

THERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

Venustiano Carranza #30 Col. Canticas, Cosoleacaque, Ver., C.P. 96343.

Tel. y Fax: (921) 21.5.75.57 y 5.75.61 R.F.C.: TME-970210-AE6

E-mail: thermicamex@thermicamex.com

Web: www.thermicamex.com

Cosoleacaque, Ver., a 10 de octubre del 2020

SECADO DE REFRACTARIO

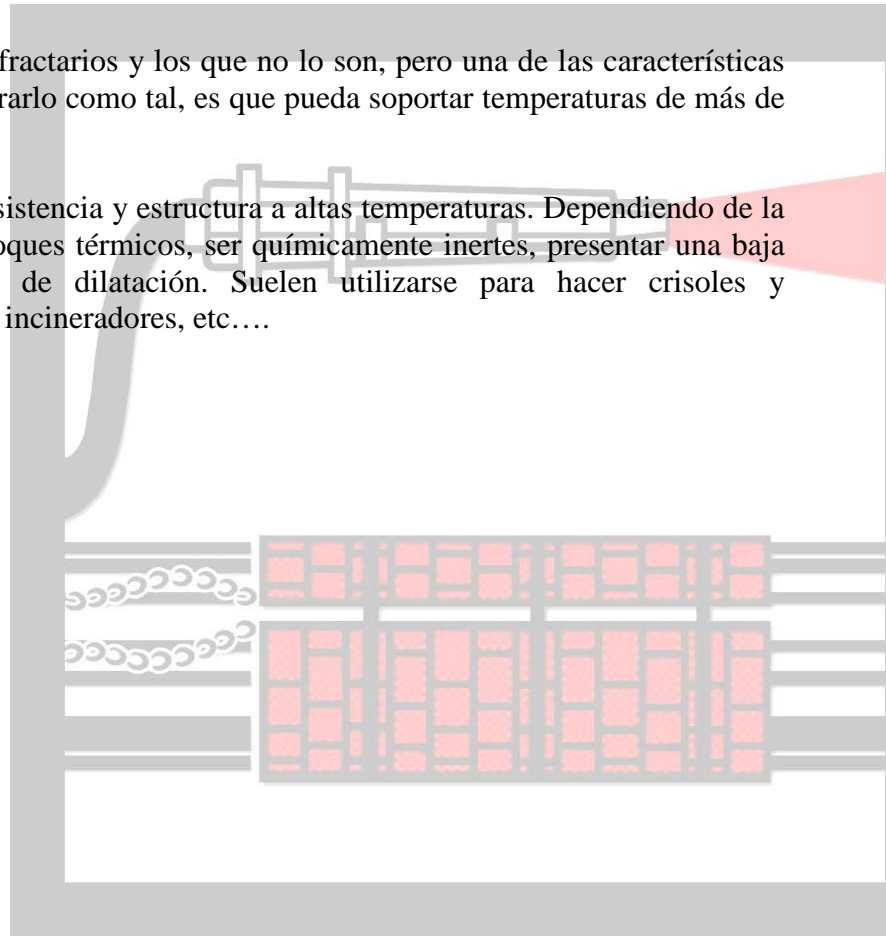
Primeramente, definiremos:

¿Qué es un Material Refractario?

Cuando utilizamos el término refractario, nos referimos a la propiedad de ciertos materiales de resistir altas temperaturas sin descomponerse.

No hay una frontera clara entre los materiales refractarios y los que no lo son, pero una de las características habituales que se pide a un material para considerarlo como tal, es que pueda soportar temperaturas de más de 1600 °C sin ablandarse o derretirse.

Los materiales refractarios deben mantener su resistencia y estructura a altas temperaturas. Dependiendo de la operación, estos materiales deben resistir los choques térmicos, ser químicamente inertes, presentar una baja conductividad térmica y un bajo coeficiente de dilatación. Suelen utilizarse para hacer crisoles y recubrimientos de hornos, calentadores, calderas, incineradores, etc....



Materiales Refractarios

Los óxidos de aluminio (alúmina), de silicio (sílice) y magnesio (óxido de magnesio) son los materiales refractarios más importantes.

Otro óxido que se encuentra generalmente en materiales refractarios es el óxido de calcio (cal). Las arcillas refractarias también se utilizan ampliamente en la fabricación de materiales refractarios, como puede ser la chamota.

La chamota es un material granular obtenido de la pulverización de los ladrillos, piedras refractarias u otro producto cerámico cocido. Tiene un alto porcentaje de sílice y alúmina. También se puede hacer, en altas

THERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

temperaturas, a partir de arcillas refractarias. Añadiendo chamota en la arcilla mejora la textura, reduce la contracción y evita la formación de grietas durante la cocción.

El dióxido de circonio (circonita) se utiliza cuando hay que soportar temperaturas extremadamente elevadas. El carburo de silicio y el carbono son materiales refractarios de gran resistencia a altas temperaturas, pero arden en presencia de oxígeno si desaparece su protección de dióxido de silicio.

Compuestos binarios, tales como el carburo de wolframio o el nitruro de boro pueden ser muy refractarios. El carburo de hafnio es el compuesto binario más refractario conocido, con un punto de fusión de 3890 °C. El compuesto ternario carburo de tántalo hafnio tiene uno de los más altos puntos de fusión conocidos (4215 °C).

Los utilizados materiales se deben elegir en función de las condiciones de utilización, por ejemplo, el carbono no puede ser utilizado si debe estar en contacto con el oxígeno porque ardería. Los materiales refractarios ácidos no se pueden utilizar en presencia de una base química y viceversa dado que se produciría corrosión. El circonio, la chamota y el dióxido de silicio son ácidos, la dolomita y la magnesita son básicas, mientras que el óxido de aluminio, la cromita, el carburo de silicio o el carbono son neutros.

También son utilizados metales refractarios como el wolframio, el molibdeno o el tántalo.

Clasificación

Basados en su composición química

Materiales refractarios ácidos

Los refractarios ácidos son producidos a base de sílice en sus distintas formas como cuarzo, cuarcita o arena.

Materiales refractarios neutros

Son los más comunes y se usan en todo tipo de industrias. Son estables químicamente ante ácidos y bases. Son producidos a base de bauxita o chamote. Tienen SiO₂ y Al₂O₃.

Materiales refractarios básicos

Son usados para operaciones en contacto con atmósferas básicas, ya que son estables con materiales alcalinos, pero podrían reaccionar con ácidos. La magnesita (MgO) y la dolomita son ejemplos comunes de este tipo de materiales.

¿POR QUE UN SECADO DE REFRACTARIO CON FUENTES DE CALOR EXTERNAS?

Partiendo de lo arriba expuesto y sabiendo las características básicas de un material refractario, tenemos que entender que, por ejemplo en un calentador las paredes recubiertas por refractario que están más cerca del quemador principal, reciben una gran cantidad de calor en forma de radiación, a diferencia de la parte más alejada, que a pesar de tratar de forzar la convección, los gradientes que se presentan en la temperatura entre ambas zonas, son de consideración, de tal manera que las paredes que reciben más calor por lógica se calentarán más rápido y por ende se expansionarán más rápido que las que se encuentran en la zona de convección, siendo estas las que reciban una compresión por la expansión de la paredes de la zona de radiación, al tener esta situación de expansiones y contracciones se generaran fracturas y fisuras sobre el refractario; sí aunado a esto también observamos que por la generación de estos gradientes, las paredes que reciben una mayor cantidad de calor en un lapso más corto que el resto del refractario solamente se secan de forma superficial, ya que no tienen el suficiente tiempo para permitir que el agua contenida en el refractario

THERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

escape, por lo que esta agua queda atrapada sirviendo de medio de conducción al calor que se genera en el calentador, por lo que en las paredes exteriores del calentador se puede percibir este escape y por lo que en ocasiones no se pueden tocar con la mano, esto representa pérdidas de calor ya que el refractario no está haciendo su función de aislante térmico; ahora bien con esta agua atrapada se forman manchas calientes las cuales cuando por algún requerimiento de operación de la planta se requiere aumentar la demanda, al aumentar la temperatura de operación en el calentador, el agua atrapada empezará a hervir y por consecuencia se evaporará convirtiéndose en vapor y aumentando su volumen; este aumento de volumen ocasionará que el vapor busque una salida, al no encontrarla, este generará una explosión y como consecuencia se tendrá un desprendimiento del refractario en el área de la mancha caliente.

Ahora bien utilizando el método de combustión por medio de quemadores portátiles y debido a su maniobrabilidad y versatilidad que permiten colocarlos de manera estratégica en el calentador para así obtener una convección forzada y por consecuencia una distribución uniforme de la temperatura evitando así gradientes perjudiciales para el refractario.

El uso de este equipo satisface los requerimientos del estándar “API 936 Refractory Installation Quality Control – Inspection and Testing Monolithic Refractory Linings and Materials”, que en su apartado 10 Secado, punto 10.1.3, menciona que durante el proceso de secado la flama incidente y el calor radiante deberán ser evitados.

Lo quemadores portátiles ofrecen una proporción de combustión de 25:1, por lo que entregan aire caliente con bastante volumen, garantizando una correcta distribución del calor por convección en el interior del calentador.

Por lo que un secado de refractario por este medio ofrece las siguientes ventajas:

- (1) Está diseñado para eliminar completamente el agua libre y químicamente retenida por el refractario para minimizar el desprendimiento y el agrietamiento, ya que el secado, es el calentamiento inicial de los revestimientos refractarios moldeables para eliminar el agua retenida del interior del mismo sin afectar adversamente su estructura o propiedades mecánicas.
- (2) Prevenir la formación de tensiones térmicas que podrían debilitar el refractario.
- (3) Minimizar el potencial para el plano de deslizamiento.
- (4) Asegurar la unión cerámica transversal para extender la vida útil del refractario.

A continuación, se adjunta la sección del estándar “**API 936 Refractory Installation Quality Control – Inspection and Testing Monolithic Refractory Linings and Materials**”.

Así como una traducción simple de dicha sección.

Refractory Installation Quality Control – Inspection and Testing Monolithic Refractory Linings and Materials

API STANDARD 936

10 Dry out

10.1 Dry out Procedure

10.1.1 The contractor shall develop a dry out procedure and submit it to the owner for approval. The dry out procedure shall accommodate the refractory manufacturer's dry out requirements and the requirements of this standard. In the absence of refractory manufacturer requirements, the minimum dry out schedules in accordance with Table 5 shall apply.

The dry out procedure shall include heat up/cool down rates for all control temperature indicators, location of and maximum temperature difference between temperature indicators, and shall ensure adequate flow of heated air over the entire refractory surface.

10.1.2 The dry out plan for complex vessels or vessel/duct/pipe systems which involve more than one burner, more than two flue gas exit points or eight or more thermocouples, shall be reviewed by an engineer experienced in dry out of complex systems.

10.1.3 Initial heating of refractory linings shall be performed by temporary equipment such as portable burners or electric heating elements. When temporary heating devices are not practical, process heating devices are an acceptable alternative. Flame impingement and radiant heating shall be avoided.

10.1.4 Cold wall refractory lined components shall be dried out by heating from the refractory hot face only, in accordance with the approved dry out procedures.

10.1.5 Hot wall refractory lined components shall be dried out by application of heat from either the inside or outside surface or by placement within an oven and heating from both sides, in accordance with the approved dry out procedures.

10.1.6 Heating shall be controlled using temporary thermocouples to monitor gas temperatures throughout the lined area(s). Thermocouples shall be located within ½ in. (13 mm) of the refractory surface. Place thermocouples to detect any stagnant area(s). When temporary thermocouples are not practical (e.g., dry out performed as part of startup), process thermocouples may be an acceptable alternative.

10.1.7 Heating rates shall be monitored by thermocouples closest to the heat source. The hold temperatures and durations shall be achieved at all thermocouples including

THERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

those at gas exits of the installed refractory. Thermocouples shall also be provided to protect design temperature limits of the unit and/or components as defined in section 5.1.1d)

10.1.8 When cool-down is included in the dry out work scope, cooling rates shall not exceed 100°F/h (56°C/h).

10.2 Dry out Schedule

10.2.1 General

This section describes provisions for determining safe and cost effective dry out schedules for castable refractory linings. Dry out is the initial heating of castable refractory linings in order to remove retained water from within the refractory without adversely affecting its structure or mechanical properties. The procedure shall be efficient and provide for cost effective execution with minimal impact on the service factor of the process unit in which the refractory is installed.

10.2.2 Dry out Index

10.2.2.1 Dry out is described in schedules or procedures by heating rates, target temperatures, and hold times. For the purpose of this standard, these requirements are based upon gas temperatures at the surface of the lining that will see the greatest heat during service. Heat sources and monitoring of gas temperatures affecting the dry out shall be in accordance with 10.1.

10.2.2.2 Table 5 describes typical dry out schedules for conventional castable refractories with a density of 140 lb. / ft. (2240 kg/m) or less.

10.2.2.3 Refractory products with dry out requirements differing from those defined by Table 5 shall be rated by the Dry out Index. To provide a comparative basis, the Dry out Index shall be defined as the duration time in hours that is required for initial heating from 50°F to 1300°F (10°C to 710°C), including recommended heating rates and holding times. The Index shall be based on single-layer linings 5 in. (127 mm) thick, applied and dried out in accordance with this standard.

10.2.2.4 Details of actual heating rates and holding times within the overall duration defined by the Dry out Index shall be determined prior to installation work in accordance with 10.1.1. Modifications to account for greater thickness and/or dual-layer designs shall be resolved at that time. When drying out a unit or vessel that has multiple refractories, schedules shall to be based on the refractory or lining system that has the longest duration requirement for the maximum thickness at each stage of the dry out.

Table 5—Dry out of Conventional Castable Refractories a,b,c

Heating stage	Refractory Density		
	Less than 75lb/ft3 (1200 kg/m3)	75 lb/ft to 100 lb/ft3 (1200 kg/m3 to 1600 kg/m3)	101 lb/ft to 140 lb/ft3 (11601 kg/m3 to 2240 kg/m3)
Initial temperature to first hold. Note "e"	Heat at 100°F/h (56°C/h) Hold at 250°F to 300°F (122°C to 150°C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness	Heat at 75°F/h (42°C/h) Hold at 250°F to 300°F (122°C to 150°C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness	Heat at 50°F/h (28°C/h) Hold at 250°F to 300°F (122°C to 150°C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness
Ramp to next hold	Heat at 100°F/h (56°C/h) Hold at 600°F to 700°F (318°C to 374°C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness	Heat at 75°F/h (42°C/h) Hold at 600°F to 700°F (318°C to 374°C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness	Heat at 50°F/h (28°C/h) Hold at 600°F to 700°F (318°C to 374°C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness
Ramp to next hold	Heat at 100°F/h (56°C/h) to operating temperature	Heat at 75°F/h (42°C/h) Hold at 1000°F to 1050 °F (542°C to 565 °C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness	Heat at 50°F/h (28°C/h) Hold at 1000°F to 1050 °F (542°C to 565 °C) Hold 1 h/in. (1 h/25 mm) of refractory thickness
Ramp to next hold		Heat at 75°F/h (42°C/h) to operating temperature	Heat at 75°F/h (42°C/h) to operating temperature
Dry out Index Note "f"	23 hours	31 hours	40 hours

a). - See 10.1.1.
 b).- These rates only apply when the curing temperature is between 50°F (10°C) and 90°F(32°C).
 c). - Conventional castable refractories having a "normal" cement content, i.e., greater than 2.5% CaO.
 d). - For refractories with densities higher than 140 lb/ft3 (2240 kg/m3) consult manufacturer.
 e). - Initial temperature not to exceed 200°F (94°C).
 f).- The Dry out Index is based on a refractory thickness of 5 in. (127 mm), an operating temperature of 1300°F (710°C), and heating from the refractory side only. It is further based on standard accepted dry out practice in a well exhausted configuration.

Control de calidad en la instalación de refractario - Inspección y prueba monolítica Revestimientos y materiales refractarios

ESTÁNDAR API 936

10 Secado

10.1 Procedimiento de secado

10.1.1 El contratista deberá desarrollar un procedimiento de secado y presentarlo al propietario para su aprobación. El procedimiento de secado debe adaptarse a los requisitos de secado del fabricante del refractario y los requisitos de esta norma. En ausencia de requisitos del fabricante del refractario, se aplicarán los programas mínimos de secado de acuerdo con la Tabla 5.

El procedimiento de secado debe incluir tasas de calentamiento / enfriamiento para todos los Termopares (indicadores) de control de temperatura, ubicación y diferencia de temperatura máxima entre los indicadores de temperatura, y debe garantizar un flujo de aire caliente adecuado sobre toda la superficie del refractario.

10.1.2 El plan de secado para recipientes complejos o sistemas de recipientes / conductos / tuberías que involucran más de un quemador, más de dos puntos de salida de gases de combustión u ocho o más termopares, debe ser revisado por un ingeniero con experiencia en el secado de sistemas complejos.

10.1.3 El calentamiento inicial de los revestimientos refractarios debe realizarse mediante equipo temporal, como quemadores portátiles o elementos calefactores eléctricos. Cuando los dispositivos de calentamiento temporal no son prácticos, los dispositivos de calentamiento de proceso son una alternativa aceptable. Se evitará la incidencia de flamas y el calentamiento radiante.

10.1.4 Los componentes revestidos con refractario de pared fría deben secarse calentándolos únicamente desde la cara caliente del refractario, de acuerdo con los procedimientos de secado aprobados.

10.1.5 Los componentes revestidos con refractario de pared caliente deben secarse mediante la aplicación de calor desde la superficie interior o exterior o colocándolos dentro de un horno y calentando desde ambos lados, de acuerdo con los procedimientos de secado aprobados.

10.1.6 El calentamiento debe controlarse utilizando termopares temporales para monitorear las temperaturas de los gases de la atmosfera en toda el área revestida. Los termopares deben ubicarse a una distancia de ½ pulgada (13 mm) de la superficie refractaria. Coloque termopares para detectar cualquier volumen estancado. Cuando los termopares temporales no son prácticos (por ejemplo, cuando el secado se realiza como parte de la puesta en marcha), los termopares de proceso pueden ser una alternativa aceptable.

10.1.7 Las velocidades de calentamiento deben ser monitoreadas por los termopares más cercanos a la fuente de calor. Las temperaturas y duraciones del sostenimiento se deben lograr

THERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

en todos los termopares, incluidos los de las salidas de gases del refractario instalado. También se deben proporcionar termopares para proteger los límites de temperatura de diseño de la unidad y / o componentes como se define en la sección 5.1.1d).

10.1.8 Cuando el enfriamiento se incluye en el alcance del trabajo de secado, las velocidades de enfriamiento no deben exceder los 100 ° F / h (56 ° C / h).

10.2 Programa de secado

10.2.1 General

Esta sección describe las disposiciones para determinar programas de secado seguros y rentables para los revestimientos refractarios moldeables. El secado es el calentamiento inicial de los revestimientos refractarios moldeables para eliminar el agua retenida del interior del refractario sin afectar adversamente su estructura o propiedades mecánicas. El procedimiento debe ser eficiente y proporcionar una ejecución rentable con un impacto mínimo en el factor de servicio de la unidad de proceso en la que se instala el refractario.

10.2.2 Índice de secado

10.2.2.1 El secado se describe en programas o procedimientos mediante tasas de calentamiento, temperaturas objetivo y tiempos de espera (sostenimiento). Para los propósitos de este estándar, estos requisitos se basan en las temperaturas de los gases de la atmósfera en la superficie del revestimiento que soportará mayor calor durante el servicio. Las fuentes de calor y el monitoreo de las temperaturas del gas que afectan el secado deben estar de acuerdo con 10.1.

10.2.2.2 La Tabla 5 describe programas de secado típicos para refractarios moldeables convencionales con una densidad de 140 lb. / pie (2240 kg / m) o menos.

10.2.2.3 Los productos refractarios con requisitos de secado que difieran de los definidos por la Tabla 5 se clasificarán mediante el Índice de secado. Para proporcionar una base comparativa, el índice de secado se definirá como el tiempo de duración en horas que se requiere para el calentamiento inicial de 50 ° F a 1300 ° F (10 ° C a 710 ° C), incluidas las velocidades de calentamiento recomendadas y los tiempos de mantenimiento (sostenimiento). El Índice se basará en revestimientos de una sola capa de 127 mm (5 pulg.) De espesor, aplicados y secados de acuerdo con este estándar.

10.2.2.4 Los detalles de las tasas de calentamiento reales y los tiempos de sostenimiento dentro de la duración total definida por el índice de secado se deben determinar antes del trabajo de instalación de acuerdo con 10.1.1. Las modificaciones para tener en cuenta con un espesor mayor y / o diseños de doble capa se resolverán en ese momento. Al secar una unidad o recipiente que tiene múltiples refractarios, los programas se basarán en el refractario o sistema de revestimiento que tenga el requisito de mayor duración para el espesor máximo en cada etapa del secado.

THERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

Tabla 5—Secado convencional de Refractarios Moldeables a,b,c

Etapa de calentamiento	Densidad del Refractario		
	Menor que 75lb/ft3 (1200 kg/m3)	75 lb/ft a 100 lb/ft3 (1200 kg/m3 a 1600 kg/m3)	101 lb/ft a 140 lb/ft3 (11601 kg/m3 a 2240 kg/m3)
Temperatura inicial para el primer sostenimiento. Nota "e"	Calentar a 100°F/h (56°C/h) Sostener en 250°F a 300°F (122°C a 150°C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario	Calentar a 75°F/h (42°C/h) Sostener en 250°F a 300°F (122°C a 150°C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario.	Calentar a 50°F/h (28°C/h) Sostener en 250°F a 300°F (122°C a 150°C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario
Rampa para el siguiente sostenimiento.	Calentar a 100°F/h (56°C/h) Sostener en 600°F a 700°F (318°C a 374°C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario.	Calentar a 75°F/h (42°C/h) Sostener en 600°F a 700°F (318°C a 374°C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario.	Calentar a 50°F/h (28°C/h) Sostener en 600°F a 700°F (318°C a 374°C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario.
Rampa para el siguiente sostenimiento.	Calentar a 100°F/h (56°C/h) a Temperatura de operación.	Calentar a 75°F/h (42°C/h) Sostener en 1000°F a 1050 °F (542°C a 565 °C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario.	Calentar a 50°F/h (28°C/h) Sostener en 1000°F a 1050 °F (542°C a 565 °C) Sostener 1 h/in. (1 h/25 mm) de espesor de refractario.
Rampa para el siguiente sostenimiento.		Calentar a 75°F/h (42°C/h) hasta la temperatura de operación.	Calentar a 75°F/h (42°C/h) hasta la temperatura de operación.
Índice de secado Nota "f"	23 horas	31 horas	40 horas

- a). - Ver 10.1.1.
 b). - Estas tasas solo se aplican cuando la temperatura de curado está entre 50 ° F (10 ° C) y 90 ° F (32 ° C).
 c). - Refractarios moldeables convencionales que tienen un contenido de cemento "normal", es decir, superior al 2,5% CaO.
 d). - Para refractarios con densidades superiores a 140 lb / ft3 (2240 kg / m3), consulte al fabricante.
 e). - La temperatura inicial no debe exceder los 200 ° F (94 ° C).
 f). - El índice de secado se basa en un espesor de refractario de 127 mm (5 pulg.), Una temperatura de funcionamiento de 710 ° C (1300 ° F) y calentamiento solo desde el lado refractario. Además, se basa en la práctica de secado estándar aceptada en una configuración bien agotada.