

# CONCRETOS REFRACTARIOS DE BAJO CEMENTO PARA CALDERAS ACUOTUBULARES

José Rodríguez

## 1. Introducción

La producción de vapor y la generación de energía son partes muy importantes en el proceso de elaboración del azúcar y que requieren la máxima fiabilidad de las calderas en planta. Una parte integral de las calderas es su revestimiento refractario. El volumen de refractarios usados en calderas de ingenios azucareros es pequeño en comparación a la industria del acero o cemento por ejemplo, sin embargo las innovaciones alcanzan aplicaciones típicas en éste sector industrial.

El presente trabajo pretende mencionar lineamientos básicos y mostrar alternativas a lo convencional con el objetivo de aumentar considerablemente los rendimientos minimizando las paradas atribuibles a problemas refractarios.

## 2. Conceptos básicos

### 2.1 Refractarios

Materiales no metálicos convenientes para usarse en la construcción de hornos y que poseen la propiedad de no deformarse o fundirse cuando se someten a la acción de temperaturas elevadas. También deben resistir otras influencias destructivas como abrasión, presión, ataque químico y cambios bruscos de temperatura. En su mayor parte los productos refractarios están constituidos por óxidos, silicatos, carburos, nitruros, boruros, grafito, etc.

### 2.2 Concretos refractarios

Son materiales cerámicos obtenidos por la mezcla de agregados refractarios, con una distribución granulométrica balanceada y un cemento refractario normalmente a base de aluminato de calcio, pudiendo también tener otros aditivos.

### 2.3 Tipos de concretos refractarios

Tipos	% de CaO
Concretos convencionales	> 2,5
Concretos de bajo cemento	1 y 2,5
Concretos de ultra bajo cemento	0,2 y < 1
Concretos sin cemento	< 0,2

## 3. Concretos refractarios convencionales para calderas

Son mezclas de materiales refractarios con adecuada granulometría y aditivos ligantes. Desarrollan inicialmente liga hidráulica, que les confiere buenas propiedades en frío, y con el incremento de temperatura desarrollan la liga cerámica, la que les confiere alta resistencia mecánica en uso. Es fundamental asegurar la buena calidad y cantidad de agua a adicionar, la forma de aplicación, el sistema de anclajes, el tiempo de fraguado, curado, secado y calentamiento.

### 3.1 Propiedades Físicas Típicas

Propiedades	Unidades
Temperatura máxima de servicio	°F / °C
Peso requerido para vaciado	kg/m <sup>3</sup>
Cantidad aproximada de agua requerida	Litros
Densidad global	kg/m <sup>3</sup>
Módulo de rotura	MPa
Resistencia a la compresión	MPa
Cambio lineal permanente	%

### 3.2 Aplicaciones actuales en calderas

Los concretos refractarios convencionales se usan en puertas, colectores, cabezales, paredes, baffles y en general en todas aquellas zonas de la caldera en que sea difícil la mampostería con ladrillos refractarios de formato estándar o para evitar la fabricación de formas especiales escasas y costosas.

## 4. Principales tipos de desgaste

### 4.1 Choque térmico

Se define como la fractura de un concreto refractario como resultado de un cambio brusco de temperatura. Esta variación repentina da lugar a tensiones superficiales de tracción que llevan a la fractura.

Entre los factores que condicionan la resistencia al choque térmico toma gran importancia la porosidad del refractario. Al disminuir la porosidad (aumentar la densidad) la resistencia al choque térmico y las características de aislamiento se reducen, mientras que la resistencia mecánica y la capacidad de carga aumentan.

### 4.2 Expansión

Las fracturas o grietas de concretos refractarios por expansiones no consideradas son frecuentes, para controlarlas se requiere contemplar juntas de construcción (juntas frías) o juntas de expansión.

Las juntas de construcción son diseñadas para permitir una fractura del material en paneles de tamaño previamente establecidos. Los paneles adyacentes son vaciados unos contra otro sin quitar los traslapes, usando estos como encofrado de borde para el próximo vaciado. Los paneles son generalmente de un tamaño de 1-1.4 m<sup>2</sup>. Estos tamaños pueden generalmente absorber los esfuerzos sin fracturarse. La junta de construcción puede ser considerada como una grieta ubicada en el lugar donde usted la requiera antes que dejar que el concreto refractario libere los esfuerzos por si mismo en un modelo aleatorio de grietas.

Los concretos densos de alta refractariedad suelen necesitar juntas de expansión cuando trabajan a temperaturas por encima de 1832°F (1000°C), excepto cuando están en contacto con metales fundidos. Estas juntas deben ser de material combustible a baja temperatura, o de material incombustible que sea

compresible, en ambos casos nunca debe tener un espesor mayor a 5 mm, debiendo ser espaciadas y dimensionadas de acuerdo con el área a revestir y la dilatación térmica del producto.

#### **4.3 Abrasión**

Concebido como el desgaste de un concreto refractario por métodos mecánicos como fricción, frotación o raspado. Los concretos convencionales sílico-aluminosos y de alta alúmina tienen una moderada resistencia a la abrasión, el flujo de combustibles sólidos no quemados afectan directamente el rendimiento.

#### **4.4 Corrosión**

Definido como el deterioro de un refractario como consecuencia de un ataque químico. El bagazo de caña usado como combustible es un material fibroso y muy heterogéneo en cuanto a su composición, presenta relativa baja densidad y usualmente alto contenido de humedad. La combustión incompleta del bagazo puede generar reacción de monóxido de carbono con el hierro presente en el refractario, dicho ataque químico normalmente conlleva a un spalling estructural o desprendimiento en capas del refractario.

### **5. Principales causas de desgaste**

#### **5.1 Incorrecta selección del refractario**

La temperatura no es la única variable a analizar para la selección de un refractario, además deben contemplarse: análisis del combustible, frecuencia del proceso, análisis de la carga a procesar, geometría del horno, calidad de combustión, entre otros.

#### **5.2 Errores de instalación**

El rendimiento de un refractario se determina por 3 factores: calidad del refractario, correcta instalación y proceso adecuado del horno. Son frecuentes los errores de instalación de los concretos refractarios: exceso de agua, errores de encofrado, anclajes incorrectos, falta de vibrado, inadecuado calentamiento, etc.

#### **5.3 Problemas de combustible y/o combustión**

Se mencionó en el punto 4.4 el efecto de la calidad del combustible así como las consecuencias de una combustión incompleta. No está demás mencionar que en el caso de un combustible residual de petróleo existe un riesgo similar cuando las impurezas como el dióxido de azufre o el pentóxido de vanadio reaccionan con la matriz del refractario generando eutécticos de menor punto de fusión con la consecuente degradación del refractario.

### **6. Concretos refractarios de bajo cemento para calderas**

Aparecen a mediados de la década del 70, son básicamente los mismos agregados de los concretos convencionales pero con 6 a 10% de cemento y contenido de CaO entre 1,0 y 2,5%. Exigen menos de 10% de agua en su preparación y obligan al uso de mezclador de paletas de eje vertical u horizontal. Tienen aditivos superfinos que actúan como dispersantes y poseen un comportamiento tixotrópico (fraguado con viscosidad constante mínima que muestra una fluencia tipo gel y que permite un mayor tiempo de utilización). Son más densos o menos porosos que los

convencionales. Finalmente tienen mejores propiedades mecánicas y son más resistentes a la abrasión.

### 6.1 Comparación de propiedades

Propiedades	REPSA CASTABLE SUPER	REPSA VERSAFLOW 45 ADTECH	REPSA VERSAFLOW 70 ADTECH
Temperatura máx. de servicio (°C)	1482	1510	1704
Peso para vaciado (kg/m <sup>3</sup> )	2019	2211	2499
Cantidad aprox. agua requerida (%)	10,5	5,8	5,7
Densidad global (kg/m <sup>3</sup> )	2115	2275	2611
Resistencia a la compresión (MPa)	22,8	44,8	62,1
Resistencia a la abrasión	Moderada	Muy buena	Excelente
Resistencia al choque térmico	Moderada	Muy buena	Muy buena

**REPSA CASTABLE SUPER:** Concreto convencional sílico-aluminoso.

**REPSA VERSAFLOW 45 ADTECH:** Concreto de bajo cemento de 45% alúmina.

**REPSA VERSAFLOW 70 ADTECH:** Concreto de bajo cemento de 70% alúmina.

### 6.2 Aplicaciones en calderas acuotubulares

Los concretos refractarios de bajo cemento son sugeridos para las mismas zonas de las calderas en que se usan concretos convencionales: puertas, colectores, cabezales, paredes, baffles y en general en todos aquellos sectores en que sea difícil la mampostería con ladrillos refractarios de formato estándar o para evitar la fabricación de formas especiales escasas y costosas.

### 6.3 Ventajas con respecto a concretos convencionales

- Mejores propiedades físicas.
- Mayor resistencia al choque térmico.
- Mayor tiempo disponible para su aplicación.
- Excelente resistencia a la abrasión.

## 7. Técnica de instalación

Es fundamental la correcta instalación para lo cual se sugieren las siguientes pautas:

- Distribución y diseño correcto de anclajes metálicos.
- Cantidad correcta de agua.
- Uso de mezclador de paletas de eje horizontal o vertical.
- Tiempo correcto de mezclado.
- Uso de moldes o encofrados adecuados.
- Uso de vibrador de concreto.

## **8. Secado y calentamiento**

El secado es la eliminación del agua física adicional, que se agregó en el mezclado y que no se integró químicamente en el fraguado; debe eliminarse totalmente conservando la temperatura entre 100 y 120°C.

El calentamiento se realiza con incrementos de 28°C por hora hasta llegar a la temperatura de eliminación del agua química (700°C) donde se hace una segunda retención y luego se continúa el calentamiento a razón de 28°C por hora hasta llegar a una temperatura aproximada de 1000°C en que la liga hidráulica se transforma en liga cerámica estable e indestructible.

## **9. Conclusiones**

Los operadores de calderas tienden a desconfiar de las innovaciones o sugerencias de diseños refractarios debido al temor o riesgo de una paralización de producción por una falla asignada al revestimiento refractario, esta propuesta de concretos refractarios de bajo cemento se respalda en experiencias satisfactorias en otros sectores industriales así como el resultado de una correcta selección, diseño, ingeniería y una instalación confiable para garantizar los mejores resultados.

## **BIBLIOGRAFIA**

“REFRACTARIOS”, F. H. Norton

“REFRACTORY LININGS FOR BOILERS”, N. W. Hinchliffe

“CARACTERIZACION DE COMBUSTIBLES”, G. G. Antolín

“CONCRETOS REFRACTARIOS”, Renato Bernardes