

**CONCRETOS REFRACTARIOS CONVENCIONALES PARA COLADO.
MANUAL DE DISEÑO E INSTALACIÓN.**



TABLA DE CONTENIDO.

A. Prefacio.	
Introducción.	3
B. Hormigones o Concretos Refractarios para Colado.	
1. General.	3
1.1. Hormigones o Concretos Densos.	3
1.2. Hormigones o Concretos Ligeros.	3
1.3. Hormigones o Concretos Proyectables.	3
1.4. Hormigones o Concretos de propósitos especiales.	3
2. Pre-Instalación.	3
2.1. Almacenamiento.	3
2.2. Preparación de la superficie previa a la colocación.	4
2.3. Cimbra.	4
2.4. Anclaje.	4
3. Instalación.	4
3.1. Agua.	4
3.2. Temperatura.	4
3.3. Mezclado.	5
3.4. Colocación.	6
3.5. Revestimientos multi-capa.	6
3.6. Juntas.	6
3.7. Acabados.	7
3.8. Fraguado.	7
4. Cocido.	8

Lista de Figuras.

Figura 1.	Almacenamiento adecuado de bolsas.	4
Figura 2.	Cimbra.	4
Figura 3.	Mezclador de Paleta.	5
Figura 4.	Agitando agujas.	5
Figura 5.	Bola en prueba de mano.	5
Figura 6.	Vibrador estándar.	6
Figura 7.	Vibrando detrás de las formas.	6
Figura 8.	Revestimientos Multi-capa.	6
Figura 9.	Juntas Constructivas.	7
Figura 10.	Juntas Expansivas.	7
Figura 11.	Acabados.	7
Figura 12.	Molde con Formas en su Lugar.	7
Figura 13.	Rociado de Componente para Fragar.	7

1. GENERAL.

Los concretos refractarios están clasificados en cuatro grupos principales: densos, ligeros, proyectables y de propósitos especiales.

1.1. Concretos Densos.

Los concretos densos están diseñados para ser duros, tener alta resistencia a la erosión y abrasión y son utilizados principalmente como la superficie caliente.

1.2. Concretos Ligeros.

Debido a sus propiedades aislantes los concretos ligeros se utilizan principalmente después de concretos densos, o en ciertas condiciones como revestimientos de cara caliente. Su inherente baja densidad reduce significativamente la carga estructural.

1.3. Concretos Proyectables.

Concretos Proyectables son versiones de concretos densos y ligeros modificados para permitirles ser colocados eficientemente utilizando sistemas neumáticos. Algunos son de doble aplicación, permitiendo ser colados y proyectados neumática ó manualmente. La Instalación de los concretos proyectables se trata en el procedimiento titulado "Concretos Refractarios Proyectables" (M-148).

1.4. Concretos de Propósitos Especiales.

Este grupo abarca el moderno rango de concretos de bajo contenido de cemento y aquellos con menor cantidad de adhesivos convencionales y son tratados en otros procedimientos.

Este procedimiento, "Concretos Refractarios Convencionales para Colado", abarca la instalación de concretos densos y ligeros (grupos 1.1 y 1.2, arriba), para colado.

2. PRE-INSTALACIÓN.

2.1. Almacenamiento.

Los concretos de deben ser almacenados en un lugar bien ventilado, libre de humedad y separados del piso, apilados sobre tarimas (Figura 1). Si es necesario almacenarlos a la intemperie, las bolsas deben ser protegidas de la lluvia y de goteras con una cubierta física. La temperatura de almacenamiento no es relevante, siempre y cuando se mantenga dentro del rango de temperatura justo antes de ser utilizado (Ver sección 3.2.). Si las bolsas van a ser protegidas por plástico, asegúrese de que haya suficiente ventilación debajo de este para evitar que el agua se condense sobre las bolsas. Evite almacenar el material en lugares de alta humedad.

Para evitar que el material se solidifique o amase en las camas inferiores de las tarimas, estas no deberán ser apiladas en más de tres camas para concretos densos y no más de dos para concretos ligeros.



Figura 1. Almacenaje adecuado del material.

La mayoría de los concretos tienen una vida de almacenaje limitada denominada "Vida en Anaquel Nominal". Para señalarla se utiliza un periodo de un año. Cuando ésta expira es recomendable evaluar las propiedades de fraguado del producto antes de su uso.

Algunas señales típicas de caducidad son mayores tiempos de fraguado y reducción en la resistencia mecánica del material. Todas las bolsas tienen impresa la fecha de fabricación para identificar la antigüedad del material. Siempre utilice primero las bolsas más antiguas, y si, la vida de anaquel ha expirado haga pruebas antes de utilizarlo.

2.2. Preparación previa a la Colocación del Refractario.

La superficie de trabajo deberá estar sustancialmente libre de polvo, escamas, aceite, agua y material suelto ajeno; de ser necesario deberá limpiarse profundamente a través de un "sandblasteo".

2.3. Cimbra.

La cimbra se debe construir con materiales resistentes que no absorban agua (Figura 2). Generalmente triplay de 3¼ a 4 pulgadas de ancho en madera o acero favorecen el trabajo por su fortaleza inherente y su naturaleza no absorbente.

La superficie de la cimbra deberá ser suave y uniformemente engrasada o aceitada para facilitar la remoción de la cimbra del concreto. La superficie de la cimbra deberá ser lisa y continua para proporcionar un acabado homogéneo y estético, al material. Esto también ayuda a liberar la cimbra.

La cimbra debe ser lo más impermeable como sea posible, por lo tanto, se deben sellar todos los huecos y juntas. El uso de vibradores para acomodar la mezcla puede ocasionar la fuga de líquidos y partículas finas a través de éstas fisuras. Estos líquidos son importantes ya que contienen partículas finas y su ausencia puede ocasionar fragilidad en el material adyacente resultando graves fallas en el material.

Cuando el concreto refractario sea colado de manera vertical, la cimbra no debe exceder las 48 pulgadas (122cm) de altura, procurando, la rápida colocación de secciones adicionales para asegurar una eficiente unión entre paneles.



Figura 2. Cimbra.

2.4. Anclaje.

Ambos tipos de anclaje, metálicos y cerámicos, se pueden utilizar con los hormigones o concretos refractarios de alta tecnología. Este tema se desarrolla por separado en el módulo "Anclaje de Refractarios Monolíticos".

3. INSTALACIÓN.

3.1. Agua.

El agua utilizada para mezclar el material debe tener calidad potable. Debido a que el agua adicionada repercute más drásticamente en las propiedades del material terminado, que cualquier otro aditivo, es muy importante medir las cantidades a utilizar de manera precisa.

La cantidad de agua necesaria se muestra en la parte posterior de las bolsas del material refractario, sin embargo éstas son únicamente una guía. Las cantidades exactas a usar dependerán de las condiciones del lugar y deberán apegarse estrictamente a las instrucciones de la ficha técnica del fabricante (debido a que la firmeza del material se puede ver afectada con el más mínimo incremento de agua en la mezcla). Esta se puede variar únicamente según instrucciones directas del representante del fabricante.

3.2. Temperatura.

Las condiciones ambientales, así como la temperatura del agua a utilizar y del material mismo, pueden afectar el tiempo de fraguado de los hormigones y concretos de alta tecnología. En condiciones de temperatura muy frías, las bolsas de material se deben almacenar en un lugar templado, no menor a 15.5°C, por lo menos 48 horas antes de su uso. La temperatura ideal se encuentra en un rango de 15.5°C a 25°C. Al momento de colocar el material y para que este fragüe adecuadamente se debe mantener un ambiente no menor a los 15.5°C ya que de lo contrario tardará considerablemente más tiempo en fraguar.

Si el concreto se congela antes de que fragüe, la dureza del material se puede reducir en un 50% o más. Por lo tanto, se deben evitar condiciones criogénicas hasta después de la etapa de cocido del material.

En un ambiente muy cálido, las bolsas deberán almacenarse en un lugar fresco (se puede requerir un contenedor con control de temperatura), además se deben enfriar la cimbra o los contenedores metálicos con rociadores de agua. Al rociar, se debe tener cuidado de que el agua no toque la superficie de trabajo. Si esto sucede, se debe secar, antes de colar el material. Se debe utilizar agua fría para mezclar. A temperaturas elevadas, el tiempo para colocar el material se ve dramáticamente afectado. Por ejemplo a 38°C, el tiempo de trabajo se puede reducir a dos minutos.

3.3. Mezcla.

El mezclado combina los materiales secos y el agua para generar una masa homogénea. La mezcla se debe hacer en una mezcladora tipo paleta de alta intensidad ó continua pero asegurando que tenga suficiente capacidad para un resultado homogéneo (Figuras 3). Los mezcladores de tambor pequeños normalmente no tienen suficiente capacidad para mezclar de forma óptima.

El nivel de producto seco no debe sobrepasar la flecha del centro que sostiene la paleta de la mezcladora. Las paletas, que transmiten energía a la operación de mezcla, deben estar hechas de acero y deben tener por lo menos 3¼ pulgadas de espacio libre hacia las paredes de la mezcladora. Gracias a estas se asegura un mezclado rápido y homogéneo y prácticamente se autolimpian entre cada lote.



Figura 3. Mezcladora tipo paleta.

La mezcladora y las herramientas utilizadas en el vaciado deben estar limpias. Algunas sustancias como la cal o el cemento Portland, existente en mezcladoras sucias, pueden ocasionar un fraguado acelerado o disminuir la resistencia final del material. La mezcladora se debe limpiar periódicamente durante la jornada para eliminar posibles residuos de material.

No mezcle más material del que se pueda vaciar en 20 minutos y tampoco mezcle distintos tipos de material.

Añada de la mitad a ¾ partes de toda el agua a utilizar a la mezcladora e inicie su operación. Entonces adicione de saco en saco el concreto. Cuando la mezcla adquiera un color homogéneo, añada el resto del agua poco a poco hasta conseguir una consistencia adecuada. No utilice más agua de la recomendada sin autorización del representante del fabricante. Cuando se utilice un mezclador con descarga inferior, descargue al menos dos cubetas para eliminar el material sin mezclar del cárcamo. Este material puede ser regresado a la mezcladora para ser re-mezclado. La compuerta de descarga debe ser limpiada después de cada mezcla para evitar residuos en ésta zona.

Si se van a añadir fibras de acero inoxidable, al concreto, éstas se deben añadir después de que se haya añadido toda el agua y material. Las fibras se deben añadir esparciéndolas por el material o utilizando una canasta de fibras metálicas. Si las fibras ya están contenidas en el material, el agua deberá ser agregada de acuerdo al peso del polvo y no al de la bolsa.



Figura 4. Fibras metálicas.

Para calcular el agua requerida para hacer la mezcla se debe restar el peso de las fibras contenidas en la bolsa al peso total de la bolsa para así obtener el peso neto de concreto refractario. Se debe tener especial cuidado ya que la presencia de fibras en la mezcla reduce la fluidez de esta. **No es necesario añadir AGUA EXTRA para compensar la pérdida de fluidez.**

Cuando se utiliza un mezclador tipo paleta los concretos ligeros de se deben mezclar por un mínimo de seis minutos y los densos por un mínimo de tres .

Un excesivo mezclado producirá calor y ocasionará una importante caída en el tiempo de fraguado la cual puede complicar la operación de vaciado y colocación, por otro lado, la falta de mezclado resultarán en un material no-homogéneo repercutiendo en la dureza y resistencia del material.



Figura 5. Prueba de Bola en Mano.

La prueba de "Bola en Mano" es una útil guía para observar cuando la consistencia es apropiada para su colocado. Lanzada de una a dos pulgadas al aire, una bola de concreto bien mezclado, debería adaptarse a la forma de la mano al ser agarrada. La bola no debe escurrirse entre los dedos, ni romperse. El romperse indica que la mezcla no tiene suficiente agua. El que fluya entre los dedos indica que la mezcla contiene demasiada agua. En contraste con los concretos aislantes, éstos se aplican con mayor cantidad de agua, por lo que al aplicar esta prueba se escurrirían entre los dedos. Esta prueba no es apropiada para materiales tixotrópicos, colado vibratorio y materiales de bajo cemento.

3.4. Colocación.

La colocación de concretos refractarios comprende diversas funciones:

- Colar y solidificar el concreto refractario en un periodo no mayor a 15 minutos una vez que es sacado de la mezcladora.
- Colar de manera que minimice la segregación del material en secciones.
- Rellenar todos los huecos, particularmente alrededor de obstrucciones y esquinas así como eliminar las burbujas de aire.

Una vez que se ha iniciado el colado, se debe proceder sin interrupción hasta que el revestimiento de la parte o sección, es terminada. El material es compactado antes de fraguar con un vibrador de alta frecuencia (Figura 6). Cuando el vibrador sea sumergido en la masa debe tener una velocidad mínima de 14000 rpm (vibraciones por minuto). Un vibrador de tipo Poker proporciona resistencia, densificación máxima al producto terminado y permite la colocación de anclas.

Continúe vibrando hasta que el colado esté colocado en su lugar, se observará la superficie con una apariencia húmeda, aceitosa y las burbujas de aire habrán dejado de emerger. Si aparece agua encharcada en la superficie, reduzca la cantidad de agua en las coladas siguientes..



Figura 6. Vibrador estándar.

Se pueden obtener mejores resultados colocando el vibrador poker a una profundidad no mayor de 12 a 16 pulgadas, manteniéndolo vertical y dejando que el vibrador se mueva ligeramente a través del colado. NO FORCE el vibrador a través del colado ya que esto producirá la formación de bolsas de aire dentro del mismo. Se debe ajustar la cabeza del vibrador al tamaño de la sección a colar. Para secciones grandes se utiliza normalmente una cabeza de 2 a 2½ pulgadas, mientras que, en secciones pequeñas se utiliza una cabeza de 1 a 1½ pulgadas. Los vibradores pequeños requieren mayores vibraciones por minuto. El vibrador se debe remover despacio y con cuidado para no dejar marcas en el colado.

Cuando el vibrador este cerca de anclas u otro tipo de obstrucciones, agregue más mezcla recién preparada desde algún extremo y deje que el vibrador la acomode alrededor y debajo de la obstrucción, evitando que se formen bolsas de aire. Para el caso de cavidades profundas donde se requieren varias capas de colado el vibrador se debe pasar sobre la capa más reciente cuando ésta es aún delgada para mezclarla con la anterior y así asegurar homogeneidad entre ambas.



Figura 7. Vibrando detrás de las formas.

3.5. Revestimientos multi-capa.

Cuando un revestimiento aislante se ha instalado previamente, se debe en la medida posible, recubrir con una membrana impermeable, para evitar la pérdida prematura de humedad del material colado hacia la capa aislante (Figura 7.). Dicha membrana impermeable se deberá quemar a baja temperatura al inicio del ciclo de secado. Alternativamente, la capa de respaldo se puede humedecer rociando agua ligeramente antes de colar el material.

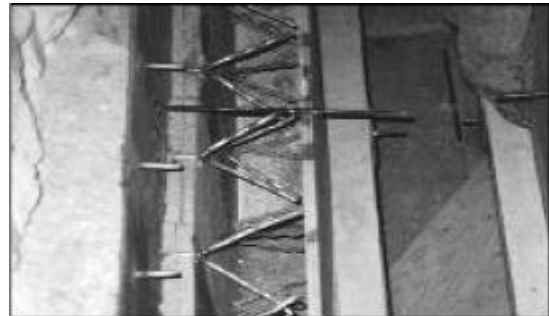


Figura 8. Revestimientos multi-capa.

3.6. Juntas.

Existen dos tipos de juntas en la operación de colado estas son de construcción y expansión.

Las juntas de construcción están pensadas para dividir la superficie de manera conveniente en paneles de cómodas dimensiones. Después de colar los primeros paneles, estos sirven como cimbra para colar los siguientes. Usualmente los paneles se cuelan de 10–15 pies cuadrados debido a que este tamaño absorbe tensiones sin fracturarse. Las juntas de construcción pueden ser consideradas como fracturas dirigidas y colocadas a conveniencia en lugar de permitir que el concreto libere tensiones con fracturas aleatorias.

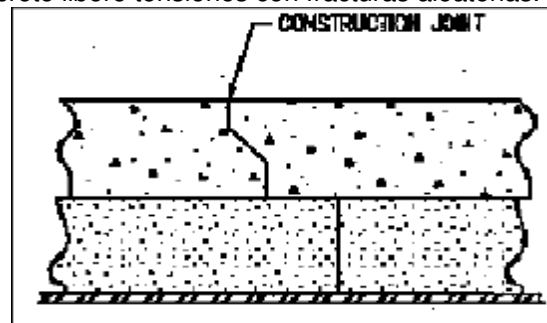


Figura 9. Juntas constructivas.

3.8. Curado.

En las juntas de expansión (Figura 9) todos los paneles son separados al momento de ser colados por un material que puede ser cartón ó plástico que se incinerará durante el cocimiento ó quemado, dejando una hendidura en su lugar o bien puede ser un material para alta temperatura como fibra cerámica que permanecerá en la hendidura compensando la compresión después del cocimiento.

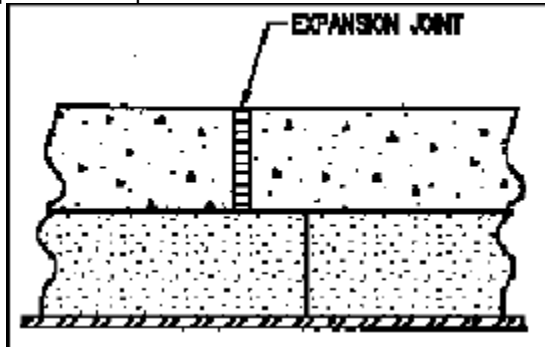


Figura 10. Juntas expansivas.

3.7. Acabados.

Al dar el acabado del revestimiento refractario en forma y nivel, es importante no alisar demasiado ya que esto ocasiona que el agua migre a la superficie produciendo una capa fina y rica en cemento, pero separada, la cual es fácilmente removida al alternar las etapas de calentamiento y enfriamiento siguientes.



Figura 11. Acabado.

El curado evita la pérdida de humedad del concreto refractario recién colado. La excesiva pérdida de humedad de la superficie colada antes de que haya fraguado completamente, ocasionará que el revestimiento sea frágil. Existen distintos métodos de curado para evitar esto.

La cimbra se debe dejar en su posición por un mínimo de 24 horas mientras que la superficie expuesta puede ser humedecida con agua, cubierta con plástico o rociado con algún aditivo para facilitar el fraguado (Figura 12). A esto se le conoce como curado húmedo.



Figura 12. Molde con formas en su lugar.

El aditivo de fraguado de concreto forma una membrana impermeable que evita la pérdida de humedad durante el fraguado, pero se desintegrará a bajas temperaturas durante el cocido ó quemado. El curado es esencial para alcanzar la máxima resistencia en el estado verde de cocido, el cual tendrá efectos en la resistencia final después de cocido ó quemado. Mientras menor sea la temperatura ambiente, mayor será el tiempo de curado requerido para obtener la mayor resistencia. El curado a temperaturas bajas, incrementa el riesgo de fractura debidas a la evaporación durante el calentamiento inicial.



Figura 13. Rociado de componente para fraguar.

Para mantener una temperatura óptima del ambiente para el curado y fraguado tal vez sea necesario el uso de calentamiento externo (utilizando un calentador de ambientes o algo similar).

Después de las primeras 24 horas de curado húmedo, la cimbra puede ser retirada cuidadosamente evitando maltratar el revestimiento, ya que esto es frecuente. Se deben permitir otras 24 horas de fraguado al aire libre antes de proceder al cocido y conseguir su máxima resistencia.

4. COCIDO.

Los tiempos de cocido vienen especificados en un módulo aparte.
