

# BOLETÍN #5

Concretos Masivos - Simulaciones Térmicas



# CONCRETOS MASIVOS

## SIMULACIONES TÉRMICAS



Figura 1. San Juan - Gral. Villamil Playas

### Predicción de Temperatura utilizando software de simulación térmica

Holcim Ecuador S.A. brinda a sus clientes un servicio digital que permite modelar el comportamiento térmico de estructuras masivas de concreto. El modelamiento incluye un cálculo completo de la distribución de temperatura en el interior, alrededores y exterior del elemento de concreto, así como también la estimación con alta precisión del pico máximo de temperatura alcanzado en el interior del concreto, posterior a su colocación en sitio. Toda esta información obtenida nos permite definir un diseño de mezcla y mapear las condiciones de comportamiento térmico que garanticen la durabilidad de las estructuras de concreto armado.

### ¿Qué es Concreto Masivo?

Según la norma ACI 116R (Cement and Concrete Terminology), <concreto masivo> se define como “cualquier volumen de concreto con dimensiones lo suficientemente grandes como para requerir que se tomen medidas que hagan frente a la generación de calor hidratación del cemento y el consiguiente cambio de volumen que generen agrietamiento.” En base a esta definición, las medidas a tomar en un concreto masivo deben estar enfocadas en el control del comportamiento térmico para poder prevenir el agrietamiento.



Figura 2. Concreto masivo en San Juan – Gral Villamil Playas

Toda estructura de concreto masivo, fácilmente se pueden ver ilustradas en el campo de la construcción como los siguientes elementos:

- ✓ Presas y vertederos
- ✓ Cimentaciones profundas
- ✓ Prefabricados
- ✓ Muros robustos de contención, etc.

Según el ACI 211.1R “**Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight and mass concrete**”, cuando las dimensiones mínimas de la sección transversal de un elemento estructural se aproximan o exceden (0,61 a 0,91 m) o cuando se utilizan contenidos de cemento por encima de 356 kg/m<sup>3</sup>, el concreto no disipa la temperatura de forma moderada. La generación de temperatura en un concreto está sujeta a la reacción química entre el agua y el cemento, esta reacción libera calor generando el incremento de temperatura interna.

# ¿QUÉ SUCEDE EN EL CONCRETO CUANDO EXPERIMENTA UN INCREMENTO IMPORTANTE DE TEMPERATURA?

Cuando un concreto ha sufrido una importante elevación de temperatura **por encima de los 70 °C**, luego de varias horas o días después del colocado, se corre el riesgo de la formación de etringita diferida (DEF). El sulfoaluminato de calcio hidratado (etringita) se transforma en un monosulfoaluminato de calcio hidratado disperso en la matriz cementicia del hormigón. Esta formación se presenta como un gel que con el paso de los años, **es capaz de expandir su volumen hasta 8 veces**. Producto de esto, se generan esfuerzos elevados de tracción que no pueden ser disipados por la matriz del hormigón endurecido. Debido a estas presiones internas se tienen como resultado grietas multidireccionales en el concreto.



Figura 3. Formación de etringita diferida

## ¿En qué condiciones puede ocurrir la formación de la etringita diferida - DEF?

Cuando la temperatura máxima en el centro (núcleo) del elemento masivo está por encima 70°C y su gradiente de temperatura entre la superficie y el núcleo es mayor a 20°C.

Si en un elemento masivo se ha formado etringita diferida, y adicionalmente está o estará sometida en un ambiente húmedo (contacto con agua libre), el deterioro en la durabilidad del elemento se verá más afectado.

## ¿Cuáles son los impactos negativos en el concreto debido a la formación de la etringita diferida - DEF?

- ✓ Reducción de la vida de servicio del elemento
- ✓ Altos costos de mantenimiento de la estructura
- ✓ Problemas de desempeño que pueden comprometer la estabilidad estructural

## ¿Qué parámetros debemos controlar en un concreto masivo?

La temperatura máxima en el interior del elemento (núcleo) debe ser menor a 70°C, para evitar la formación de etringita diferida.

**Diferencial térmico**, Portland Cement Association (PCA) recomienda que la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior del hormigón no debe exceder los 20°C. Esta medida en el diferencial, depende también, de las propiedades térmicas de los constituyentes del concreto.

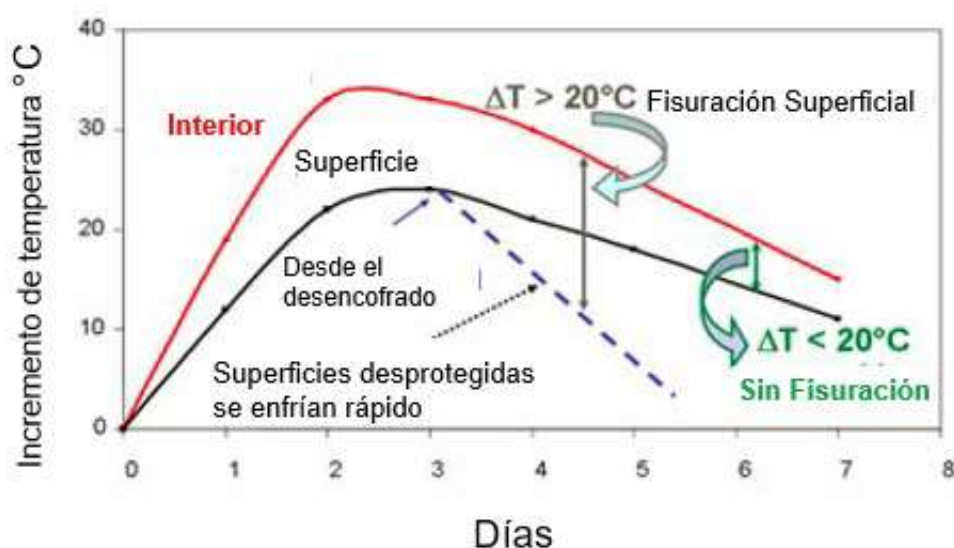


Figura 4. Diferencial térmico

El diferencial térmico es el valor resultado de la resta de la temperatura máxima obtenida en el centro del elemento, respecto de la temperatura en la superficie del concreto (donde usualmente la temperatura es más baja).

Con la información obtenida de las simulaciones térmicas se pueden tomar decisiones sobre el diseño de concreto, condiciones de colocación en obra, forma de fundición, cuidado de concreto colocado, entre otros.

# Consideraciones para controlar el comportamiento térmico de un concreto masivo

Para controlar la temperatura a edades tempranas, que no sobrepasen los 70 °C en el núcleo del elemento masivo, se deben tomar diversas consideraciones, las cuales están enfocadas en el diseño de mezcla y las condiciones constructivas in situ.

## Diseño de concreto

---

Los concretos masivos deben ser diseñados considerando:

- ✓ Uso de reductores de agua de alto rango para la disminución de a/c y consecuentemente una reducción de material cementante.
- ✓ Incorporación opcional de adiciones que actúen como inhibidores de la formación de etringita diferida.
- ✓ Posibles reconsideraciones en el tipo de cemento usado en el diseño de concreto, que ayuden a la disminución del calor de hidratación.
- ✓ Colocación de hielo en reemplazo cierta cantidad de agua en el diseño de concreto. El objetivo es disminuir la temperatura de colocación y de esta manera evitar el aumento acelerado de la temperatura del elemento fundido.

## Consideraciones en sitio

---

Existen ciertos puntos que se deben tomar en cuenta para satisfacer los requerimientos ingenieriles en estructuras de concreto masivo, como:

- ✓ Considerar las condiciones medioambientales en las que se colocará el concreto (in situ).
- ✓ Considerar la posible fundición en capas, si es que así los resultados de modelamiento lo sugiere.
- ✓ Cuidados del concreto colocado, Ejemplo: uso de mantas térmicas para evitar el enfriamiento acelerado de la superficie del concreto y de esta manera mantener el gradiente de temperatura menor a 20°C.

## Validaciones del Modelo

---

Frecuentemente el Centro de innovación de Holcim (CIH) se realizan validaciones en campo del modelo, netamente con fines investigativos de manera que la precisión en los resultados entregados en la simulación térmica sean lo más acercados a la temperatura real del elemento “in situ”



**Figura 5. Verificación de termocuplas en obra**

Los datos e instrucciones que damos en el presente artículo, están fundamentadas en normativas vigentes, pruebas a nivel laboratorio, además del criterio basado en la experiencia de los profesionales de nuestro Centro de Innovación Holcim (CIH).

La operación y las condiciones con las cuales se colocará el concreto o mortero en la obra, deben seguir las mismas restricciones establecidas en el modelo recomendado, de lo contrario, el comportamiento térmico del concreto diferirá de lo obtenido en el modelamiento. Para obtener más información, contacte a su asesor comercial y de esta manera, recibir el apoyo y la asesoría necesaria.

**Fernando X. Salvatierra**  
fernando.salvatierra@holcim.com

**Alicia Garófalo M**  
alicia.garofalo@holcim.com

