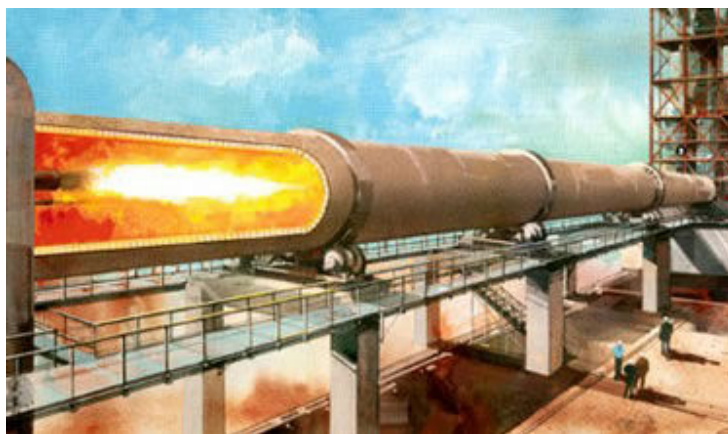


# OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN Y CLINKERIZACIÓN

Curso Teórico - Práctico



## PRESENTACIÓN

El Horno Cementero del Siglo XXI ya no tiene ningún secreto y no existe justificación alguna para mantener problemas operativos y/o condiciones ineficientes en los procesos de Combustión y Clinkerización.

La Teoría Inorgánica de la Combustión demuestra que la combustión, el proceso fisicoquímico más importante del planeta, es maravillosamente simple, poniéndolo al alcance de todos los ingenieros y técnicos de planta.

La formación de llama cónica hueca en el horno y el adecuado manejo del concepto de precalcinación en suspensión de gases de combustión, representan opciones ineludibles y las tecnologías para conseguir las ya resultan muy conocidas.

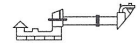
Caracterizando adecuadamente la fisicoquímica de los crudos y los combustibles utilizados, el control sobre el desarrollo del proceso se simplifica, permitiendo obtener la calidad del clínker deseado y la estabilidad operativa indispensable para optimizar costos de producción y mantenimiento del sistema.

El rol actual de los hornos cementeros ya se debe proyectar a su papel como incinerador de basura del futuro; incorporando el aporte energético de combustibles alternos con las ventajas económicas y ecológicas que representan. El perfecto control sobre los procesos de combustión y clinkerización facilitará tal objetivo.



# OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN Y CLINKERIZACIÓN

## Curso Práctico



**Dirigido a:** Ingenieros y Técnicos de Plantas Cementeras.

**Objetivos:**

- Proporcionar a los participantes la mejor tecnología en Combustión y Clinkerización
- Compartir experiencias y criterios relacionados con el control de operaciones y procesos en el Horno Cementero.
- Demostrar la factibilidad técnica y rentabilidad económica de incorporar combustibles alternos en sistemas de producción de clínker.

**Alcances:** Los participantes deben quedar totalmente convencidos de la factibilidad de optimizar los procesos de combustión y clinkerización en el Horno Cementero y capacitados para concebir, planificar y ejecutar proyectos de optimización técnica, económica y ecológica.

**Metodología:**

- Exposición de fundamentos teóricos y su aplicación a la práctica, utilizando vistas en Power Point para mostrar gráficos, nomogramas, diseños y fotografías de planta.
- Análisis y discusión de problemas típicos de planta, planteados por el expositor y los participantes.

**Duración:** El contenido del curso ha sido planificado para ser dictado en 20 horas de exposición teórica (3 días), más las que puedan ser dedicadas a trabajo de planta en cada caso individual.

**Material de Consulta:**

- “Combustión y Clinkerización” libro del expositor, todas las vistas en Power Point utilizadas y software para balances térmicos.
- Toda la información técnica que soliciten los participantes sobre temas específicos.

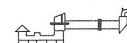
**Expositor:** Ing. Percy Castillo Neira (Se adjunta Resumen de Hoja de Vida)

**Inversión:** El costo de contratación del curso es de US\$ 2.500 más todos los gastos de viaje y estadía del expositor, el cual podría incrementarse proporcionalmente con las horas de trabajo en planta.



# OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN Y CLINKERIZACIÓN

## Curso Práctico



## TEMARIO Y PROGRAMA TENTATIVO

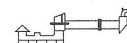
### Día 1: Fundamentos Básicos de Combustión y Clinkerización

- 08:00 Presentación del curso.- Dinámica de grupo y apreciación del nivel de conocimientos respecto al tema.- Priorización del temario.
- 08:15 Fundamentos Básicos de Combustión: Teoría Inorgánica de la combustión industrial.- Mecánica de Fluidos aplicada a la combustión.- Transferencia de calor en la llama y el reactor de combustión.- Combustibles utilizados en hornos cementeros.- Caracterización de combustibles sólidos, líquidos y gases.- Emisividad de llamas y condiciones de transferencia de calor.- Combustibles alternativos sólidos, líquidos y gaseosos.- Análisis comparativo del empleo de combustibles en el Horno y el Precalcinador. - Cálculos prácticos y comentarios.
- 09:15 El aire de combustión.- Caracterización del aire como comburente.- Poder Calorífico del Aire.- Requerimiento de aire de combustión y volumen de gases de combustión.- Aire primario y formación de llama.- Aire secundario, aporte de oxígeno y recuperación de calor.- Gases circulantes.- Problemas de post-combustión.
- 10:15 **Coffee break**
- 10:30 Concepción ideal del Proceso de Clinkerización.- Caracterización del Crudo.- Composición quimicomíneralógica de las materias primas y reactividad.- Preparación mecánica y curvas granulométricas de molienda.- Componentes minoritarios y su influencia en el proceso.
- 11:30 Criterios prácticos para evaluación de la calidad del clínker : Composición químico mineralógica, análisis microscópico, enfriamiento y cristalización, composición granulométrica. Definición de objetivos en función del tipo y calidad de cemento.
- 12:30 **Almuerzo**
- 14:00 Evolución del diseño de hornos y rendimiento térmico del sistema.- Precalentador en suspensión de Gases.: Diseño de las etapas de cicloneo y control de arrastre de partículas – Filtración y recirculación de polvo.- Factor Crudo-C clínker.- Precalcinación: Diseño y Control Operativo de Sistemas de Precalcinación.- Manejo del concepto de descarbonatación en suspensión de partículas en la llama.- Rendimiento del Precalentador y Grado de Descarbonatación.
- 15:30 Análisis Operativo del Horno: El Horno como secador: Diseño de cadenas y circulación de gases.- El Horno como transportador: Grado de llenado y tiempo de permanencia.- El Horno como intercambiador de calor: Levantadores, Lifters y retención de material.- El Horno como tambor nodulizador: Fase líquida, tamaño de partículas y velocidad de giro.
- 16:30 **Coffee break**
- 16:45 El Horno como Reactor de Clinkerización: Formación de Alita y Belita.- Formación de costra, protección del refractario y diámetro útil del horno.- El Horno como Reactor de Combustión: Formación de llama y determinación de zonas en el horno.- Aire Secundario y control de la atmósfera del horno.- Importancia del equilibrio de la presión en el cabezal.- El Horno como Enfriador: Estabilización de fases mineralógicas del clínker.
- 17:45 Enfriamiento de Clínker: Evolución del diseño de enfriadores.- Enfriadores tipo Satélites.- Enfriadores de parrilla: Control operativo del enfriador y estabilidad del sistema. Balance térmico y rendimiento del enfriador.
- 18:15 Análisis y Comentarios.



# OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN Y CLINKERIZACIÓN

## Curso Práctico



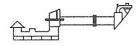
### Día 2: Combustión y Quemadores

- 08:00 QUEMADOR PRINCIPAL : Definición de las características de llama requerida en los hornos cementeros.- Evolución del diseño de quemadores: 1ª. Generación : Quemadores Unicanal.- 2ª.Generación: Llama cónica.- 3ª.Generación: Llama cónica hueca.
- 09:30 Principio General de Diseño y Funcionamiento de Quemadores para Hornos Cementeros.- Definición de parámetros para control operativo del quemador: Potencia Específica (Newtons/Gcal) y Swirl o Fuerza Rotacional (% del impulso total con rotación).- El aporte de aire: Ventiladores .- Quemadores para combustibles sólidos y líquidos.- Quemadores mixtos con gas natural.- Quemadores para combustibles alternos.
- 10:30 **Coffee break**
- 10:45 QUEMADORES PARA PRECALCINACIÓN: Evaluación de los precalcinadores como cámaras de combustión.- Requerimientos para quemadores en el precalcinador: Posición, Impulso o potencia específica y swirl .- Combustibles sólidos, líquidos y gases en la precalcinción.- Combustibles alternos.
- 11:45 Balance Térmico de Hornos y Diagramas de Sankey: Datos requeridos y cálculos necesarios.- Calor útil.- Determinación de pérdidas con los gases de salida.- Pérdidas con el clínker.- Pérdidas por radiación y convección.- Análisis de gases y cálculo de aire residual, aire de combustión y gases circulantes.- Pérdidas por arrastre de polvo.- Cálculo de consumos específicos térmicos y eléctricos.- Rendimiento y eficiencia global del sistema. Balance del Enfriador de Clínker. Rendimiento del Precalentador.
- 13:00 **Almuerzo.**
- 14:00 El Horno Cementero como Incinerador de Basura del Futuro: Modelo propuesto.- Evaporación del contenido de agua.- Aporte térmico de la fracción combustible.- Incorporación de las cenizas en la dosificación del crudo.  
Combustibles alternos y Residuos Combustibles: Caracterización y Clasificación. – Criterios económicos y ecológicos para su utilización. :
- 10:15 **Coffee break**
- 10:30 Combustibles alternos y residuos combustibles sólidos: Operaciones de Pre-Combustión y acondicionamiento a las exigencias de aplicación.- Quemadores apropiados.- Análisis de casos típicos: Residuos agrícolas. Cascarrilla de arroz, café, semillas de algodón, uvas, etc.- Llantas o gomas de automotores.- Aserrín de madera.- Basura clasificada.  
Combustibles alternos y residuos combustibles líquidos: Tratamiento de aceites usados para eliminación de cloruros.- Residuos Industriales combustibles: peligrosos: Tratamiento y prevención de accidentes.
- 12:30 **Almuerzo**
- 14:00 Problemas típicos en Hornos cementeros vinculados con la combustión : Prevención de atoros en los ciclones.- Formación de anillos .- Control de los circuitos de volátiles.- Clínker polvoso y pérdidas de eficiencia.- Tamaño de cristales de alita y pérdidas de rendimiento en la molienda final.-
- 15:45 **Coffee break**
- 16:00 Análisis y discusión de casos prácticos planteados por los participantes y/o el expositor.
- Evaluación Final



# OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE COMBUSTIÓN Y CLINKERIZACIÓN

## Curso Práctico



17:00

Entrega de Diplomas y Clausura