

## Hormigonado en Tiempo Frío.

1. [¿Qué se entiende por Tiempo Frío?](#)
2. [¿Cuáles son los efectos del tiempo frío en el hormigón?](#)
3. [¿Qué considerar al momento de medir y registrar temperaturas?](#)
4. [¿Puede tener alguna ventaja hormigonar con bajas temperaturas?](#)
5. [¿Cuáles son los objetivos principales de proteger el hormigón durante tiempo frío?](#)
6. [¿Es caro proteger los hormigones en tiempo frío?](#)
7. [¿Cuándo debe comenzar la protección del hormigón durante tiempo frío?](#)
8. [¿Cómo proteger del congelamiento al hormigón recién colocado?](#)
9. [¿Qué temperatura debe tener el hormigón al fabricarlo para cumplir con la temperatura de colocación?](#)
10. [¿Cómo fabricar hormigones con las temperaturas mínimas recomendadas?](#)
11. [¿Qué consideraciones se deben tener al calentar el agua de amasado?](#)
12. [¿Qué consideraciones se deben tener al calentar los áridos?](#)
13. [¿Cómo proteger los hormigones expuestos a ciclos de hielo-deshielo?](#)
14. [¿Es importante el tipo de cemento a usar en tiempo frío?](#)
15. [¿Qué características debe poseer una dosificación para mejorar el desempeño en tiempo frío?](#)
16. [¿Puede ayudar el uso de aditivos especiales?](#)
17. [¿Se puede recurrir a recintos calefaccionados para mantener la temperatura luego de la colocación?](#)
18. [¿Qué precauciones deben tomarse antes de hormigonar?](#)
19. [¿Porqué se debe aislar el hormigón en tiempo frío?](#)
20. [¿Cuánto tiempo se debe proteger al hormigón?](#)
21. [¿Cuáles son las principales características y precauciones del curado durante tiempo frío?](#)
22. [Anexo1: ¿Cómo calcular la temperatura del hormigón recién fabricado?](#)
23. [Notas.](#)
24. [Bibliografía.](#)

### 1.- ¿Qué se entiende por Tiempo Frío?

Tiempo frío es aquella condición climática en que la temperatura ambiente desciende a niveles que obligan a tomar precauciones especiales en la faena de hormigonado.

En nuestro país, la NCh170 en su Anexo D establece tiempo frío si al menos uno de los 7 días previos al hormigonado registra temperatura media (promedio entre máxima y mínima del día) inferior a 5°C ( ver Nota 1 ). Por su parte, el código ACI306R - Cold Weather Concreting indica tiempo frío si por más de 3 días consecutivos la temperatura media diaria es menor a 5°C, y a su vez no es mayor a 10°C por más de medio período cualquiera de 24 horas.

Como podemos ver, la condición de tiempo frío puede variar según la normativa. Sin embargo, su importancia no radica en la definición, sino en el criterio para poder determinar cuándo y qué medidas se deben tomar en la faena de hormigonado con bajas temperaturas.

En general, se deberán tomar medidas especiales siempre que la temperatura ambiente descienda bajo los 5°C. El hormigón puede sufrir daño considerable cuando la temperatura decrece al punto que el agua contenida en mezclas frescas o en hormigones jóvenes se congela.

[Volver](#)

### 2.-¿Cuáles son los efectos del tiempo frío en el hormigón?

1. Aumento en los tiempos de fraguado (tanto inicial como final).
2. Disminución en la tasa de desarrollo de resistencia.
3. Daño en hormigón endurecido por congelación del agua contenida en su interior. La presión interna provocada por el aumento de volumen del agua al congelarse

(cercano a un 10%) puede provocar destrucción irreparable.

[Volver](#)

### **3.- ¿Qué considerar al momento de medir y registrar temperaturas?**

1. La medición y registro de temperaturas debe incluir fechas, períodos y temperatura del aire y el hormigón.
2. Las temperaturas de los elementos deben ser medidas en sus superficies expuestas.
3. Las esquinas y bordes de los elementos son más susceptibles al congelamiento. Para definir la temperatura de un elemento, deben tomarse lecturas de varios puntos de su superficie.
4. Los dispositivos para medir temperatura al interior del hormigón endurecido pueden, en ciertas ocasiones, justificar su mayor costo debido a la enorme utilidad que prestan.
5. Las temperaturas del aire y el hormigón deben registrarse a intervalos regulares durante la jornada y no menos de dos veces cada 24 horas.
6. Debe registrarse la temperatura máxima y mínima en cada período de 24 horas.
7. Si se sospecha que un elemento está desarrollando grandes temperaturas internas (como hormigones masivos o de gran espesor), éstas deben ser medidas.

[Volver](#)

### **4.- ¿Puede tener alguna ventaja hormigonar con bajas temperaturas?**

Sí. Hormigonar en tiempo frío tiene ventajas que deben ser aprovechadas. El hormigón colocado a bajas temperaturas (entre 5°C y 13°C), protegido del congelamiento y curado adecuadamente, poseerá mayor resistencia final, mayor durabilidad y será menos susceptible a la fisuración por temperatura.

[Volver](#)

### **5.- ¿Cuáles son los objetivos principales de proteger el hormigón durante tiempo frío?**

1. Prevenir daño al hormigón por congelamiento a edad temprana. Se ha determinado que el hormigón que alcanza una resistencia a compresión de 45 kg/cm<sup>2</sup> (Ver Nota 2), protegido del congelamiento y la saturación, no será dañado por sólo un evento de congelación y descongelación (un ciclo hielo-deshielo).
2. Asegurar un desarrollo de resistencia del hormigón que permita una construcción segura y que altere lo menos posible los plazos de construcción (retiro de moldajes, proceso de fabricación, carga de la estructura en construcción y servicio, esfuerzos de pretensado u otras).
3. Evitar cambios violentos de temperatura (esfuerzos térmicos pueden provocar fisuración).

[Volver](#)

### **6.- ¿Es caro proteger los hormigones en tiempo frío?**

No. La experiencia demuestra que el costo adicional de proteger el hormigón en tiempo frío no es excesivo, si se considera el beneficio resultante. Por su parte, desconocer, minimizar o despreciar la protección contra el congelamiento puede causar destrucción inmediata o debilitamiento permanente de las estructuras.

[Volver](#)

## 7.- ¿Cuándo debe comenzar la protección del hormigón durante tiempo frío?

La planificación para proteger el hormigón del congelamiento y posterior mantenimiento sobre temperaturas mínimas debe comenzar antes que ocurran temperaturas de congelamiento. Esto, que puede parecer obvio, obliga a que en todo proyecto donde se esperen condiciones de tiempo frío, el constructor, el proveedor de hormigón y el mandante (o sus representantes) evalúen antes de la construcción las medidas a implementar, el nivel de protección y sus costos.

A su vez, es importante planificar la faena de hormigonado de forma que ésta se realice durante períodos de la jornada donde la temperatura sea la máxima posible (evitando, por ejemplo, faenas nocturnas en invierno).

[Volver](#)

## 8.- ¿Cómo proteger del congelamiento al hormigón recién colocado?

Una medida básica es asegurar una temperatura mínima de colocación y posterior curado. Esta temperatura depende básicamente del espesor del elemento. Dado que los elementos de menor espesor pierden calor más rápido, deben ser colocados a mayores temperaturas.

Según la norma NCh170, la temperatura de colocación no debe ser menor que los siguientes valores:

**Tabla 1. Temperaturas mínimas recomendadas para la colocación y mantención del hormigón.**

| Espesor de la sección, dimensión menor (cm) | < 30 | 30 a 90 | 90 a 180 | > 180 |
|---|------|---------|----------|-------|
| Temperatura mínima de colocación (°C)       | 13   | 10      | 7        | 5     |

La temperatura de colocación del hormigón nunca debe ser inferior a 5°C.

Hormigones con temperaturas muy superiores a las recomendadas no aumentarán la protección al congelamiento. Más aún, mayor temperatura demandará mayor dosis de agua, aumenta la tasa de pérdida de trabajabilidad (medida por descenso de cono), puede causar fraguado temprano e incrementa el riesgo de fisuración. Por ello, la temperatura de colocación del hormigón debe ser, dentro de lo práctico, siempre cercana a la mínima recomendada y nunca superior a ésta en más de 10°C.

[Volver](#)

## 9.- ¿Qué temperatura debe tener el hormigón al fabricarlo para cumplir con la temperatura de colocación?

La temperatura del hormigón al fabricarlo debe ser mayor que al colocarlo, de modo de contrarrestar la pérdida térmica que se produce entre estos dos hitos. Mientras más baja es la temperatura ambiente, mayor debe ser la temperatura de fabricación.

La norma chilena NCh170 recomienda las siguientes temperaturas mínimas de fabricación:

**Tabla 2. Temperatura mínima del hormigón durante la fabricación (°C)**

| Temperatura del aire (°C) | Temperatura mínima de colocación (°C) |    |    |    |
|---------------------------|---------------------------------------|----|----|----|
|                           | 13                                    | 10 | 7  | 5  |
| de 0 a 5                  | 16                                    | 13 | 10 | 7  |
| -18 a 0                   | 18                                    | 16 | 13 | 10 |
| Bajo -18                  | 21                                    | 18 | 16 | 13 |

Las temperaturas de fabricación no deben exceder a las recomendadas en más de 15°C.

Durante el transporte de hormigón a muy bajas temperaturas se deben tomar medidas especiales, de modo que no se registren pérdidas excesivas de calor al momento de su colocación. Se recomienda usar medios de transporte protegidos y no mezclar el hormigón más allá de lo estrictamente necesario.

[Volver](#)

#### **10.- ¿Cómo fabricar hormigones con las temperaturas mínimas recomendadas?**

El método más común y de menor costo para elevar la temperatura del hormigón durante la fabricación es calentando el agua de amasado. La mayoría de las veces esta medida será suficiente. Sin embargo, en casos de frío extremo será necesario además calentar los áridos, tarea por lo general de mayor complicación y costo.

[Volver](#)

#### **11.- ¿Qué consideraciones se deben tener al calentar el agua de amasado?**

1. Se debe contar con suficiente cantidad de agua a temperatura uniforme, para evitar diferencias térmicas importantes entre hormigones de distintas amasadas.
2. La temperatura del agua no debe superar los 70°C.
3. Cuando el agua posea alta temperatura, durante el mezclado se debe evitar su contacto directo con el cemento. Para ello, se debe mezclar el agua de amasado con los áridos (el árido grueso primero) y luego adicionar el cemento.
4. La temperatura del agua puede ajustarse mezclando agua fría y caliente, de modo de obtener una temperatura del hormigón dentro de un rango de  $\pm 5^\circ\text{C}$  de la requerida.

[Volver](#)

#### **12.- ¿Qué consideraciones se deben tener al calentar los áridos?**

1. En general será necesario calentar los áridos cuando la temperatura ambiente permanezca bajo  $-4^\circ\text{C}$ .
2. Normalmente no será necesario calentar los áridos sobre  $15^\circ\text{C}$  si el agua de amasado alcanza  $50^\circ\text{C}$ .
3. No se deben calentar los áridos por sobre los  $50^\circ\text{C}$ .
4. Como calefacción se recomienda el uso de calor húmedo (tuberías con circulación de vapor en acopios).
5. Se debe evitar el uso de calor seco.
6. Si el árido grueso se encuentra seco y libre de hielo, generalmente será necesario sólo calentar la arena, que usualmente no requerirá poseer más de  $40^\circ\text{C}$  si el agua de mezclado alcanza  $50^\circ\text{C}$ .
7. Los áridos deberán estar el mayor tiempo posible tapados y con humedad uniforme

[Volver](#)

#### **13.- ¿Cómo proteger los hormigones expuestos a ciclos de hielo-deshielo?**

Vea nuestro [WebTips N°5 Hormigón durable a ciclos de Hielo y Deshielo.](#)

[Volver](#)

#### **14.- ¿Es importante el tipo de cemento a usar en tiempo frío?**

Durante tiempo frío es recomendable usar cementos con mayor calor de hidratación y tasa

de crecimiento de resistencia. Debido a esto, durante tiempo frío recomendamos el uso de cemento Melón Extra (Alta Resistencia).

[Volver](#)

### **15.- ¿Qué características debe poseer una dosificación para mejorar el desempeño en tiempo frío?**

Durante tiempo frío se deben preferir los hormigones diseñados con las siguientes características:

1. Uso de cemento Melón Extra.
2. Baja relación Agua/Cemento (A/C).
3. Mayores dosis de cemento.
4. Menores dosis de agua.
5. Mezclas que minimicen la exudación.

[Volver](#)

### **16.- ¿Puede ayudar el uso de aditivos especiales?**

Sí. El uso de aditivos puede mejorar el desempeño del hormigonado en tiempo frío. En particular, es recomendable el uso de aditivos reductores de agua (hormigones de baja relación A/C) y aceleradores de fraguado ([Ver Nota 3](#)).

[Volver](#)

### **17.- ¿Se puede recurrir a recintos calefaccionados para mantener la temperatura luego de la colocación?**

Sí. Sin embargo, se debe tener presente que:

1. Deben ser resistentes a la lluvia y al viento.
2. Los equipos de calefacción no deben calentar o secar el hormigón localmente.
3. Las superficies de hormigón en lugares cerrados expuestas al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) pueden ser dañadas por carbonatación.
4. Deben ser ventilados adecuadamente. El monóxido de carbono (CO) es tóxico.

[Volver](#)

### **18.- ¿Qué precauciones deben tomarse antes de hormigonar?**

1. Las superficies que estarán en contacto con el hormigón fresco deben estar a una temperatura que no cause congelamiento o prolongación excesiva del fraguado. Generalmente, esta temperatura no necesita ser mayor a 2°C y no debe exceder en 5°C la temperatura de colocación del hormigón.
2. Especial cuidado merece el hormigonado alrededor de insertos metálicos masivos con temperaturas bajo 0°C. Estos insertos deben ser calentados, cuidando no dañarlos.
3. La nieve, hielo o escarcha debe ser removida de moldajes, refuerzo e insertos.
4. El hormigón no debe ser colocado en una sub-base congelada.

[Volver](#)

### **19.- ¿Porqué se debe aislar el hormigón en tiempo frío?**

Una adecuada aislación permitirá aprovechar el calor proveniente de la hidratación y

mantener una temperatura adecuada de curado. Para ello, se deben colocar capas protectoras en contacto directo con el hormigón y de espesor adecuado a las condiciones de temperatura. La aislación debe ser eficiente en presencia de humedad (ej. si se usan mantas de lana mineral, éstas deben ser forradas).

Los elementos más comunes de aislación son frazadas industriales, mantas de lana mineral, mantas de espuma y láminas térmicas, que deben envolver herméticamente las superficies expuestas del hormigón y a veces los moldajes en todas sus caras.

[Volver](#)

## 20.- ¿Cuánto tiempo se debe proteger al hormigón?

Según la NCh170, cuando la temperatura ambiente durante la colocación es menor a 5°C o se sospeche que lo será en las siguientes 24 horas, se debe aplicar protección de modo de mantener la temperatura de colocación ([ver Tabla 1](#)) durante los plazos indicados a continuación:

**Tabla 3. Plazos de protección en días.**

| Temperatura del aire (°C)                       | Plazo para asegurar durabilidad |                  | Plazo para asegurar durabilidad y resistencia |                  |
|---|---------------------------------|------------------|---|------------------|
|   | Cemento grado                   |                  | Cemento grado                                 |                  |
|   | Corriente                       | Alta resistencia | Corriente                                     | Alta resistencia |
| Sin carga, no expuesto (fundación bajo tierra)  | 2                               | 1                | 2   | 1                |
| Sin carga, expuesto (represas, pilares macizos) | 3                               | 2                | 3   | 2                |
| Carga parcial, expuesto (sobrecimientos)        | 3                               | 2                | 6   | 4                |
| Cargado y expuesto (vigas, losas, columnas)     | 3                               | 2                | <a href="#">Aplicar Tabla 4</a>               |                  |

**Tabla 4. Plazos de protección en elementos cargados y expuestos en días.**

| Temperatura media diaria del aire Durante el período de curado (°C) | Temperatura del hormigón protegido |                  |               |                  |
|---|------------------------------------|------------------|---------------|------------------|
|   | 10 °C                              |                  | 21 °C         |                  |
|   | Cemento grado                      |                  | Cemento grado |                  |
|   | Corriente                          | Alta resistencia | Corriente     | Alta resistencia |
| Sobre 0   | 6                                  | 3                | 4             | 3                |
| de 0 a -4   | 11                                 | 5                | 8             | 4                |
| de -5 a -9  | 21                                 | 16               | 16            | 12               |
| menos de -9   | 29                                 | 26               | 23            | 20               |

Los días o fracciones de día de interrupción de la protección no cuentan para determinar el plazo de protección.

En elementos cargados, especialmente aquellos con alta sollicitación, se recomienda

determinar el plazo de protección basándose en controles de resistencia de al menos 6 probetas especiales en cada etapa de hormigonado (probetas confeccionadas y curadas en condición de mayor similitud a la estructura que representan, ([ver Nota 4](#)), estableciendo un plan de ensayos para determinar la curva edad-resistencia. El plazo de protección para cumplir con la resistencia puede reducirse cuando las probetas especiales demuestren resistencias superiores a las indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resistencia mínima para finalizar plazos de protección.

| Temperatura media diaria del ambiente previsto para el período de curado, °C | % de la resistencia especificada |
|--|----------------------------------|
| Sobre 0  | 50                               |
| de 0 a -4  | 65                               |
| de -5 a -9   | 85                               |
| menos de -9  | 95                               |

Los plazos mínimos de desmolde y descimbre deben comenzar una vez finalizado el plazo de protección indicado anteriormente.

En general, los plazos de protección pueden reducirse si se recurre al uso de un aditivo acelerante de fraguado o se aumenta la dosis de cemento en aproximadamente 60 kg/m<sup>3</sup> respecto de la requerida por resistencia.

Una forma alternativa de estimar el desarrollo de resistencia del hormigón en la estructura es a través del Método de la Madurez. Para mayor información en este tema recomendamos leer nuestro WebTíps

#### ["Optimizando el uso de moldajes en el hormigón"](#)

Es fundamental un retiro adecuado de la aislación para evitar cambios bruscos de temperatura en la superficie y gradientes térmicos en el interior del hormigón (riesgo de fisuración). En la siguiente tabla se recomiendan los diferenciales máximos de temperatura que pueden tener los elementos 24 horas luego de finalizar el período de protección:

**Tabla 6. Máxima caída de temperatura durante las primeras 24 horas luego del período de protección.**

| Espesor de la sección, dimensión menor (cm.) | < 30 | 30 a 90 | 90 a 180 | > 180 |
|--|------|---------|----------|-------|
| Máximo diferencial térmico (°C)              | 28   | 22      | 17       | 11    |

[Volver](#)

#### **21.- ¿Cuáles son las principales características y precauciones del curado durante tiempo frío?**

Durante el período de protección:

1. En hormigones protegidos se debe cuidar el secado de las superficies. Esto es especialmente importante en recintos cerrados.
2. Cuando el hormigón posee más de 16°C y se expone a temperaturas ambientes superiores a 10°C, es esencial tomar medidas contra el secado.
3. El método preferido de curado es a través de vapor.
4. No se debe usar el curado bajo agua.
5. En recintos cerrados, si la temperatura ambiente cae a 10°C, el hormigón puede ser expuesto al aire siempre que la humedad relativa sea superior a 40%.

Luego del período de protección:

1. Luego de finalizar con la temperatura de protección, usualmente no será necesario tomar medidas adicionales para prevenir secado excesivo si la temperatura permanece bajo 10°C. En regiones excepcionalmente áridas se deberán tomar medidas especiales.
2. Si se espera secado excesivo se debe curar con membranas de curado o elementos de aislación (el secado dependerá de la temperatura del hormigón, del aire, la velocidad del viento y la humedad relativa).
3. Si la temperatura media por más de medio período de 24 horas y durante 3 días consecutivos supera los 10°C, no se debe considerar tiempo frío, y se debe aplicar un sistema usual de curado.

[Volver](#)

### Anexo1: ¿Cómo calcular la temperatura del hormigón recién fabricado?

Conocidos los pesos de los materiales, la absorción y el contenido de humedad de los áridos, la temperatura del hormigón recién fabricado se puede estimar como:

$$T = \frac{[0.22(T_s W_s + T_a W_a + T_c W_c) + T_w W_w + T_s W_{ws} + T_a W_{wa}]}{[0.22(W_s + W_a + W_c) + W_w + W_{wa} + W_{ws}]}$$

donde:

|  |   |
|--|---|
| T: Temperatura final del hormigón (°C)   | Ws: Peso árido fino saturado superficie seca (SSS) (kg) |
| Ts: Temperatura del árido fino (°C)      | Wa: Peso árido grueso SSS (kg)                          |
| Ta: Temperatura del árido grueso (°C)    | Ww: Peso agua de amasado (kg)                           |
| Tc: Temperatura del cemento (°C)         | Wws: Peso agua libre en árido fino (kg)                 |
| Tw: Temperatura del agua de amasado (°C) | Wwa: Peso agua libre en árido grueso (kg)               |
| Wc: Peso del cemento (kg)                |   |

Esta ecuación asume que los calores específicos del cemento y los áridos son iguales a 0,22 kcal/(kg °C).

Si la temperatura de uno o ambos áridos está bajo 0°C, el agua contenida en ellos se congelará. Así, la ecuación debe ser modificada sustituyendo el término (Ts Wws) por Wws(0.50Ts - 80) si la arena está congelada, o (Ta Wwa) por Wwa(0.50Ta - 80) si la grava está congelada.

De esta ecuación se deduce que, para la mayoría de las mezclas, elevar la temperatura del hormigón en 1°C se logra subiendo la temperatura del agua de amasado aproximadamente 5°C o la de los áridos 1.4°C.

Ejemplo:

Dados los siguientes datos determine si es necesario calentar los materiales durante la fabricación del hormigón:

- (a) Elemento a hormigonar: muro hormigón armado espesor 25 cm.
- (b) Temperatura ambiente: 0 a 5°C.
- (c) Dosificación en peso seco, absorción y humedad de áridos y temperaturas:

| Material | Dosificación en peso seco (kg) | Absorción (%) | Humedad (%) | Temperatura (°C) |
|----------|--------------------------------|---------------|-------------|------------------|
|----------|--------------------------------|---------------|-------------|------------------|



|                           |      |     |     |    |
|---------------------------|------|-----|-----|----|
| Cemento                   | 300  | -   | -   | 13 |
| Grava                     | 1050 | 1.0 | 1.2 | 5  |
| Arena                     | 860  | 2.0 | 7.0 | 8  |
| Agua libre                | 160  | -   | -   | 9  |
| Agua total (áridos secos) | 188  | -   | -   | -  |

Solución:

- Determinación Agua amasado: (Agua amasado) = (Agua total) - (Agua humedad áridos)  
 Humedad áridos: Grava:  $1050 \times 1.2\% = 12.6$  L; Arena:  $860 \times 7.0\% = 60.2$  L; Total =  $12.6 + 60.2$  L =  $72.8$  L = 73 L  
 Agua amasado:  $188 - 73 = 115$  L
- Determinación Peso árido Saturado Superficie Seca: (Peso SSS) = (Pseco) x (1 + Absorción)  
 Grava:  $1050 \times (1 + 1.0\%) = 1060.5$  kg = 1061 kg; Arena:  $860 \times (1 + 2.0\%) = 877.2$  kg = 877 kg
- Determinación Peso árido húmedo: (Peso húmedo) = (Pseco) x (1 + Humedad)  
 Grava:  $1050 \times (1 + 1.2\%) = 1062.6$  kg = 1063 kg; Arena:  $860 \times (1 + 7.0\%) = 920.2$  kg = 920 kg
- Determinación Agua libre en áridos: (Agua libre) = (Peso húmedo) - (Peso SSS)  
 Grava:  $1063 - 1061 = 2$  L; Arena:  $920 - 877 = 43$  L
- Estimación temperatura fabricación hormigón:

$$T = \frac{[0.22(8 \times 877 + 5 \times 1061 + 13 \times 300) + 9 \times 115 + 8 \times 43 + 5 \times 2]}{[0.22(877 + 1061 + 300) + 115 + 43 + 2]} = 7.6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.- Determinación de temperatura de colocación:  
 Según [Tabla 1](#), para elementos de espesor menor a 30 cm la temperatura de colocación debe ser 13°C.

7.- Determinación de temperatura de fabricación:  
 Según la [Tabla 2](#), para temperatura del aire de 0 a 5°C y temperatura de colocación 13°C, la temperatura de fabricación debe ser 16°C. Por lo tanto, los materiales deben ser calentados (temperatura actual: 7.6°C).

8.- Determinación temperatura agua amasado para fabricar hormigón a 16°C:

$$T = \frac{[0.22(8 \times 877 + 5 \times 1061 + 13 \times 300) + 57 \times 115 + 8 \times 43 + 5 \times 2]}{[0.22(877 + 1061 + 300) + 115 + 43 + 2]} = 16.06 \text{ } ^\circ\text{C} = 16^\circ\text{C} \text{ OK}$$

La temperatura del agua de amasado debe ser de 57°C.

Notar que existen muchas combinaciones de temperaturas de agua de amasado y áridos que resultarán válidas. En cada caso, deberá estudiarse en terreno la temperatura adecuada a la que deben calentarse los áridos.

[Volver](#)

**Notas:**

1. Este Anexo **no** forma parte del cuerpo de la norma NCh170.Of.1985.
2. Resistencia a compresión medida sobre probeta cúbica normal de 200 mm de arista.
3. El uso de aditivos plastificantes en dosis elevadas puede provocar retardo del fraguado. Los aceleradores de fraguado deben ser usados siempre bajo asesoría del fabricante.
4. Probetas especiales de acuerdo a NCh1017.

[Volver](#)

**Bibliografía:**

1. NCh170 Hormigón - Requisitos generales.
2. NCh1017 Hormigón - Confección y curado en obra de probetas para ensayos de compresión y tracción.
3. ACI306 - Cold Weather Concreting.
4. Properties of Concrete, A. Neville.

[Volver](#)

Si requiere información adicional contáctenos al e-mail [Claudio.olate@melon.cl](mailto:Claudio.olate@melon.cl)