

# Introducción a los materiales refractarios

Ricardo Inoriza

**Cerámicos o no cerámicos, los materiales refractarios se caracterizan por su elevada resistencia a las altas temperaturas sin deterioro de sus propiedades físicas y químicas**

## Introducción

Podemos decir que los materiales refractarios son los grandes desconocidos, no sólo para el público en general sino, incluso, en los medios industriales y, por supuesto, en los estudios que se imparten en las carreras técnicas.

Pero ¿por qué se produce este hecho? ¿por qué este tipo de materiales, muchos de ellos de altísima tecnología y otros, sin embargo, ya contemplados y usados durante muchos decenios sin apenas modificación, son tan poco conocidos? La respuesta, no ya de un profano sino incluso de muchos técnicos no introducidos en la materia, es ante la pregunta ¿qué es un material refractario? algo tan extemporáneo como “el material que se emplea para construir barbacoas”.

Es este un contexto, sin duda, en el cual las escuelas técnicas tienen muchísimo que decir y aportar. Nos encontramos además, con una disciplina que goza de una escasa bibliografía y literatura científica que explique en detalle no sólo los grandes avances que se producen en el campo de la investigación, sino las aplicaciones prácticas, las experiencias habidas en los diferentes sectores en los que tienen aplicación, y en definitiva el día a día en este tipo de materiales.

Pero, ¿es realmente tan importante su conocimiento? Ahora veremos que sí, si se tiene en cuenta que los materiales refractarios son de una importancia vital para muchísimos procesos industriales, sin los cuales una gran parte de la industria quedaría paralizada.

Sucintamente se describen algunos procesos industriales en los que se utilizan:

## Sectores de empleo

- *Industria siderúrgica integral*: hornos altos, estufas, baterías de horno de cok, mezcladores de arrabio, cucharas, vagones torpedo, hornos eléctricos.

- *Industria del acero*: hornos eléctricos, convertidores, cucharas, artesas, hornos de desgasificados, hornos de tratamiento térmico y de afino, hornos de laminación de empuje y de vigas galopantes.

- *Industria del vidrio*: hornos de fusión de vidrio hueco y plano, baños de estaño, hornos de temple.

- *Industria metalúrgica*: hornos de fusión de cobre, hornos de aluminio, hornos de cocción de ánodos, hornos de pisos y de tostación de piritas, hornos de plomo, torres fusoras.

- *Industria del cemento*: hornos rotativos, intercambiadores de calor, cabe-

zales de horno, enfriadores de satélites.

- *Tratamiento de residuos*: hornos de incineración de parrillas, rodillos y lecho fluidificado para residuos sólidos urbanos y residuos industriales y cámaras de combustión.

- *Industria cerámica*: hornos túnel, de cámara, vagonetas, hornos de bizcochado.

- *Industria petroquímica*: hornos de nafta, de etano e instalaciones de proceso, calderas, hornos de cracking.

- *Chimeneas*.

- *Industrias varias*: hornos verticales y secaderos de pulpa para azucareras, hogares de combustión para centrales eléctricas, cubilotes y hornos de arco para fundiciones, etc., hornos verticales de cal y rotativos para papeleras, hornos de sinterización.

Es decir, sin refractario, actualmente sería imposible fabricar acero, cemento, vidrio, cerámica, gasolina, metales no férricos, cal o cosas tan imprescindibles como el azúcar que consumimos.

Vemos claramente su importancia. Tanto es así que en EEUU se ha considerado a la industria del refractario como industria estratégica, tanto en campo amigo como enemigo. Los estrategas militares de dicho país han considerado



que en una contienda a largo plazo, la destrucción de las fábricas de refractarios paralizaría virtualmente el potencial enemigo<sup>1</sup>.

Debemos decir que las cantidades de material instalado en estas unidades pueden variar entre los varios cientos de kilogramos que revisten un pequeños horno de tratamientos térmicos hasta las 45.000 Tm. que conforman una gran batería de hornos de cok.

La instalación, asimismo, es especial y no tanto en cuanto al a maquinaria específica que se emplea sino por la propia habilidad y experiencia de los montadores. En efecto, nada tiene que ver la técnica del montaje del material refractario, por ejemplo, en un entronque de tuberías con ladrillos labrados a mano que habrán de soportar además la temperatura de más de 1.000 °C, la acción de presiones y el ataque de medios agresivos con el montaje de cualquier mampostería dentro del mundo de la obra civil.

Pero ¿qué es el material refractario? ¿Cómo se puede definir? ¿Dónde están los límites del mismo, o lo que es lo mismo, desde dónde y hasta qué cumplimiento de parámetros puede un material considerarse como refractario?.

### Definiciones

La Real Academia de la Lengua lo define como “el cuerpo que resiste la acción del fuego sin cambiar de estado ni descomponerse”. Vemos que ésta es claramente una definición poco realista, ya que un pedazo de acero (o una piedra) cumpliría esta función y, desde luego, no son materiales refractarios.

La segunda parte de la definición tampoco es realista. En la *figura 1* se puede ver un diagrama de fases de sílice y óxido de sodio. Vemos como a diferentes temperaturas el cuerpo se descompone en otros componentes y, sin embargo, el material es claramente refractario.

Conviene por tanto buscar una defi-

nición más acorde con la realidad, que encuadre claramente qué tipo de material cumple exactamente con los requisi-

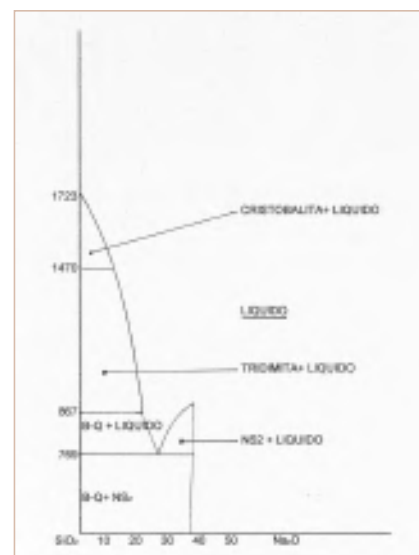


Figura 1.

### Nota.

1. Como curiosidad podemos leer en la publicación Empresa XXI del 1 de abril de 2002, en la página 3: “Está claro que los estrategas piensan en todo, especialmente los servicios de inteligencia. Tienen claro cuáles son las prioridades de la industria y cuáles los puntos débiles de la misma. Según expertos en asuntos de la CIA, en caso de desatarse hostilidades, los principales objetivos militares no serían muchos de los que pensamos la mayoría. El primer sector industrial que se atacaría sería el petroquímico y en segundo lugar intentarían destruir las empresas dedicadas a la fabricación de refractarios. El objetivo pasaría por entorpecer al máximo la actividad de las industrias que apoyan su sistema productivo en los hornos (siderurgia, fundición, química, etc.), aunque la duda es si Bush será tan meticoloso en caso de guerra”.

## RESUMEN

El artículo realiza una introducción al mundo de los materiales refractarios y expone todas y cada una de las clasificaciones que son de empleo en la industria actual. Acota asimismo el margen de definición del material refractario, y hace un somero análisis del desconocimiento general de este mundo, vital para gran parte de la industria.

	CONO SEGER	T
Resistente al fuego	< 17	< 1.500 °C
Refractario	≥ 17	≥ 1.500 °C
Altamente refractario	≥ 16	≥ 1.800 °C

Tabla 1.

tos exigidos para que un determinado material se considere refractario.

Sin perjuicio de otras, apunto ésta:

“Todo material cerámico o no, capaz de resistir las temperaturas elevadas y las condiciones del medio, y todo ello, durante un periodo de tiempo que resulte económicamente rentable y sin deterioro de sus propiedades tanto físicas como químicas”.

Estudiando esta definición vemos como abarca todos los aspectos inherentes al funcionamiento de un material refractario, que son:

- *Tipo de material:* se desliga de la apreciación el que un material refractario debe ser necesariamente cerámico. Existen materiales, concretamente el acero denominado 25/20, que es un acero refractario.

- *Temperaturas elevadas:* no se indica cuál es la temperatura mínima con la cual un material deba ser considerado como refractario. Evidentemente, considerar que un material que soporta 600 °C es refractario, y otro que soporta 599 °C no, sería absurdo.

- *Condiciones del medio:* no basta con que el material soporte la temperatura elevada. También debe ser capaz de soportar el ataque físico-químico del medio en el cual esté inmerso, por ejemplo, el vidrio líquido que se encuentra fundido en el interior del horno.

- *Factor tiempo:* el material debe ser capaz de cumplir lo anteriormente descrito durante un tiempo predeterminado y que dé lugar a su total amortización.

- *Deterioro de propiedades:* el material cumple los requisitos anteriores pero no se modifican sus propiedades, al menos como conjunto, porque es evidente que

en la zona de desgaste se producirá una interfase totalmente diferente, fruto de la interacción material-medio.

Como regla general, el material refractario se emplea para temperaturas por encima de 1.000 °C o lo que es lo mismo, un punto de ablandamiento según Cono Seger de O5A. Los materiales con una refractariedad más baja se denominan simplemente resistentes al calor o aislantes.

El cono Seger es una pequeña probeta piramidal, de composición química determinada y que reblandece para dicha composición a una temperatura exacta. Es un método de medida de temperaturas indirecto, muy usado en la industria refractaria.

Por ejemplo, el cono Seger n° 17 se reblandece a 1500 °C. El n° 18, a 1520 °C, etcétera.

La Norma DIN 51060 establece, sin embargo, la clasificación que refleja la *tabla 1*.

Existe una enorme diversidad de materiales refractarios y resistentes al calor y conviene, por lo tanto, llegar a una clasificación de los mismos.

### Clasificaciones

Los materiales refractarios se podrían clasificar de diversas maneras, por ejemplo:

Por su carácter químico:

- Ácidos
- Neutros
- Básicos

Por su composición química:

- Sílice
- Sílice-alúmina
- Magnesita

CARÁCTER	PRODUCTO	CONTENIDO
ÁCIDOS	Sílice	SiO <sub>2</sub> > 93%
	Semisílice	85% < SiO <sub>2</sub> < 93%
	Silicoaluminosos	10% < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 30%
	Aluminosos	30% < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 45%
	Alto contenido de alúmina	45% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <
BÁSICOS	Magnesita	80% < MgO
	Magnesita cromo	55% < MgO < 80%
	Cromo magnesita	25% < MgO < 55%
	Cromita	25% < Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 25% MgO
	Forsterita	2MgO.SiO <sub>2</sub>
	Dolomia	CaO.MgO
ESPECIALES I	Carbón	C
	Carburo de silicio	SiC
	Circón	ZrSiO <sub>4</sub>
	Circonia	ZrO <sub>2</sub>
	Espinelas	MgO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
ESPECIALES II	Nitruros	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
	Sialones	(SiAl) <sub>3</sub> (ON) <sub>4</sub>
	Otros	

Tabla 2. Materiales refractarios por su composición química.



- Zirconia
- Otros

Por su naturaleza química:

- Oxídicos
- No oxídicos

Por su presentación:

- Conformados
- No conformados
- Otros

Por su finalidad:

- Denso
- Aislante

La clasificación mas utilizada es la que emplea la composición química como base, si bien es cierto que se consideran todas ellas. Seguidamente se describe someramente cada clasificación.

### Clasificación por carácter químico

La clasificación por el carácter químico nos indica el carácter reactivo del material. Este puede ser ácido, neutro o básico. A alta temperatura y puestos en contacto dos materiales de diferente carácter, reaccionan firmemente entre sí, llegando a la mutua destrucción. Los neutros se emplearán como materiales de separación entre los ácidos y bási-

cos. Asimismo, el carácter químico nos indicará con qué escoria reaccionará, o con qué tipos de baño sufre una reacción.

### Composición química

Con esta clasificación se consigue una clarificación del material en cuestión. Dentro de cada subgrupo se establecerán otros, dependiendo de los porcentajes constituyentes, aditivos, etc. Sin embargo, no existe una clara normalización al respecto y menos en Europa (tabla 2).

### Naturaleza química

Esta clasificación es válida solamente para usos de investigación y en la práctica dice muy poco. Hay que decir que la gran mayoría de refractarios están compuestos por óxidos.

### Presentación

Es la clasificación más intuitiva, la empleada en los primeros pasos del desarrollo de la ingeniería de detalle del revestimiento refractario de cualquier unidad a revestir. Divide los materiales en conformados, es decir, ladrillos y demás piezas de forma y no conformados o lo

que es lo mismo, hormigones y otros materiales, por ejemplo fibras cerámicas.

### Finalidad

Otra clasificación muy empleada a efectos de realizar una rápida separación entre los materiales refractarios que componen o compondrán el revestimiento refractario de una unidad.

Divide los materiales entre materiales densos, en general los expuestos a la cara fuego de la instalación y aislantes, que normalmente serán los materiales zagueros.

### Bibliografía

*Refractory Engineering.* Deutsche Gesellschaft und Schornsteinbau e.V. Vulkan Verlag. Essen.  
*Feuerfeste Werkstoffe und Ihre Merkmale.* Didier Werke AG. Wiesbaden.

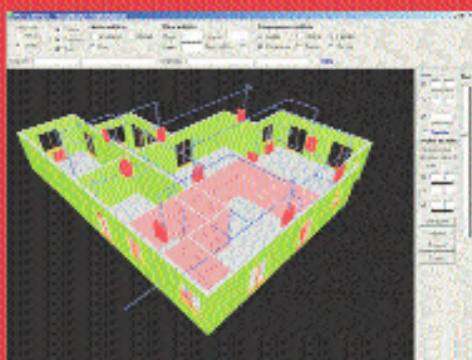
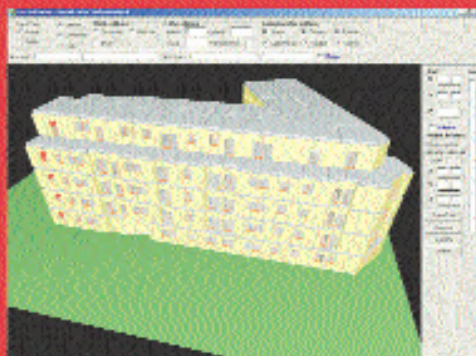
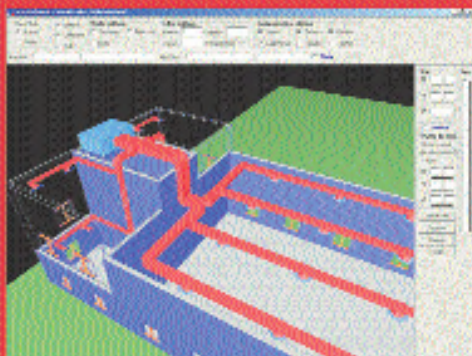
## AUTOR

### Ricardo Inoriza

Ingeniero técnico por la E.U.I.T.I. de Bilbao (1981). Ha trabajado seis años como *wellsite engineer* en geofísica petrolífera y actualmente es jefe de proyecto en la ingeniería de revestimientos refractarios Karrena. Ha impartido cursos y escrito diversos artículos sobre el tema.

# HVACCAD

## Engineering Software



## MC4 SOFTWARE

WWW.MC4SOFTWARE.COM



- Cálculo de las Cargas Térmicas de verano e invierno (según A.S.H.R.A.E.).
- Cálculo y Diseño de Tuberías.
- Cálculo y Diseño de Conductos.
- Cálculo y Diseño de Suelo Radiante.



Solicite gratis un CD ROM demostrativo del programa completo HVACCAD 3D [info4@mediatecom.net](mailto:info4@mediatecom.net)



[www.mc4software.com](http://www.mc4software.com)  
Visite nuestro sitio web, donde podrá encontrar información detallada sobre nuestros productos, precios, cursos de formación...