistemas de molienda directa con 40% de aire primario, sucesivamente se disminuyó esta proporción a menos de 15 % con quemadores multicanal, llegando finalmente a ofrecer quemadores con alrededor del 5% de aire primario, utilizando ventiladores con mayores impulsos, llegando a los sopladores; también mejorando la silueta del quemador, con diseños aerodinámicos que disminuyen las caídas de presión y consiguientes pérdidas de impulso. Los quemadores más conocidos son fundamentalmente los que fabrican Pillard, KHD y FLS.

## QUEMADOR ROTAFLAM DE PILLARD



El quemador Rotaflam de Pillard es el más vendido a nivel mundial, y por cierto el que más nos agradaba, antes de tomar la decisión de diseñar un modelo específico para cada horno individual, bastante más simple, funcional y fácil de regular.

El Rotaflam fundamenta su diseño y capacidad para regular la combustión con el aporte de alrededor de un 7 % de aire primario, en el desplazamiento longitudinal de los tubos concéntricos para aire axial y radial para regulación de flujos y aporte de impulsos correspondientes, como se puede apreciar en la tobera de la **Figura 1**. En esta forma se evita la caída de presión que ocasiona la regulación del flujo mediante dampers.



**Figura 1: Tobera Rotaflam**

## GRAVE ERROR DE MECÁNICA DE FLUIDOS

Al regular este quemador en diferentes plantas cementeras latinoamericanas encontramos un error de diseño verdaderamente imperdonable para fabricantes de tanta importancia y nivel, porque complica seriamente la capacidad de regulación de llama, como explicaremos:

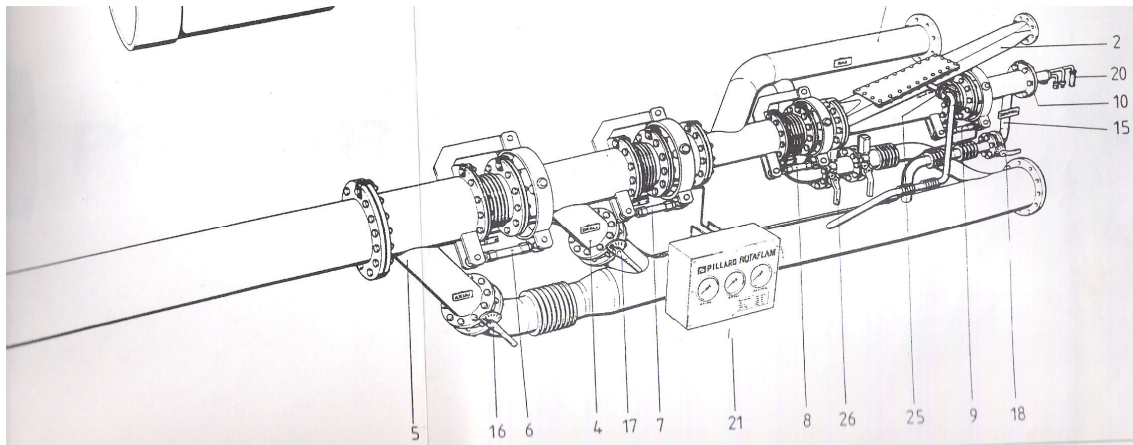
En la **Figura 2** se muestra el desarrollo del quemador Rotaflam de Pillard en el cuerpo correspondiente al ingreso de los aires axial y radial provenientes del mismo quemador de aire primario. La figura ha sido escaneada del propio Catálogo de Pillard.

El tubo de aire primario transporta el total de aire impulsado por el ventilador y se divide en axial (5) y radial (4); para este caso no consideraremos el central.

El ventilador aporta caudal y presión en el aire; la presión total se divide en estática y dinámica. Cuando el flujo es nulo (válvulas cerradas) la presión dinámica es cero; al comenzar a abrir las válvulas, aumentará la presión dinámica con el flujo, disminuyendo la presión estática.

En la parte recta del tubo, Pillard ha cometido el grave error de considerar que una salida lateral (radial) y la descarga al final del tubo (axial) se podrían comportar en forma equivalente; en realidad, estando abiertas ambas válvulas casi todo el flujo trascurrirá por el tubo axial, incrementándose el flujo radial solamente cuando se cierre la compuerta axial, por efecto de la presión estática sobre las paredes del tubo.

En la práctica, con los dos dámpers abiertos y las posiciones relativas de los tubos en cero, se producirá tal situación; hemos tenido que regular en  $-20$  en la rejilla axial y  $+10$  la radial para tener flujos equivalentes; la principal consecuencia de este grave error es una fuerte tendencia al alargamiento de la llama, desperdiándose la posibilidad de imprimirle el impulso rotaciones en la parte central que permite formar la llama cónica hueca. Consecuencias : Mala nodulización, clínker polvoso, costra inestable, anillamiento, cristales gigantes de alita, baja producción y menores rendimientos.



**Figura 2 : Quemador Rotaflam de Pillard**

## **ELIMINACIÓN DEL PROBLEMA**

El problema es grave, pero la solución muy simple. Para compartir el flujo, debe cortarse la sección del tubo como si fuese una torta; para cumplir tal objetivo resultará suficiente alargar el tubo radial hacia el interior del tubo principal, ubicando su ingreso como un tubo concéntrico interior, con la misma área que la parte circundante, que corresponderá al flujo axial. En realidad siempre pensamos que existía tal arreglo, pero notamos la anomalía al no encontrar un comportamiento similar en la regulación de ambos flujos, comprobando el error de diseño al desmontar el quemador.

El diseño del quemador Rotaflam permite una buena regulación de llama, por lo cual cuando hemos eliminado tal problema, no hemos tenido inconvenientes para efectuar la correcta regulación de llama cónica hueca, con todas las ventajas conocidas.

## COMENTARIO FINAL

Hemos querido mostrar el error cometido por el fabricante más prestigiado de quemadores a nivel mundial, para demostrar que casi todos los fabricantes de quemadores cometen errores similares o peores. Al corregir tales errores y poner la llama que corresponde en su sitio, curiosamente comienzan a disminuir las posibilidades de buenos negocios en el sistema: mejoran los rendimientos de cualquier enfriador, aumentan las campañas de refractarios, desaparecen los cañones de aire comprimido en el precalentador, disminuye el tamaño de los cristales de alita en el clínker, mejora el color del cemento, desaparece la necesidad de by pass para eliminación de volátiles, etc.

**Resulta fácil complicar la tecnología;  
lo realmente difícil es simplificarla.**