



3.12. Temas especiales

El propósito de este capítulo es entregar antecedentes relativos a técnicas especiales sobre el hormigón y procesos que éste experimenta.

Temas tratados	3.12.1. Hormigonado en tiempo frío
	3.12.2. Hormigonado en tiempo caluroso
	3.12.3. Propiedades del hormigón fresco
	3.12.4. Propiedades del hormigón endurecido
	3.12.5. Durabilidad del hormigón

Nota: frente a dudas o necesidad de asesoría técnica, contactarse con el personal especializado de RedTécnica de Cemento Polpaico S.A.

3.12.1. HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO

Si se estima que para una obra se van a registrar bajas temperaturas para el período de hormigonado, se recomiendan las precauciones y medidas expuestas a continuación, para tener un material suficientemente resistente y durable (Ref. NCh170 y ACI 306).

FACTORES A CONSIDERAR

- A Generalidades**
- B Precauciones**
- C Planificación adecuada previa al hormigonado**
 - C.1. Dosificación
 - C.2. Materiales y equipos
 - C.3. Protecciones (equipos y materiales en el lugar de trabajo)
- D Métodos constructivos adecuados**
 - D.1. Fabricación
 - D.1.1. Generalidades
 - D.1.2. Procedimiento para mantener la temperatura en la hormigonera
 - D.2. Transporte
 - D.3. Preparación del sitio de colocación
 - D.4. Colocación
 - D.5. Protecciones
 - D.6. Curado
 - D.7. Desmolde
 - D.8. Registro de temperaturas

A Generalidades

A continuación se entregan procedimientos recomendables para el hormigonado en tiempo frío, de manera de:

- Prevenir daños de congelamiento del agua interior del hormigón a temprana edad (tabla N°12). Se estima que no se producen daños por congelamiento cuando el hormigón alcanza una resistencia a la compresión de 35 kgf/cm². Para temperaturas del orden de los 10 °C, la mayoría de los hormigones bien dosificados alcanzan esta resistencia requerida durante el segundo día.
- Permitir que el hormigón desarrolle la resistencia requerida durante y después de la construcción (tabla N°12).
- Mantener condiciones de curado adecuadas para que el hormigón desarrolle la resistencia requerida en un ambiente sin excesivo calor y sin grados de saturación críticos al finalizar el período de protección.
- Limitar cambios bruscos de temperatura hasta que el hormigón sea capaz de soportar las tensiones térmicas.
- Dar una protección adecuada según la serviciabilidad de la estructura (proteger los elementos más expuestos, no usar cantidad excesiva de aditivos aceleradores y otros.), independientemente que la resistencia a los 28 días sea adecuada.

B Precauciones

- Medir la temperatura del aire exterior al sector de la construcción, registrando las temperaturas máximas y mínimas diarias. La temperatura media diaria es el promedio de las dos temperaturas extremas registradas.
- Si siete días previos al hormigonado hay uno o más días con temperatura media inferior a 5 °C, se recomienda tomar las medidas más adelante señaladas, siendo más intensas mientras más bajas sean las temperaturas.

OBSERVACIÓN:

En zonas del país donde se registren fuertes variaciones de temperatura durante el día, dichas medidas deben ser consideradas.

C Planificación adecuada previa al hormigonado

Previo al hormigonado es recomendable realizar una planificación de las obras, considerando a lo menos lo siguiente:

C.1. Dosificación

- Usar cementos de alta resistencia (Polpaico de Alta Resistencia)
- Usar bajas razones agua/cemento
- Uso de aditivos. Los más recomendados son:
 - Acelerantes
 - Plastificantes
 - Incorporadores de aire (para hormigón expuesto a ciclos hielo - deshielo).



C.2. Materiales y equipos

- Protección de los áridos
- Moldajes adecuados (preferible de madera gruesa, isotermos de doble pared)
- Equipos adecuados para medir temperaturas del hormigón (con sensibilidad de ± 1 °C)
- Equipos para calentar el agua (y los áridos si se requiere).

C.3. Protecciones (equipos y materiales en el lugar de trabajo)

- Equipos o materiales para proteger la superficie donde se hormigonará
- Tipos de protecciones a usar para mantener la temperatura del hormigón en el lugar de colocación
- Materiales para el curado (durante y después del período de protección).

D Métodos constructivos adecuados

Se recomienda adoptar las siguientes medidas concernientes a las distintas etapas del proceso de fabricación.

D.1. Fabricación

D.1.1. GENERALIDADES

- Mantener temperaturas mínimas en la hormigonera, según la temperatura ambiente, para lograr temperaturas mínimas de colocación especificadas (ver tabla N°11)
- Usar materiales adecuados (áridos no congelados, aditivos, cemento de alta resistencia como los de Alta Resistencia de Cemento Polpaico S.A.) y dosificaciones adecuadas para producir hormigones compactos.
- Incorporación adecuada de los materiales a la hormigonera (la hormigonera se debe cargar con el agua y los áridos), y el cemento se debe introducir cuando la temperatura en ella sea uniforme y no le cause falso fraguado o grumos (temperatura menor a 60 °C).
Iguales medidas se deben tener con los aditivos si su efectividad se pierde con la temperatura.

D.1.2. PROCEDIMIENTOS PARA MANTENER LA TEMPERATURA DE LA HORMIGONERA

- Calentamiento del agua, a una temperatura menor o igual a 60 °C
- Si las temperaturas son muy bajas (inferiores a 0 °C) como complemento se puede calentar la arena e inclusive todos los áridos, a una temperatura menor a 40 °C, mediante vapor de agua (vapor saturado). Se prohíbe el uso de calor seco.

NOTA:

Se recomienda lo siguiente:

- Control de la temperatura del agua:
 - Para mantener homogénea la temperatura del hormigón en todas las amasadas (y no superior a la especificada en más de 6° C)
 - Para mantener el asentamiento de cono del hormigón sin fluctuaciones.
- Extracción de muestras especiales, adicionales a las normales del hormigón (NCh171).

D.2. Transporte

- Evitar transportes largos y esperas previas a la colocación, para evitar descenso de la temperatura
- Proteger al hormigón del frío o heladas.

D.3. Preparación del sitio de colocación

- Eliminar todo material congelado o restos de hielo adheridos al terreno, hormigón, moldajes, armaduras, etc. Para este efecto se puede usar chorro de aire caliente. (Si el lugar de trabajo no es cerrado debe hacerse inmediatamente antes de la colocación del hormigón)
- En general la superficie de contacto con el hormigón no necesita tener más de 2 °C, y en lo posible su temperatura debe ser similar a la temperatura de colocación del hormigón
- Poner protecciones para proteger las superficies de las heladas, evitar formación de hielo, entrada de nieve y calefaccionar el ambiente, con anticipación a la colocación. Deben ser adecuadas para preservar la temperatura y humedad recomendadas en todo el volumen del hormigón
- Si se utilizan moldajes metálicos delgados, deben ser previamente calentados.

D.4. Colocación

RECOMENDACIONES GENERALES

- El hormigón debe ser colocado a temperaturas lo más cerca de las indicadas en la tabla N° 11. Estas temperaturas no deben ser excedidas en más de 6 °C (temperaturas mayores no producen mayor protección, sino que permiten que el calor se disipe más rápidamente, produciendo rigidización prematura, agrietamientos y otros.)
- Se debe controlar la temperatura en la superficie del hormigón (independientemente que esté en contacto con el moldaje, alguna protección o el aire), durante cada colocación, en distintos puntos del elemento, preferentemente a intervalos regulares de tiempo.

TABLA N°11
Temperaturas recomendadas para el hormigón (Ref. NCh170)

ESPEJOR DEL ELEMENTO HORMIGONADO	INFERIOR	ENTRE	ENTRE	SUPERIOR
	A 30 cm	30 - 90 cm	90 - 180 cm	A 180 cm
1 Temperatura mínima de colocación del hormigón (°C)	13	10	7	5
2 Temperaturas mínimas de elaboración en °C, según la temperatura ambiente en °C de:				
0 a 10	16	13	10	7
- 18 a 10	18	16	13	10
< a - 10	21	18	16	13

1. Temperaturas mínimas durante la colocación y el período de protección
2. Temperaturas mínimas durante la elaboración para cumplir con 1.



D.5. Protecciones

TIPOS
<p>a) Aislación térmica</p> <ul style="list-style-type: none">-Poliestireno expandido-Mantas de espuma de vinilo-Sacos con aserrín-Lana mineral-Poliétileno con burbujas de aire (de empaque). <p>b) En caso de temperaturas muy bajas, presencia de nieve y/o viento:</p> <ul style="list-style-type: none">• Estructuras provisionales de madera, lonas, placas de yeso, plástico y otros extendidas sobre caballetes o estructuras resistentes. Deben ser fácilmente removibles para facilitar el hormigonado y minimizar secciones expuestas a la intemperie. <p>c) Para condiciones más desfavorables se puede recurrir a recintos cerrados, calefaccionados por medio de vapor o aire caliente. No se deben usar fogatas, estufas o similares que generan CO₂.</p> <p>d) Calentamiento interno del hormigón, colocando en él resistencias eléctricas en espiral, por las cuales se hace pasar corriente eléctrica de bajo voltaje.</p>
CONSIDERACIONES
<ul style="list-style-type: none">- La temperatura en la superficie del hormigón determina la efectividad de la protección.- Deben ser adecuadas para mantener las condiciones de temperatura y humedad en todo el volumen del hormigón.- Se deben aplicar inmediatamente después del hormigonado (en superficies expuestas), y deben mantenerse en estrecho contacto con los moldajes y el hormigón.- Mientras de menor espesor sea el elemento a hormigonar, mayor deben ser las protecciones térmicas (además el espesor de la protección debe aumentar a mayor velocidad del viento).- Deben ser efectivas en presencia de humedad.- Se debe proteger especialmente los lugares más expuestos, como aristas salientes y otros.- En superficies cerradas (provisorias o no), se debe permitir espacio suficiente entre éstas y el hormigón para que el aire caliente tenga circulación.- En estructuras sin moldajes, como losas de piso, protegidas en recintos cerrados calefaccionados, se debe cuidar que éstas no pierdan humedad demasiado rápido. Se recomienda en estos casos, además, usar membranas de curado.

TABLA N° 12
Tiempos de protección en días (para temperaturas medias menores a 5 °C) para
mantener la temperatura de colocación según la
Tabla N°11 (Ref. NCh170)

CONDICIÓN DEL ELEMENTO	PARA ASEGURAR DURABILIDAD (PROTECCIÓN DE LAS HELADAS)		PARA ASEGURAR DURABILIDAD Y RESISTENCIA	
	GRADO DE CEMENTO		GRADO DE CEMENTO	
	Corriente	(*)	Corriente	(*)
Sin carga no expuesta (fundación bajo tierra)	2	1	2	1
Sin carga no expuesta (represas, pilares y macizos)	3	2	3	2
Carga parcial expuesta (sobrecimientos)	3	2	6	4
Cargado y expuesto (vigas, losas y columnas)	3	2	Aplicar tabla N° 13	

TABLA N° 13
Tiempos de protección en días para elementos cargados y expuestos (valores aproximados)

TEMPERATURA MEDIA DIARIA DEL AMBIENTE (°C)	TEMPERATURA DEL HORMIGÓN PROTEGIDO			
	10 °C		10 °C	
	GRADO DE CEMENTO		GRADO DE CEMENTO	
	Corriente	(*)	Corriente	(*)
Sobre 0	6	3	4	1
0 a -4	11	5	8	2
-5 a -9	21	16	16	4
Menos de -9	29	26	23	20

(*) Alta resistencia (Polpaico de Alta Resistencia), o con acelerador, o cuando se agrega en forma adicional 60 kg/m³ de cemento.

PROTECCIÓN DE ELEMENTOS CARGADOS Y EXPUESTOS		
RECOMENDACIONES	RESISTENCIAS MÍNIMAS PARA FINALIZAR LOS PLAZOS DE PROTECCIÓN	
	TEMPERATURA MEDIA DIARIA DEL AMBIENTE (°C)	% RESISTENCIA A 28 DÍAS
En este tipo de elementos es recomendable determinar los tiempos de protección en base a los controles de resistencias. Para esto deben confeccionarse, a lo menos, 6 probetas especiales de acuerdo con el punto A.2.1. De NCh1017 y establecer un plan de ensayos para trazar la curva edad - resistencia correspondiente. Si se cumplen las resistencias mínimas indicadas, se pueden retirar las protecciones.	Sobre 0	50
	0 a -4	65
	-5 a -9	85
	menos de -9	95



MÁXIMA CAÍDA GRADUAL DE TEMPERATURA DEL HORMIGÓN EN LAS 24 HORAS POSTERIORES AL TÉRMINO DE LA PROTECCIÓN (Ref. ACI 306)				
Temperatura de colocación (°C)	13	10	7	5
Máxima caída de temperatura (°C)	28	22	17	11

RECOMENDACIONES:

- El hormigón debe enfriarse gradualmente, para esto se recomienda:
 - En recintos cerrados calefaccionados, se puede reducir el calor.
 - En superficies moldeadas se puede proceder a abrir el moldaje y cubrirlo con láminas de polietileno, tal que permitan que circule el aire.

D.6. Curado

- Si durante el período de protección no se ha terminado el tiempo de curado, el elemento debe proseguir su curado normal, con materiales adecuados
- Si se usa agua como método de curado (no deseable por choque térmico), el curado se debe finalizar por lo menos 12 horas antes del término del período de protección, tal que el hormigón se seque en este período previo o durante el ajuste de temperaturas para la remoción de las protecciones.

D.7. Desmolde

- Los plazos de desmolde deben cumplir con NCh170
- Para elementos que no están sometidos a cargas o tienen cargas parciales, se deben contar los plazos de desmolde después de finalizada la protección
- Para elementos estructurales (losas, vigas, columnas), el plazo de desmolde se condicionará a que la resistencia del elemento in situ cumpla con la resistencia mínima requerida en las especificaciones (se puede utilizar la medición de madurez del hormigón para estimar la resistencia).

D.8. Registro de temperaturas

Es conveniente llevar un registro que contenga lo siguiente:

- Día, hora, temperatura ambiente del aire, temperatura del hormigón durante la colocación, temperatura del recinto de protección, condiciones climáticas
- Los registros del recinto de protección y del hormigón deben hacerse en distintos puntos y en un número suficiente
- Deben registrarse además las temperaturas máximas y mínimas en el día.

3.12.2. HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

Si las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, que se esperan para la obra (según la zona y época del año), constituyen las características típicas para producir en el hormigón un alto índice de evaporación ($0,5 \text{ kg/m}^2/\text{h}$), se deben tomar medidas de protección adicionales para disminuir los efectos adversos de la condición indicada. (Ref. NCh170 y ACI 305).

FACTORES A CONSIDERAR

- A** Generalidades
- B** Precauciones
- C** Planificación adecuada previa al hormigonado
 - C.1 Diseño
 - C.2 Dosificación
 - C.3 Registro de las condiciones ambientales
 - C.4 Materiales y equipos requeridos
 - C.5 Protección de los materiales y equipos
 - C.6 Coordinación de actividades
- D** Métodos constructivos adecuados
 - D.1 Preparación del sitio de colocación
 - D.2 Fabricación
 - D.3 Transporte, colocación y compactación
 - D.4 Terminación
 - D.5 Curado
 - D.6 Controles
- E** Láminas y procedimientos
 - E.1. Temperatura del hormigón
 - E.2. Evaporación del hormigón

A Generalidades

A continuación se entregan procedimientos recomendables para el hormigonado en tiempo caluroso, de manera de prevenir los efectos adversos que un alto índice de evaporación provoca, tales como:

EFFECTOS ADVERSOS SOBRE EL HORMIGÓN FRESCO

- Aumento de la necesidad de agua para alcanzar la docilidad requerida
- Aceleración del fraguado, disminuyendo el tiempo disponible para las operaciones de transporte, colocación, compactación, terminación y curado, y aumentando la posibilidad de juntas frías
- En hormigones con aire incorporado, necesidad de aumentar la dosis de aditivo para obtener el contenido requerido
- Tendencia a grietas por retracción plástica y disecación.



EFFECTOS ADVERSOS SOBRE EL HORMIGÓN ENDURECIDO

- Disminución de las resistencias mecánicas (aún cuando a temprana edad normalmente se desarrollan resistencias mayores) debido al aumento de agua requerida
- Aumento de la tendencia a retracción y fisuración hidráulica
- En secciones de grandes dimensiones, tendencia a fisuración por retracción térmica
- Disminución de la durabilidad y aumento de la permeabilidad (por mayor razón A/C)
- Disminución de la uniformidad superficial.

B Precauciones

Es recomendable recopilar y analizar la información climática del lugar en que se ejecuta la obra. (Temperaturas ambientes sobre 30 °C en lugares expuestos a viento indican la posibilidad de alto índice de evaporación).

OBSERVACIÓN:

Las medidas de protección expuestas más adelante adquieren mayor importancia cuando se hormigonan pavimentos, losas, elementos masivos (menor dimensión superior a 80 cm) y elementos estructurales de deformaciones restringidas.

C Planificación adecuada previa al hormigonado

C.1. Diseño

- No usar hormigones de alto contenido de cemento
- Limitar en lo posible el diseño de secciones delgadas con gran porcentaje de acero de refuerzo.

C.2. Dosificación

- Usar cementos con bajo calor de hidratación (menor a 70 cal/g a 7 días) como los de Polpaico de clase corriente
- Limitar la dosis de cemento
- Usar adecuadamente aditivos retardadores de fraguado y plastificantes (tener cuidado, ya que un mayor retardo aumenta las probabilidades de fisuramiento). Su evaluación debe ser hecha por profesionales competentes del área Asesoría de la RedTécnica de Cemento Polpaico S.A.

C.3. Registro de las condiciones ambientales

- Se debe contar con un registro de las condiciones ambientales para establecer o ajustar las proporciones de la mezcla y tomar las medidas de protección durante el hormigonado.

C.4. Materiales y equipos requeridos

- Disponer en obra de protecciones como sombras y cortavientos
- El sitio de colocación debe estar provisto con abundante agua, mangueras y nebulizadores
- Equipos para la colocación y compactación con adecuada capacidad y en óptimas condiciones. Además para éstos últimos se recomienda que se disponga de, por lo menos, un equipo de repuesto por cada tres vibradores en uso.

C.5. Protección de los materiales y equipos

MATERIALES

Los materiales para la elaboración del hormigón se deben enfriar antes del mezclado:

- **Agregados**: Debido a sus proporciones en la mezcla, son los que más influyen en la reducción de la temperatura del hormigón. Deben mantenerse protegidos de la acción del sol, sombreándolos. Deben mantenerse húmedos, rociándolos con agua mediante nebulizadores, teniendo cuidado de no producir excesiva variación de humedad en la superficie para no modificar la uniformidad del asentamiento del hormigón.
- **Agua** : Debido a su alto calor específico, influye notablemente en la reducción de la temperatura del hormigón
 - Si se va a usar agua helada, debe mantenerse protegida en estanques y tuberías de la exposición del sol, aislándolos térmicamente, sombreándolos, recubriéndolos con arpilleras húmedas y/o pintándolos de blanco
 - Si se va a usar hielo triturado, o escamas, debe almacenarse a una temperatura tal que éste no se apeltone, para que después del mezclado esté completamente derretido
 - Se puede enfriar el agua por medio de nitrógeno líquido (a aprox. 0,5 °C). Debe protegerse según recomendaciones del fabricante.
- **Cemento** : Debe mantenerse protegido y usarse a la menor temperatura posible

EQUIPOS

Tanto los equipos para el mezclado y para el transporte deben protegerse de la exposición directa del sol, sombreándolos, recubriéndolos con arpilleras húmedas y/o pintándolos de blanco.

C.6. Coordinación de actividades

Debe planificarse una adecuada coordinación con equipos y mano de obra suficiente para que:

- Las operaciones del hormigonado (desde la fabricación hasta el curado) se realicen en el menor tiempo posible, para mantener la temperatura del hormigón uniforme, y no tener efectos indeseables en el hormigón
- Si se van a hormigonar losas (grandes superficies de disipación del calor), se deben programar las actividades para que estos elementos reciban adecuada protección contra el viento y el sol (sombras, cortavientos, hormigonar radieres después de muros y/o techos y otros).



D Métodos constructivos adecuados

D.1. Preparación del sitio de colocación

- Todas las superficies que van a estar en contacto con el hormigón, deben rociarse con agua fría antes de la colocación, evitando formar pozas de agua.

D.2. Fabricación

- Evitar mezclado prolongado, ya que éste genera calor, aún en bajas velocidades. Si la demora entre la fabricación y la colocación es inevitable, el efecto puede disminuirse deteniendo la hormigonera y agitando intermitentemente
- Los materiales deben enfriarse antes del mezclado (para reducir la temperatura del hormigón). **Para el enfriamiento del agua de amasado, es más efectivo usar hielo en escamas que agua helada.** Se puede sustituir gran parte del agua por hielo en escamas (con aproximadamente una sustitución de 8 kg de agua por 8 kg de hielo en escamas se baja en 1 °C la temperatura de 1 m³ de hormigón)
- A la salida de la hormigonera las temperaturas del hormigón deben ser :

TIPO DE ELEMENTO	TEMPERATURA DEL HORMIGÓN A LA SALIDA DE LA HORMIGONERA (Ref. NCh170)
· Elemento corriente	10 °C a 16 °C
· Elemento masivo (menor dimensión, mayor a 0,8 m)	5 °C a 10 °C

- Se debe controlar la temperatura del hormigón a la salida de la hormigonera.

D.3. Transporte, colocación y compactación

- Las temperaturas máximas del hormigón durante la colocación deben ser:

TIPO DE ELEMENTO	TEMPERATURA MÁXIMA DEL HORMIGÓN* (Ref. NCh170)
· Elemento corriente	30 °C
· Elemento masivo	16 °C

(*) Un valor aproximado de la temperatura que puede obtenerse del hormigón, de acuerdo a la temperatura de sus ingredientes, se extrae de la figura Nº 45.

- Se recomienda restringir las operaciones de hormigonado a aquellas horas en que las condiciones de temperatura, humedad relativa y viento sean las menos desfavorables (generalmente a primeras horas del día)
- Estas operaciones deben ser realizadas en el menor tiempo posible evitando juntas frías (juntas de hormigonado)
- La colocación del hormigón en muros puede requerir capas de menor espesor para asegurar la continuidad con la capa subyacente
- Al hormigonar vigas y losas, es necesario realizar la colocación en frentes reducidos.

D.4. Terminación

- Debe efectuarse inmediatamente y en el menor tiempo posible mientras la mezcla obedezca a la operación con las herramientas o equipos disponibles
- Para evitar grietas de retracción plástica (especialmente en tiempo con viento o baja humedad relativa), se puede aumentar la humedad relativa del ambiente mediante nebulizadores o bien cubrir provisoriamente el hormigón con arpilleras húmedas o con polietileno. Si las grietas ocurren, antes que el hormigón endurezca, se deben eliminar mediante replatachado o revibrado.

D.5. Curado

- Preferiblemente se debe realizar con agua. Sin embargo, en obras de pavimentación y construcción de canales, la aplicación de membranas de curado es más práctica y eficiente, después de un precurado con agua nebulizada
- Debe aplicarse inmediatamente y continuarse en forma ininterrumpida, por un mínimo de 7 días, siendo mejor un tiempo de 10 a 14 días. (Si la humedad en el hormigón no se mantiene en forma continua, el curado húmedo pierde su efectividad)
- El agua de curado no debe estar excesivamente más fría que el hormigón, a fin de evitar grietas por choque térmico
- El curado húmedo, o en base a agua, son los más efectivos (ver 3.8).

Curado de superficies moldeadas:

Los moldajes deben permanecer húmedos, preferiblemente cubriéndolos con protecciones húmedas, o bien rociándolos con agua. Deben soltarse tan pronto como sea posible, sin dañar el hormigón, y entonces regar las superficies expuestas de modo que el agua corra dentro de los moldajes. Al retirar los moldajes, las superficies expuestas deben cubrirse con protecciones húmedas hasta finalizar el curado. Después de este tiempo, éstas últimas deben permanecer por un período mínimo de 4 días (para que el hormigón se seque lentamente).

Curado de superficies expuestas:

La aplicación del agua de curado debe ser continua. Esta continuidad se asegura si se cubren todas las superficies expuestas con material saturado en íntimo y permanente contacto con el hormigón.

D.6. Controles

- Se debe llevar un registro a intervalos frecuentes de:
 - Temperatura del aire, condiciones climáticas (despejado, nublado y otros), velocidad del viento y humedad relativa
 - Pérdidas de asentamiento
 - Chequeos frecuentes de la temperatura del hormigón antes y después de su colocación.



E Láminas y procedimientos

E.1. Temperatura del hormigón

Determinación, aproximada, de la temperatura del hormigón fresco a partir de la temperatura de sus ingredientes. En caso de necesitar una determinación más exacta, se sugiere utilizar la ecuación propuesta en NCh170. Asimismo, como regla general para 1 m³, 8 kg de hielo en escamas, reemplazando al agua de amasado, reduce la temperatura del hormigón fresco en 1 °C, aproximadamente.

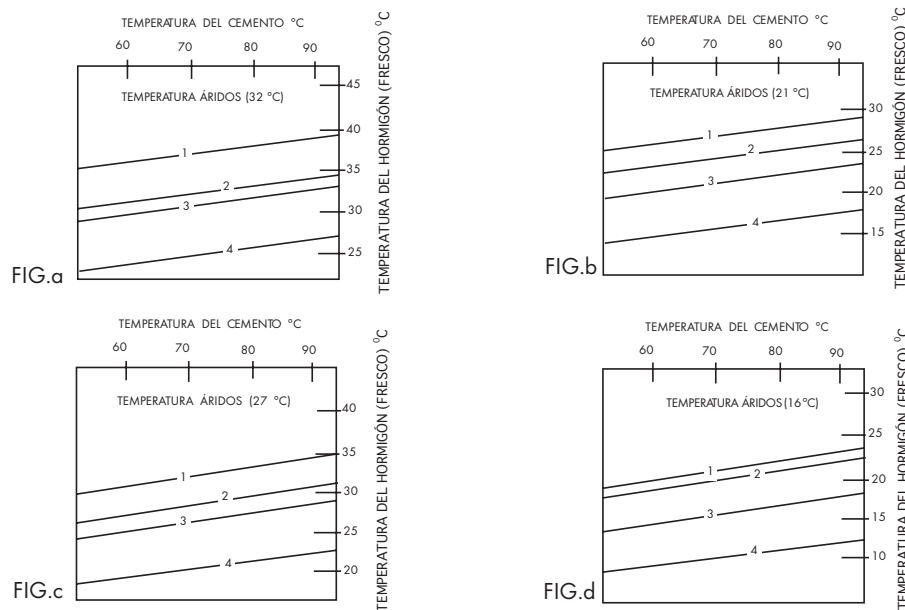


FIG. 45

Procedimiento

- 1) Entre en la figura correspondiente a la temperatura de los áridos:
Fig. a Temperatura áridos = 32 °C
Fig. b Temperatura áridos = 21 °C
Fig. c Temperatura áridos = 27 °C
Fig. d Temperatura áridos = 16 °C
- 2) Ubique la temperatura del agua de mezclado según las curvas 1 a la 4 como sigue:
 - Curva 1 : Temperatura agua mezclado igual a la temperatura de los áridos.
 - Curva 2 : Temperatura agua mezclado igual a 10 °C.
 - Curva 3 : Temperatura agua mezclado igual a la temperatura de los áridos, cuando un 25 % de ésta se ha reemplazado por hielo.
 - Curva 4 : Temperatura agua mezclado igual a la temperatura de los áridos, cuando un 50 % de ésta se ha reemplazado por hielo.
- 3) Avance verticalmente hacia abajo según la temperatura del cemento, hasta la temperatura del agua mezclado correspondiente (curva 1 a la 4).
- 4) Avance en forma horizontal, determinando la temperatura del hormigón fresco.

E.2. Evaporación del hormigón

Influencia de las temperaturas del aire y del hormigón, de la humedad relativa y velocidad del viento sobre la evaporación en la superficie del hormigón.

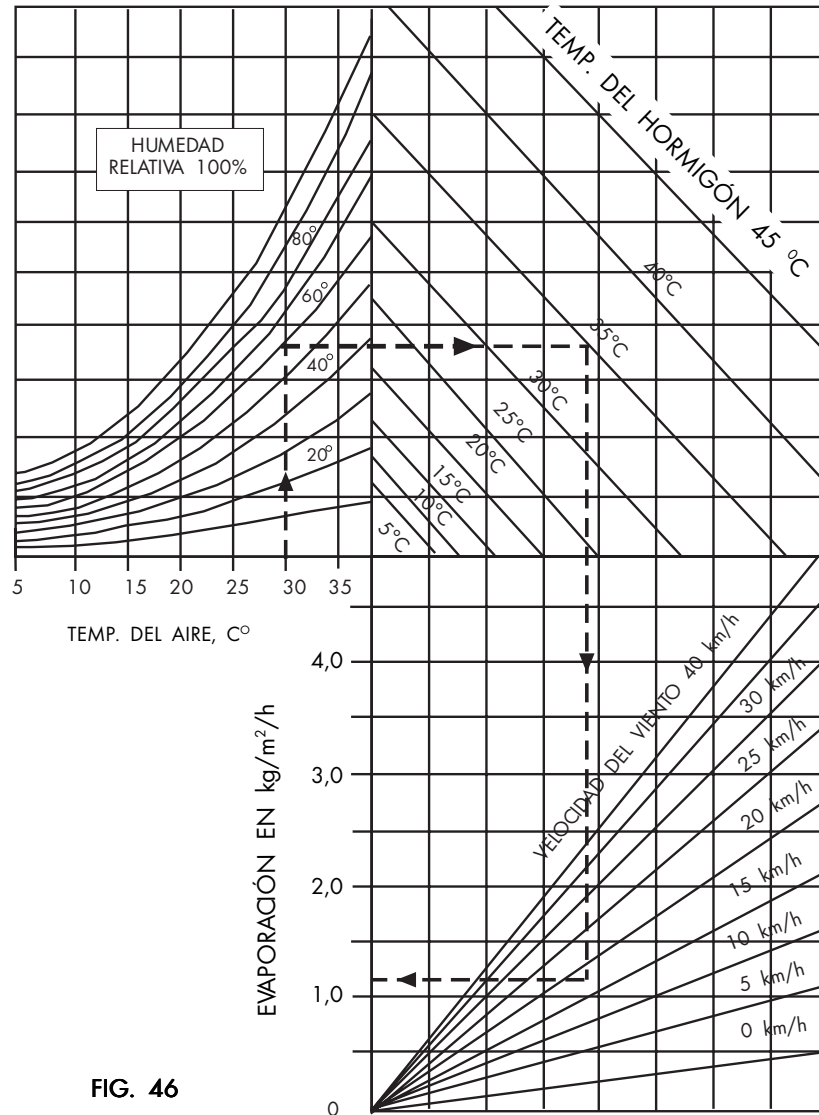


FIG. 46

PASOS A SEGUIR PARA DETERMINAR LA EVAPORACIÓN DEL AGUA EN EL HORMIGÓN

1. Entre con la temperatura del aire
2. Avance verticalmente hasta la humedad relativa del ambiente
3. Avance a la derecha hasta la temperatura del hormigón
4. Avance hacia abajo hasta la velocidad del viento
5. Avance a la izquierda determinando la razón de evaporación.

OBSERVACIÓN:

Con evaporaciones sobre $0,5 \text{ kg/m}^2/\text{h}$, es conveniente tomar precauciones. Se debe tener presente que también se tienen altas tasas de evaporación a bajas temperaturas ambientales.



3.12.3. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN FRESCO

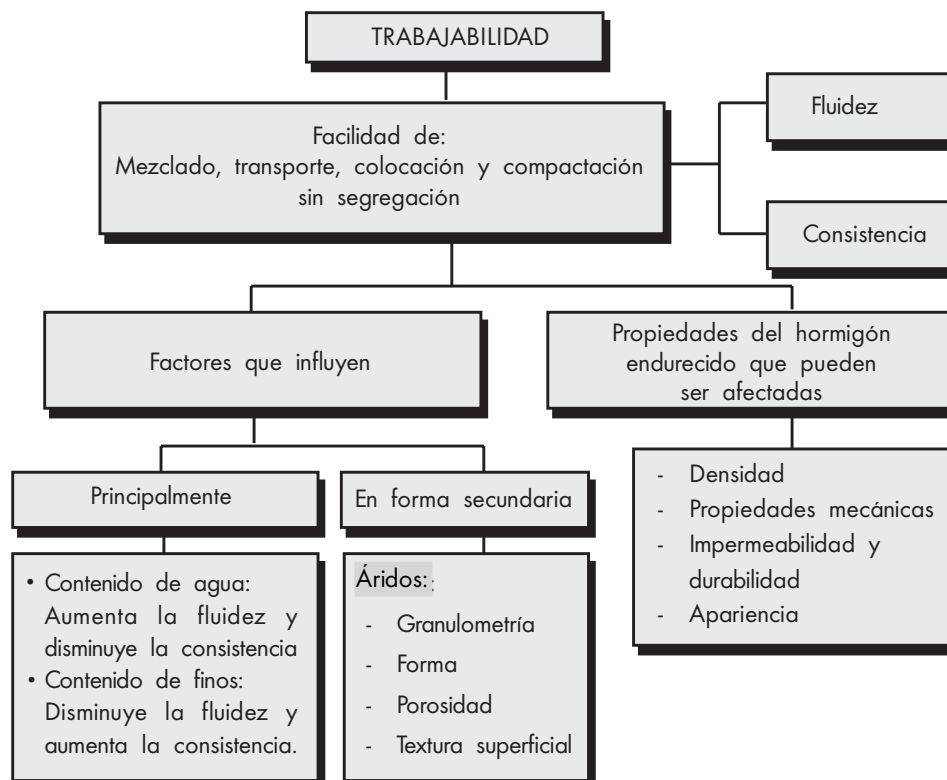
FACTORES A CONSIDERAR

- A Propiedades del hormigón fresco**
 - A.1. Trabajabilidad (docilidad)
 - A.2. Densidad (peso unitario)
 - A.3. Contenido de aire
- B Factores adversos en el hormigón fresco y manera de evitarlos**
 - B.1. Segregación
 - B.2. Falso fraguado del cemento
 - B.3. Retracción plástica
 - B.4. Exudación
 - B.5. Sedimentación
- C Etapas de transición del hormigón fresco a hormigón endurecido**

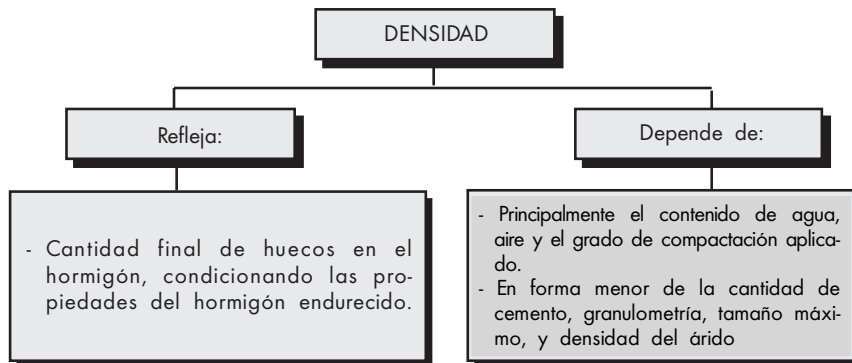
A Propiedades del hormigón fresco

A.1. Trabajabilidad (docilidad)

Es la facilidad del hormigón de ser mezclado, transportado, colocado y compactado, sin sufrir segregación. Representa la propiedad más importante del hormigón fresco y puede condicionar además algunas características del hormigón endurecido.



A.2. Densidad (peso unitario)



A.3. Contenido de aire

- El contenido de aire atrapado de un hormigón bien compactado varía aproximadamente entre 0,5 - 1,5 %.
- Si el hormigón tiene aditivo incorporador de aire, el volumen de poros varía aproximadamente entre 3 - 7 %. (La trabajabilidad de la mezcla aumenta si se usa aditivo incorporador de aire, pero puede reducir la resistencia mecánica).

B Factores adversos en el hormigón fresco y manera de evitarlos

B.1. Segregación

CARACTERÍSTICAS	MANERA DE EVITARLA
Es la separación de los componentes del hormigón ya amasado, haciendo que éste pierda su homogeneidad. Produce dificultades tanto en la colocación como la compactación y da lugar a hormigones con poros y nidos. Afecta más a hormigones pobres, fluidos o con falta de finos.	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo adecuado de áridos (evitar segregación). - Dosificación: <ul style="list-style-type: none"> • Dosis adecuada de agua • Granulometría adecuada: <ul style="list-style-type: none"> • Proporción entre áridos finos y gruesos • Si faltan finos la segregación se reduce incorporando aire (aditivo) - Transporte adecuado. - Colocación adecuada. - Compactación adecuada (evitar el vibrado en exceso).

B.2. Falso fraguado del cemento

CARACTERÍSTICAS	MANERA DE EVITARLA
Corresponde a un endurecimiento prematuro del cemento (en la pasta de cemento), produciendo una rigidización del hormigón, en estado fresco. Puede provenir de un comportamiento anómalo del yeso añadido al cemento, que pierde parte de su agua de cristalización, y la recupera del agua de amasado, cristalizándose y adquiriendo rigidez.	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentando el tiempo de amasado (rompiendo la cristalización), sin adicionar más agua o aditivos.



B.3. Retracción plástica

CARACTERÍSTICAS	MANERA DE EVITARLA
<p>El agua de amasado tiende a evaporarse si no se mantiene el hormigón en un ambiente saturado de humedad, con lo cual se produce un secado progresivo desde la superficie al interior, traduciéndose en contracciones diferenciales y, por ende, tensiones de tracción en la superficie, lo que origina grietas de trazado irregular, de gran abertura en relación a su profundidad, en el hormigón en estado plástico (afecta a la superficie del hormigón). La velocidad de evaporación depende de la humedad relativa, de la velocidad del viento y de las temperaturas (ambiente y del hormigón).</p>	<ul style="list-style-type: none">- Ambiente húmedo en torno al hormigón fresco.- (Ver protecciones y precauciones en pto.3.12.2.- Hormigonado en tiempo caluroso).
OBSERVACIÓN:	
Si las grietas ocurren antes que el hormigón endurezca, se deben eliminar mediante replatachado o revibrado, (ver ítem 3.6.5. «Revibración», pto.3.6. Compactación.)	

Nota: una alta tasa de evaporación también ocurre en épocas o zonas frías.

B.4. Exudación

CARACTERÍSTICAS	MANERA DE EVITARLA
<p>Durante el hormigonado las partículas sólidas del hormigón sedimentan por gravedad y por vibración, desplazando el agua hacia arriba, lo que conduce a:</p> <ul style="list-style-type: none">- Mayor contenido de agua y granos finos en la superficie (menor resistencia de dicha capa).- Conductos capilares que constituyen vías permeables, afectando la impermeabilidad.- Acumulación de agua bajo armaduras y partículas de mayor tamaño, dejando huecos al evaporarse, disminuyendo la adherencia.- Sedimentación de los sólidos.	<ul style="list-style-type: none">- Utilizando un contenido adecuado de granos finos (menor a 0,160 mm).- Con bajas dosis de agua.- Empleando aditivos incorporadores de aire.- Colocando el hormigón en capas delgadas.

B.5. Sedimentación

CARACTERÍSTICAS	MANERA DE EVITARLA
<p>Los materiales sólidos del hormigón tienden a decantar y el agua a ascender (exudación). Esta decantación «sedimentación» produce un acortamiento del hormigón en vertical (aproximadamente el 1 %). En el caso donde la estructura presente singularidades de forma, puede producir una concentración de tensiones externas, derivando en fisuras.</p>	<p>Efectuando el hormigado de:</p> <ul style="list-style-type: none">- Partes que presentan variaciones de espesor y/o elementos verticales en distintas etapas constructivas o bien dejando transcurrir un tiempo para que el hormigón sedimente, pero no endurezca (45 - 60 minutos), para evitar juntas frías.

© Etapas de transición del hormigón fresco a hormigón endurecido

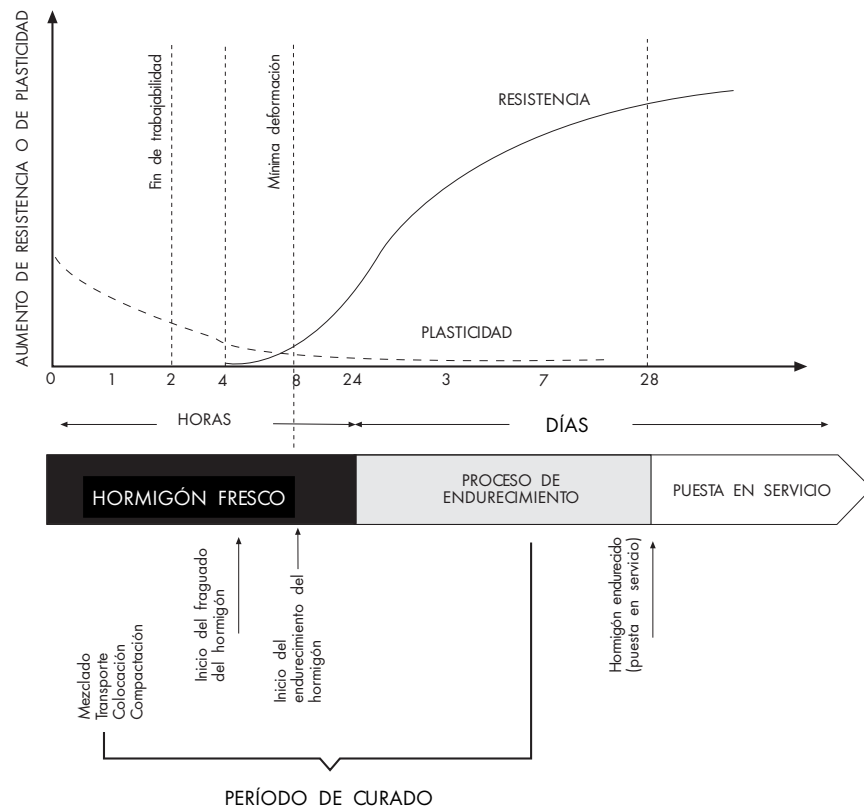


FIG. 47

3.12.4. PROPIEDADES DEL HORMIGÓN ENDURECIDO

FACTORES A CONSIDERAR

- A Resistencia mecánica**
- B Factores que influyen en la resistencia a la compresión**
 - B.1. Calidad de los componentes
 - B.2. Ensayos
 - B.3. Curado
 - B.4. Mezclado
 - B.5. Condición de colocación y compactación
 - B.6. Tipo de mezcla
- C Cambios de volumen**
 - C.1. Retracción hidráulica
 - C.2. Retracción térmica
- D Densidad**
- E Propiedades térmicas**



A Resistencia mecánica

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
Es la propiedad más importante del hormigón y además se usa como referencia para otras propiedades. Se mide de acuerdo a Norma NCh1037.
RESISTENCIA A LA TRACCIÓN
Se mide por tracción directa, tracción por flexotracción y por tracción indirecta o hendimiento. Cada una conduce a resultados diferentes, representando aproximadamente entre 1/6 y 1/8 de la resistencia a la compresión la de flexión, y entre 1/7 y 1/11 la de hendimiento. Toma importancia en construcciones de pavimentación. Se miden de acuerdo a Norma NCh1038, la resistencia a la flexotracción y de acuerdo a NCh1170, la resistencia a tracción por hendimiento.
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN
Toma importancia en construcciones como pavimentación, escaleras, obras hidráulicas, pavimentos industriales y otros.
RESISTENCIA AL IMPACTO
Toma especial importancia en pilotajes, pavimentos de aeropuertos y otros.

B Factores que influyen en la resistencia a la compresión

B.1. Calidad de los componentes

ADITIVOS	Ver pto. 3.1.4. Aditivos y adiciones.
CEMENTO	El tipo de cemento (corriente o alta resistencia, como por ejemplo Polpaico especial o Polpaico Alta Resistencia) es poco significativo para edades mayores a 6 meses, sin embargo, condiciona la resistencia del hormigón a edades tempranas.
AGUA	El agua afecta la resistencia sólo si contiene impurezas indeseables (superiores a los límites admisibles).
ÁRIDOS	La resistencia de los áridos no influye en la resistencia del hormigón (siempre que cumplan con los requisitos básicos), sin embargo, su graduación y forma determinan la cantidad de agua y cemento, influenciando fuertemente la resistencia para mantener una consistencia dada.

B.2. Ensayos

- Para la determinación de la resistencia a la compresión, las probetas de hormigón se confeccionan y curan según la NCh1017 y se ensayan según la NCh1037 (probetas cúbicas y cilíndricas). Las probetas se rompen con diferentes tensiones según sus dimensiones y forma. (En la NCh170 se entregan factores de conversión). El mejor sistema de curado de las probetas es bajo agua (piscinas).
- Método de ensayo influye en los resultados pero no en las propiedades del hormigón.
- Las características de los moldes, sistema de curado y tipo de prensas, pueden entregar valores errados de la resistencia potencial del hormigón.

B.3. Curado

TEMPERATURA
La temperatura ya sea ambiental o del hormigón, principalmente durante las 24 primeras horas, afecta la resistencia inicial del hormigón y determina la resistencia final.
DURACIÓN Y HUMEDAD
Las condiciones de humedad del hormigón y la duración del curado influyen en las resistencias iniciales y finales (a largo plazo). Después de un curado adecuado la resistencia del hormigón aumenta con el tiempo, mientras que exista cemento no hidratado y las condiciones de temperatura y humedad sean favorables para que éste disponga de agua para hidratarse. El método de curado más adecuado es mediante un contacto directo y permanente con agua.

B.4. Mezclado

HOMOGENEIDAD
Para una óptima utilización de las propiedades de los materiales, se debe mantener la homogeneidad en una amasada y entre amasadas sucesivas, ejecutando un concienzudo pesaje y mezclado, además de tomar medidas durante el transporte y colocación. Estas medidas además previenen la segregación.

B.5. Condición de colocación y compactación

GRADO DE COMPACTACIÓN
Es importante que la consistencia del hormigón permita una completa compactación con los equipos disponibles en obra. Asimismo, los equipos deben ser los adecuados y en cantidad suficiente para el tipo y características del hormigón requerido.

B.6. Tipo de mezcla (proporciones de los componentes)

RAZÓN AGUA/CEMENTO	Factor determinante en las propiedades del hormigón fresco y del hormigón endurecido. A menor razón agua/cemento, se tendrán mejores cualidades en el hormigón endurecido tales como: <ul style="list-style-type: none">- Aumento de resistencias mecánicas- Aumento de impermeabilidad- Mejor adherencia entre el hormigón y el refuerzo- Mejor retracción hidráulica- Mejor durabilidad (resistencia o condiciones climáticas).
CANTIDAD DE CEMENTO	Si una mezcla contiene menos dosis de cemento que la recomendada, puede que la resistencia y trabajabilidad no se vean afectadas (dependen de la dosis de agua), pero sí la durabilidad del hormigón. En la norma NCh170 se especifica una dosis mínima para garantizar la impermeabilidad y durabilidad (dependiendo del tipo de obra), independientemente que con dosis menores se alcance la resistencia especificada. Esto debe tenerse en cuenta en el momento de especificar el hormigón que se requiere en un determinado proyecto.



C Cambios de volumen

CAUSAS HABITUALES

C.1. Retracción hidráulica

CARACTERÍSTICAS	PARÁMETROS PREPONDERANTES	
	PARÁMETRO	INFLUENCIA
<ul style="list-style-type: none"> Es una variación de volumen que origina una contracción ó dilatación del hormigón según sean las condiciones ambientales de humedad y temperatura. Si se produce una contracción y el hormigón tiene restricciones de movimiento, se originan grietas o fisuras 	Dosis de agua	Relación directa, pero leve entre retracción hidráulica y dosis
	Humedad	Si se mantiene el hormigón en un ambiente de alta humedad, no se produce contracción de éste.
	Dosis de cemento	Relación directa entre retracción hidráulica y dosis.
	Finura del cemento	A mayor finura mayor evolución del fraguado y resistencia. Sin embargo valores muy extremos podrían favorecer la contracción inicial si no existen condiciones saturadas de humedad.
	Composición química del cemento	Si se favorece el fraguado rápido (Alto contenido de C ₃ A) habrá mayor contracción inicial si no existen condiciones saturadas de humedad (los cementos Polpaico tienen bajos contenidos de C ₃ A.).
	Porosidad de los áridos	Se deben usar áridos poco absorbentes o bien saturarlos antes de su uso.

C.2. Retracción térmica

CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> Variación del volumen causada por temperatura (externa o interna)
MANERA DE PALIARLA	<p>Para la temperatura externa</p> <ul style="list-style-type: none"> Aumento de aislación térmica en los paramentos que limitan con el exterior <p>Para la temperatura interna</p> <ul style="list-style-type: none"> Empleo de cemento con bajo calor de hidratación (los cementos Polpaico cumplen con los requisitos para cementos de bajo calor de hidratación). Disminución de temperatura interna del hormigón.

D Densidad

CARACTERÍSTICAS PARA HORMIGONES CONVENCIONALES	
<ul style="list-style-type: none"> Su valor oscila entre 2,35 y 2,55 t/m³ Experimenta ligeras variaciones en el tiempo, provenientes de la evaporación del agua deamasado, hasta aproximadamente un 7 % de su densidad inicial. 	
FORMAS DE VARIARLA ARTIFICIALMENTE	
Puede ser variada artificialmente en:	
HORMIGONES LIVIANOS	HORMIGONES PESADOS
<ul style="list-style-type: none"> Densidad inferior a 1,9 t/m³ Se obtienen por: <ul style="list-style-type: none"> Incorporación de aire en la masa de hormigón, o Uso de áridos livianos Baja resistencia y alta retracción hidráulica Usos <ul style="list-style-type: none"> Principalmente cuando se desee aislación térmica Aislación acústica y también para rebajar el peso muerto. 	<ul style="list-style-type: none"> Densidad superior a 3 t/m³ Se obtienen con áridos de bajo peso específico (normalmente provenientes de rocas mineralizadas o áridos con trozos de hierro) Su uso principal es la de obtener aislación contra partículas radioactivas.

E Propiedades térmicas

PROPIEDAD	VALOR	CARACTERÍSTICAS
Conductividad térmica	= 2,25 Kcal/(h m °C)	• Habilidad para transmitir el calor (en el hormigón es baja).
Calor específico	= 0,24 Kcal/(kg °C)	• Cantidad de calor necesaria para cambiar la temperatura de 1 kg de hormigón en 1 °C
Coefficiente térmico (de dilatación o contracción)	= $1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$	• Usualmente indica un cambio en la longitud de un elemento debido a cambios de temperatura • Tiene un valor muy semejante al del acero $1,2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$

3.12.5. DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

Junto con la resistencia a la compresión del hormigón, la durabilidad juega un papel importante, ya que éste debe ser capaz de resistir las condiciones para las que fue diseñado durante su vida útil, sin sufrir deterioros. Dentro de las exposiciones a las que es sometido, es posible distinguir externas (efectos ambientales, procesos erosivos, compuestos químicos y otros) e internas (materias orgánicas, reacción álcali - árido, sulfatos y otros).

FACTORES A CONSIDERAR

- A** Durabilidad y permeabilidad
 - A.1. Hormigón de máxima compacidad
- B** Tipos de exposiciones y manera de paliarlas
- C** Mantenimiento y reparación

A Durabilidad y permeabilidad

En términos generales, la durabilidad del hormigón contra los agentes externos aumenta si la permeabilidad disminuye.

Un buen diseño de la mezcla, la elección de materiales adecuados y un buen manejo en terreno, permiten obtener un hormigón o mortero de máxima compacidad, lo que redundará en una disminución notable de la permeabilidad, aumentando de esta forma la durabilidad de los elementos.

El uso de cementos Polpaico favorece la prevención frente a agentes agresivos externos e internos, dadas sus adecuadas composiciones químicas.



A.1. Hormigón de máxima compacidad

Para obtener un hormigón de máxima compacidad se recomienda:

Baja razón agua/cemento (A/C)	Contenido de finos y dosis de cemento	Adecuado manejo en obra
<ul style="list-style-type: none">· Uso de aditivos plastificantes y superplastificantes para obtención de trabajabilidad adecuada para el uso en obra del hormigón.· Limitar la razón A/C de acuerdo a tipo de elemento y sus condiciones de exposición (Ref. ACI 318 y NCh170).	<ul style="list-style-type: none">· Uso de contenido adecuado de granos finos incluidos los aportados por el cemento, para lograr un buen relleno del esqueleto de los áridos del hormigón.· Respetar dosis mínima de cemento (Ref.NCh170).	<ul style="list-style-type: none">· Prevenir la segregación· Adecuada colocación y compactación (hormigón no poroso y sin nidos).· Buenas prácticas de terminación superficial (evitar fisuras y grietas).· Adecuado curado· Reducción al mínimo de las juntas de hormigonado y provisión de adecuadas juntas de contracción.· Tratarlas ambas en forma correcta.· Las juntas constituyen una puerta típica para el deterioro a causa de su debilidad frente a los agentes externos.· Toman preponderancia en hormigones armados a causa de la corrosión de las armaduras.· Uso de un mínimo de asentamiento de cono que permita realizar adecuadamente las operaciones de colocación y compactación del hormigón (se recomienda el uso de aditivos plastificantes y superplastificantes para aumentar el cono).

OBSERVACIÓN:

Se puede disminuir la permeabilidad de un hormigón o mortero mediante la incorporación de aditivos especialmente formulados para estos efectos. Su eficacia depende de un adecuado manejo en terreno del hormigón (o mortero) y de la selección de los materiales óptimos definidos en teoría, lo que se logra con una rigurosa supervisión. Se recomienda, para impermeabilizar las estructuras, la adopción en forma conjunta de impermeabilización superficial y el uso de hidrófugos para la masa de hormigón.

B Tipos de exposiciones y manera de paliarlas

EXPOSICIONES A AGENTES FÍSICOS

		EFECTOS AMBIENTALES		PROCESOS ABRASIVOS
		VARIACIONES DE TEMPERATURA: CICLOS HIELO DESHIELO	VARIACIONES DE HUMEDAD: CICLOS DE SATURACIÓN SECADO	ABRASIÓN MECÁNICA (DESGASTE) (*)
CARACTERÍSTICAS EN EL HORMIGÓN	Producen una expansión en el hormigón que puede causar desintegración paulatina de éste (ciclos sucesivos).	Sus efectos no son de gran importancia ya que a pesar que producen un efecto degradante en el hormigón, éste es de pequeña magnitud y poco profundo. Sin embargo, a temprana edad, pueden producir grietas en elementos restringidos.	Se produce por un desplazamiento de materiales sólidos sobre la superficie, produciendo un desprendimiento de las partículas componentes del hormigón, en forma creciente, pudiendo llegar a una disminución del espesor del elemento.	
MANERA DE PALIARLOS	<ul style="list-style-type: none"> - Principalmente incorporando aire (ver capítulo 3. Pto.3.1.4. - Aditivos y adiciones). - Utilizando áridos poco absorbentes. - Razón agua/cemento baja. - Buena compactación del hormigón. - Buen curado. 	Aplicación de protecciones superficiales impermeables, tales como pinturas.	Aumentando la dureza superficial <ul style="list-style-type: none"> · Hormigón de buena calidad: Adecuado manejo en terreno según las recomendaciones de tecnología del hormigón, principalmente buen curado y buena ejecución de terminación superficial. · Áridos duros y el mínimo de finos · Aplicación de tratamientos sobre la superficie (protecciones superficiales). (*) La resistencia al desgaste es directamente proporcional a la resistencia a la compresión del hormigón.	

EXPOSICIONES A AGENTES QUÍMICOS

		AGENTES INTERNOS		AGENTES EXTERNOS
		MATERIA ORGÁNICA	COMPUESTOS REACTIVOS	COMPUESTOS QUÍMICOS (*)
CARACTERÍSTICAS EN EL HORMIGÓN	Retarda el fraguado (por ende disminución de resistencias iniciales)	- Son potencialmente más peligrosos los componentes reactivos de los áridos que contienen sílice amorfa, que reaccionan con los álcalis del cemento, produciendo un gel expansivo que destruye al hormigón (reacción alcali-árido). - Áridos con sulfatos.	Ácidos, soluciones de sales y álcalis, etc., dependiendo de su tipo pueden llegar a producir efectos importantes en el hormigón. Entre otros de éste tipo se tienen: Ácido clorhídrico, nítrico, láctico, nitrato de amonio, sulfatos, cloruros y otros.	
MANERA DE PALIARLOS	Determinar y eliminar la materia orgánica (generalmente mediante un lavado con agua).	- Elegir áridos no reactivos - Usar cementos con contenidos de álcalis < 0,6% y bajos contenidos de C ₃ A como en el caso de los cementos Polpaico.	- Protección en la superficie de contacto	

(*) Para mayores antecedentes, referirse a RedTécnica de Cemento Polpaico S.A.



Ⓒ **Mantenimiento y reparación**

Para que el hormigón sea capaz de mantener su funcionalidad durante su vida útil, es imprescindible llevar a efecto un programa de mantenimiento y reparación de los elementos. Fallas pequeñas, tales como fisuras o grietas, si no son reparadas, podrían llegar hasta comprometer la estabilidad de las estructuras por debilitamiento de la masa del hormigón y/o corrosión de las armaduras.

Debido al amplio espectro de situaciones que se pueden originar, a continuación se darán ciertas pautas a seguir:

1° Realizar una inspección minuciosa de los distintos elementos, como prosigue:

TIPO DE INSPECCIÓN	CARACTERÍSTICAS
EXÁMEN VISUAL	<p>El exámen visual sirve para obtener una orientación rápida sobre el estado general del hormigón, con respecto a daños que están a la vista. Del exámen visual se registran magnitud y extensión de los daños. A título orientativo se indicarán algunas pautas a considerar:</p> <p>Fisuras y grietas: Su localización, orientación, ancho y profundidad, sirven para determinar posibles causas de fallas.</p> <p>Manchas de óxido: Es una señal de corrosión de las armaduras</p> <p>Espesor de recubrimiento (si corresponde): En aquellas zonas donde la armadura oxidada ha destruido al hormigón, se puede medir con facilidad el espesor del recubrimiento, determinando si éste es adecuado o no para las condiciones imperantes</p> <p>Desgaste superficial: Falla típica de pisos industriales, originada por el tránsito de equipos y elementos. Su efecto se observa con una exposición de los áridos del hormigón en la superficie, los cuales se van desprendiendo a medida que el desgaste progresa, pudiendo llegar a comprometer espesores importantes</p> <p>Erosión por agentes químicos externos: Los agentes agresivos normalmente atacan al cemento produciendo una disolución de los materiales cementicios. Esto se observa con la exposición de los áridos en la superficie</p> <p>Eflorescencias: Depósito de sales en la superficie del hormigón. Deben ser eliminadas ya que su permanencia produce efectos nocivos</p> <p>Manchas de humedad (y/o filtraciones de agua): Las zonas más críticas son todos los sellos de pasadas de ductos, encuentros en general, como cubierta - muro, muros con puertas y ventanas y otros, traslajos y pendientes de elementos de la cubierta, sistemas de desagüe, pasadas de cañerías y otros.</p>
EXÁMEN ACÚSTICO	<p>El exámen acústico es un ensayo que sirve para evaluar las zonas desconchadas o huecas (sopladuras).</p>

2° Antes de proceder a proteger o reparar las alteraciones que se hayan producido en los elementos, es preciso conocer las causas que han originado su deterioro o falla y los factores que han influido en su propagación. Determinar además si las causas del daño están activas o no.

NOTA: Una forma práctica de verificar si una fisura o grieta está en movimiento es colocando yeso en ésta y verificando si éste se fisura o no.

3° Si los daños son del tipo estructural, tal como insuficiencia de armadura, baja calidad del hormigón, daños por sobrecargas no previstas y otros, será necesario la evaluación por parte de un proyectista y la supervisión de los trabajos por profesionales calificados.

4° Identificado el problema se procede a la reparación. Para la reparación propiamente tal se deben considerar los siguientes aspectos:

a) Preparación de la base:

La efectividad de una reparación está íntimamente condicionada a una adecuada preparación de la base. Esta deberá estar libre de polvo, partículas sueltas, grasas, aceite, membranas de curado u otras materias que impidan una buena adherencia. Su textura deberá ser además rugosa, y no deberá presentar bordes o esquinas del hormigón quebrados. Referirse a capítulo 3, pto. 3.5.1. - Preparación previa a la colocación.

b) Selección del sistema de reparación:

Las características más relevantes que se deben tener en cuenta para la selección del sistema de reparación son las siguientes:

- Espesor y área del material a aplicar.
- Resistencia mecánica requerida y temperatura máxima ambiental a que va a exponerse.
- Agresividad química a que ha de someterse.
- Condiciones de temperatura y humedad, tanto ambiental como de la base, durante el proceso de reparación.
- Tiempo disponible para que la reparación pueda llevarse a cabo. (Tiempo de puesta en servicio).
- Costo de los diferentes sistemas de reparación.

OBSERVACIONES:

La reparación de fisuras y grietas se realiza normalmente con inyecciones de productos de origen epóxico.

Para recuperar el volumen de hormigón se debe tener en cuenta que se deben usar materiales de una calidad igual o superior a la del hormigón base o primitivo. Se pueden optar básicamente por tres tipos de morteros de reparación:

- Morteros hidráulicos (morteros de cemento)
- Morteros hidráulicos poliméricos (morteros cementicios modificados con resinas): Mayor adherencia sobre la superficie a reparar, menor permeabilidad al agua y CO₂ y mayor resistencia a la tracción y flexotracción.
- Morteros epóxicos: Bajos espesores de aplicación, elevadas resistencias mecánicas, resistencia a la mayoría de los agentes químicos externos, gran impermeabilidad, muy



rápida puesta en servicio, mayor adherencia, mayor durabilidad y mayor costo directo a corto plazo. (Comparativamente con otros materiales los productos epóxicos tienen a mediano-largo plazo un costo menor, debido a la mayor durabilidad y menor mantención de los mismos).

c) Colocación de los productos de reparación:

La colocación de los productos de reparación debe realizarse estrictamente de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes y/o a las recomendaciones que la tecnología del hormigón indica.