



SECADO DE HORMIGONES REFRACTARIOS. UN PROCEDIMIENTO POCO VALORADO, PERO ABSOLUTAMENTE *DETERMINANTE* EN LA VIDA UTIL DE LOS REVESTIMIENTOS.

1) Introducción Técnica :

Todos sabemos que los hormigones de uso civil (con cemento Pórtland) son usados perfectamente para temperaturas ambiente o que no excedan los 300-400 °C. Por encima de ellas, expanden, se desgranar o fisuran por pérdida de resistencia. Para temperaturas superiores, se hizo necesario el uso de cementos del tipo calcio-aluminosos. Estos cemento pueden ser considerados de baja pureza (40% de alúmina), Media pureza (60%) y alta pureza (80 %) y permiten prestaciones a altas temperaturas.

Lo cierto es que estos cementos en su mezcla con el agua, desarrollan una serie de combinaciones químicas complejas, las que dependiendo de la temperatura y la fase en que encuentren, pueden llegar a ocasionar serios problemas en el futuro revestimiento, en la medida que cada una de esas fases no sea completada en el tiempo y modo que le correspondiera. Problemas posibles van **desde la explosión y destrucción completa** por secado muy rápido hasta **desgrane o generación de fisuras**, entre los casos más comunes.

Para considerar rápidamente estas fases, hacemos el siguiente resumen:

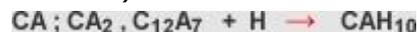
Considerar: **C** : CaO (Oxido de Calcio)

A : Al₂O₃ (Alumina)

H : H₂O (Agua)

a) Fase de hidratación:

También denominada **FRAGUE**. En esta etapa el agua hidrata al cemento, combinándose químicamente (agua secundaria o de cristalización) , mientras que una cantidad extra de a está presente sin combinarse para poder dar fluidez y permitir la aplicación del hormigón (a primaria o mecánica). La formula de la hidratación podría detallarse así:



A Temperatura ambiente , 20`C

b) Fase de curado:

Por efecto del carácter exotérmico de la reacción, el hormigón elimina parcialmente agua. Este proceso es más notorio en hormigones con altas proporciones de cemento.



A un rango entre 20 °C - 200

c) Fase de descomposición:

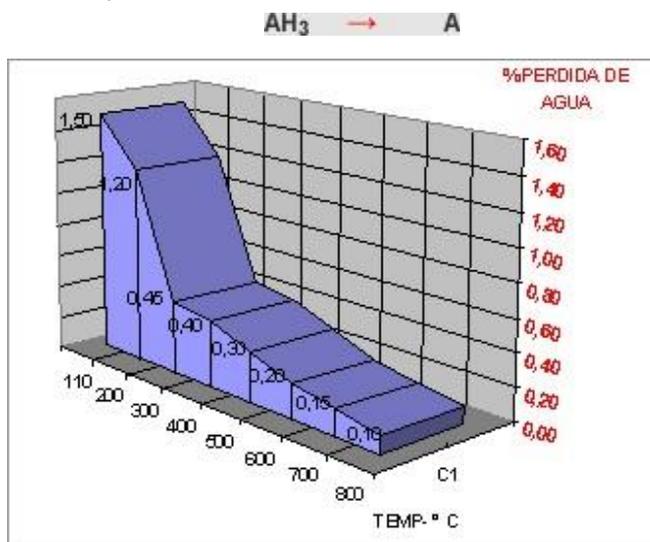
A medida que se va aumentando la temperatura, el agua va desapareciendo, descomponiéndose de este modo los hidratos y eliminando paulatinamente o, las ataduras , o liga, conocida como *Liga Hidráulica* . En esta fase en cuando se realiza el proceso de secado.



A un rango entre 200 °C - 350 °

d) Fase de pérdida de liga hidráulica:

El proceso de descomposición finalmente culmina en la deshidratación máxima, perdiendo la atadura química-hidráulica.



A aproximadamente 600 °C

Como se ve en la figura adjunta, un hormigón con una humedad inicial del **7 %**, una vez realizado un secado a $^{\circ}C$, queda un con un remanente de agua importante, que al entrar en fase de descomposición comienza a reducir su cantidad a medida que aumenta la temperatura, aunque manteniendo un pequeño valor.

Es por esta razón, que como apreciamos el diagrama, recién después de los 300 $^{\circ}C$, el agua remanente se considera crítica, y es por ello también que en el diseño de curvas de secado se trata de llegar a estos rangos térmicos. Todo para reducir el principal riesgo, que es la posibilidad de **explosiones, fisuras y deformaciones**.

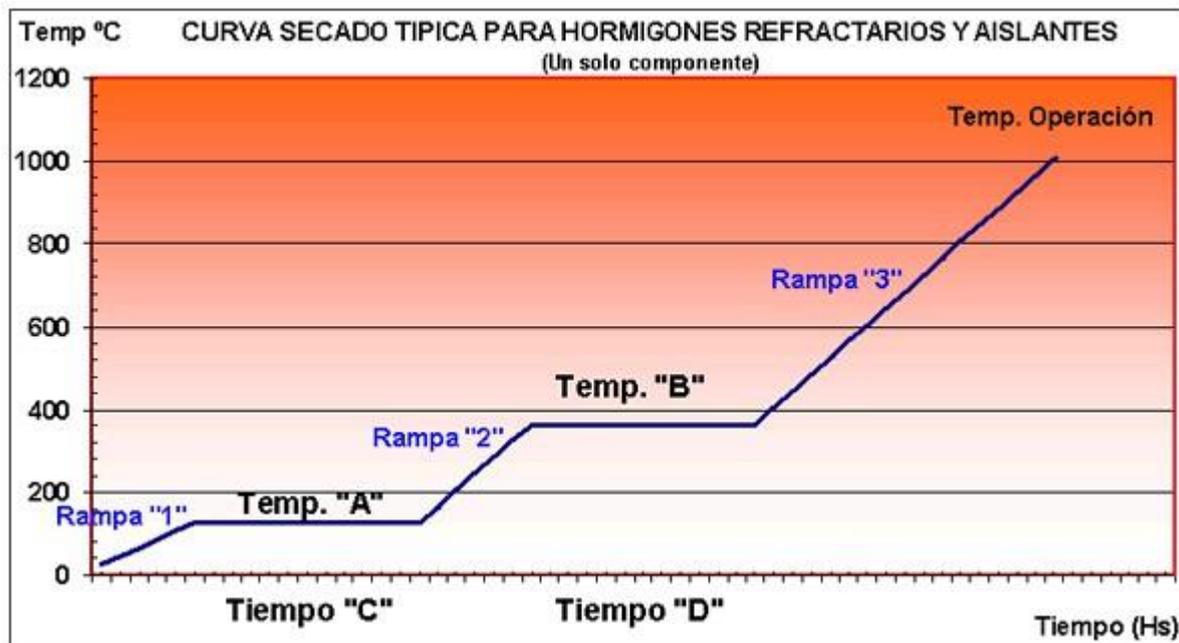
2) Curvas de secado:

Por todo esto, cuando se quiere diseñar una curva de secado de un sistema refractario, es fundamental conocer la opinión del fabricante del refractario ya que los tiempos, velocidades escalas y ritmos dependen en gran medida de las características de los materiales, pero ha tener en cuenta que en todos los casos, debe hacerse teniendo presente los conceptos anteriormente vertidos.

Los factores que normalmente influyen más directamente y de algún modo permiten el "armado" de la curva, son los siguientes:

- **Densidad y porosidad del hormigón.**
- **Tipo del hormigón (bajo cemento, tradicional, aislante, etc.)**
- **Cantidad de Capas (Mono, bi-capa, tri-capa, etc.).**
- **Espesores máximos de cada capa.**
- **Temperatura de trabajo final del horno.**
- **Método de secado (aire-gas, aire caliente, combustibles sólidos, etc.)**
- **Disponibilidad de tiempo.**
- **Dificultad geométrica.**

En todos los casos, **la recomendación primaria es consultar al fabricante del refractario**. De todos modos, para una mejor ilustración y como una ayuda a nivel general, adjuntamos ejemplo de una **curva de secado típica para un revestimiento de un solo componente**



Como vemos, el problema de determinar una curva de secado –en este caso de un solo componente- se reduce a determinar las incógnitas que son las velocidades de calentamiento "**rampas**" (1,2 y 3) , las temperaturas en cada "**meseta**" (A y B) y la **duración en hora y D**) de cada una de esas mesetas.

A los fines de poder visualizar los efectos de los distintos productos en el formato de la curva hemos hecho un resumen que permitirá **armar una curva A MEDIDA** para distintos productos y espesores, siempre en la situación más simple, que es la de una sola capa de un mismo material, en condiciones Standard, sin complicaciones geométricas.

Tomar esta curva en ese contexto y de todos modos consultar al fabricante para su solución específica.

TABLA DE PRINCIPALES FACTORES PARA EL DISEÑO DE UNA CURVA DE SECADO	AISLANTE EXTRA	AISLANTE MEDIO	AISLANTE MEDIO	REFRACTARIO	REFRACTARIO	BAJO CEMENTO
	LIVIANO	LIVIANO	PESADO	CONVENCIONAL	BAJO CEMENTO	EXTRA DENSO
Densidad (Tn/m ³)	400-800	800-1100	1100-1600	1600-2500	2500-2900	2900-3200
RAMPA 1 (°C/Hora)	35	35	30	30	25	20
MESETA "A" (°C)	150	140	140	130	120	110
RAMPA 2 (°C/Hora)	35	30	30	30	25	25
MESETA "B" (°C)	500	450	450	400	370	350
RAMPA 3 (°C/Hora)	50	50	45	40	40	35
Tiempo "C" (hs x pulg de espesor)	0,7	1	1,5	2	2,5	3
Tiempo "D" (hs x pulg de espesor)	1	1	2	2	3	3,5
Temp. de Operación (°C)	700	900	1200	1400	1600	1800

Nota : Los valores incluidos en esta curva son valores medios estimados. Para una situación específica, consulte por la curva más exacta.

3.- Tipos de Secado:

Para poder ejecutar la curva de secado diseñada, el usuario requerirá disponer de equipamiento, sistemas y controles para tratar de reproducir **lo más fielmente posible** la curva buscada. Esto no siempre se logra en modo ideal, por lo que en la realidad se observan distintos métodos, según se disponga:

- **SECADO RUDIMENTARIO:** Este método es usado mediante el uso de fuegos localizados, por ejemplo con leña o carbón, que permitan reproducir de modo muy impreciso la curva. Algunas veces se les agrega calentamiento eléctrico, o se entre directamente en el proceso del equipo luego de hacerse un precalentamiento,

tratando de cubrir las distintas etapas con los medios disponibles. Como puede percibirse, este método carece totalmente del control necesario para garantizar que la curva está siendo cubierta, por lo que solo podría justificarse su aplicación en equipos de baja temperatura y riesgo, donde las cantidades y tipos de refractarios permitirían absorber los desvíos que se producen. Es un método **No Recomendable**, pero aún se sigue implementando.

- **SECADO CON QUEMADORES GAS:** Estos equipos auxiliares ya permiten un control sobre lo que se va ejecutando, por lo que son recomendables en equipos relativamente chicos o con pocas complicaciones geométricas, ya que su principal escollo lo constituye el hecho de que al no movilizar forzosamente al aire combustionado depende del tiraje natural del equipo para su distribución uniforme en todos los sectores, obligando el uso de muchos quemadores para conseguir una curva homogénea. Se suelen usar los quemadores principales de los equipos a secar, como un auxiliar más, encendiéndolos en determinado punto de la operación, de modo de poder completar coordinadamente el proceso. Determinados hornos tienen sistema de fuego y control de temperatura tan preciso y versátil que permiten cumplir todo el proceso prescindiendo totalmente de los equipos de fuego auxiliares. Este sistema suele tener como inconveniente que los gases usados son "productos de combustión", por lo que pueden ser contaminantes en algunos casos. También es una desventaja que al no ser un "barrido forzado", los tiempos de proceso suelen ser algo más largos que otros métodos.



SECADO CON CIRCULADORES DE AIRE CALIENTE: Estos dispositivos constituyen las alternativas más eficientes a la hora de secar un equipo relativamente importante. Su efectividad radica en que además de introducir carga térmica, estos elementos hacen circular forzosamente una importante masa volumétrica de aire calentado, "inflando" de este modo el equipo a tratar y permitiendo conseguir una homogeneidad y control muy importante. El uso de estos equipos requiere de un entrenamiento y planificación adecuada, por lo que, podemos decir que se trata de una especialidad.



- **SECADO COMBINADO:** En general cuando se diseña un sistema complejo de secado, el método finalmente determinado resulta **una combinación de los métodos anteriores** que permita adecuar los sistemas a los equipos para poder tener la mejor distribución posible de calor y temperaturas, reforzando determinados sectores "fríos" con quemadores pequeños y adicionando en determinados puntos el sistema de fuego del equipo a secar. Toda esta diagramación solo puede hacerse a través de quienes estén en conocimiento pleno de estos procedimientos, por lo que las empresas que prestan estos servicios han ganado terreno en este rubro.



4.- Servicio de SECADO PLANIFICADO Y CONTROLADO :

El grado de especialización que se ha alcanzado en el rubro refractario, ha dado margen a la aparición de equipos de personal entrenado y dispositivos y equipamiento adecuado, para la ejecución de todas las tareas concernientes al proceso de secado de un sistema refractario, de modo que este equipo concentre todas las funciones de modo global permitiendo un procedimiento mas profesional.

Las etapas de tareas que una empresa de servicio de secado planificado y controlado concentra son las siguientes:



5.- CASO TIPICO: Ejemplo de un secado de un equipo Incinerador :

A modo de ejemplo de los trabajos realizados, adjuntamos algunos datos de uno de los secados efectuados últimamente, para poder ilustrar en modo efectivo la realidad de estas tareas:

- **CLIENTE:** Industria Petroquímica.
- **EQUIPO:** Reactor Combustor de aprox. 2 m de diámetro y 15 m de altura (Ver fotos).
- **MATERIALES REFRACTARIOS:** Aprox. 20 Tn entre Hormigones y morteros de varios tipos, como así también ladrillos refractarios.
- **TIEMPO DE TRABAJO:** Unos cinco días teniendo en cuenta todo el proceso.
- **EQUIPO DE TRABAJO:** E.M.Romeo (Supervisor) , M.Marques y



Soluciones Refractarias SRL presta servicio de Secado de Instalaciones de Hormigones Refractarios y Aislantes en equipos térmicos .

*Los invitamos a consultarnos. Dirigirse a : info@solucionesrefractarias.com.ar
At: Administración/Ventas*