



RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



CONCRETO:
Paradigmas en la Industria de la Construcción

José Alvarez Cangahuala
UNICON
Perú

Paradigma 1 *Es permitido añadir agua a la mezcla...*



Paradigma 1 *Es permitido añadir agua a la mezcla...*



No tener un producto idóneo



No tener un producto idóneo y/o un inadecuado control durante la colocación (planificación)



*No tener un producto idóneo y/o un inadecuado control durante la colocación (planificación)
Finalmente*

Tiempo de mezclado y regulaciones en exceso

Especificaciones Técnicas del Proyecto

Las condiciones ambientales

Tipo y cantidad de material cementante considerados en el diseño de mezcla

Tiempos de viaje, espera en obra y descarga prolongados

Variabilidad e incremento del material fino en los insumos



No tener un producto idóneo y/o un inadecuado control durante la colocación (planificación)
Existirá el riesgo de “recuperar” la trabajabilidad mayormente con agua...



+

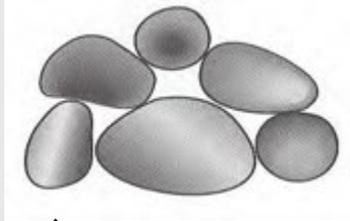


=

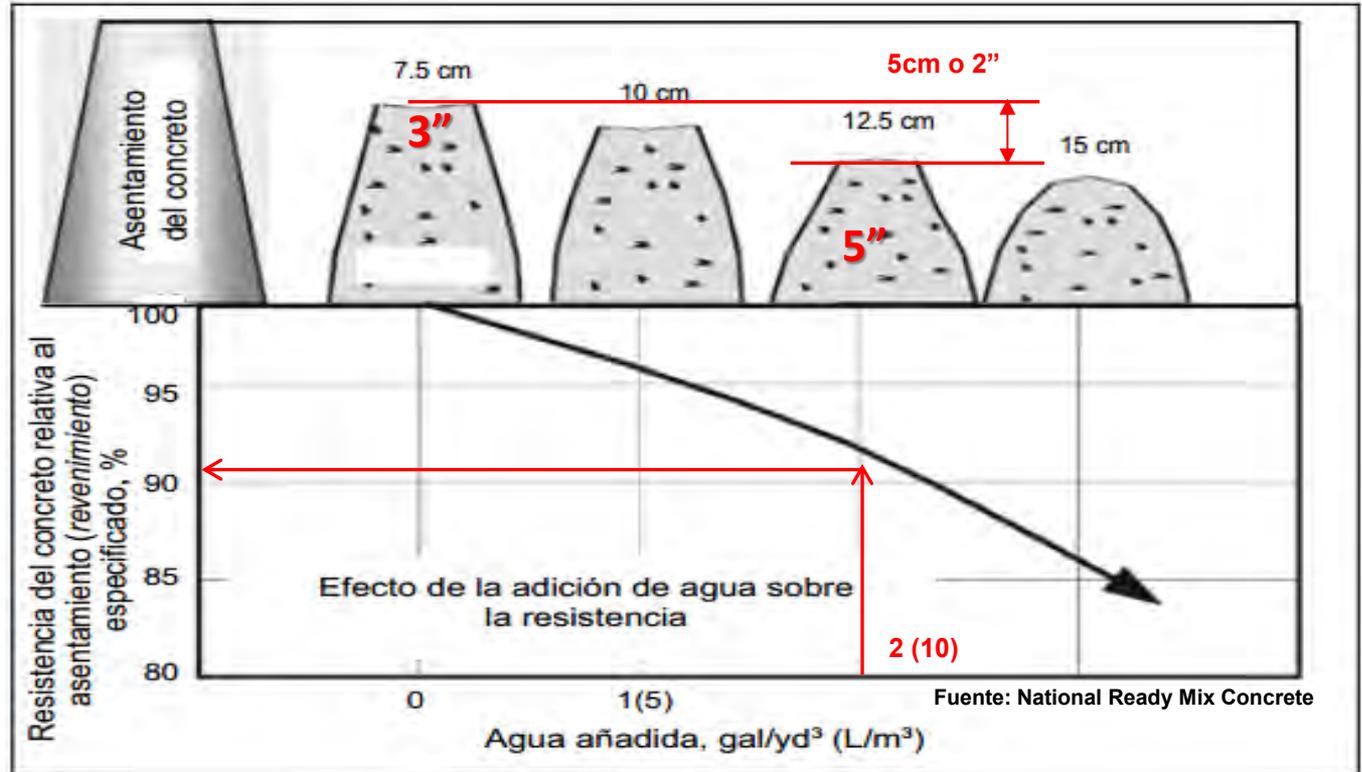


Lo que conlleva a problemas potenciales como:

a. segregación



a. segregación
 b. resistencia

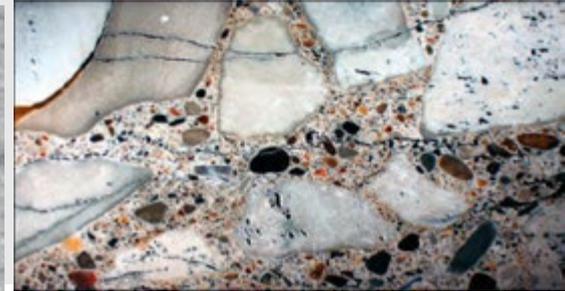
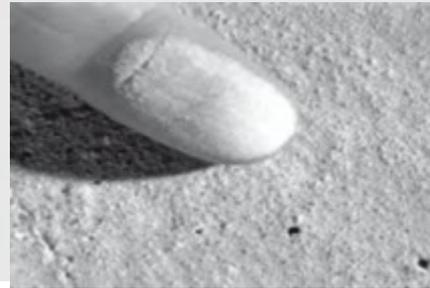


Para incrementar el asentamiento en 2" (5cm) → 10 L/m³ → reduce aprox 10% f'c

- a. *segregación*
- b. *resistencia*
- c. *durabilidad*

Definición según ACI:

“La habilidad del concreto para resistir la acción del intemperismo, ataques químicos, abrasión, o cualquier otro tipo de deterioro”



- a. segregación
- b. resistencia
- c. durabilidad
- d. **Cangrejas**



Existen Especificaciones Técnicas que no se ajustan a la realidad



- Especificaciones Técnicas de Estructuras

- La relación agua - cemento no será mayor que 0.45.
- El diseño de mezcla para cada tipo de concreto deberá garantizar que:
- Se logre la trabajabilidad y consistencia que permitan que el concreto sea colocado fácilmente en los encofrados y alrededor del acero de refuerzo, sin segregación o exudación excesiva.
- Se cumpla con los requisitos especificados para la resistencia en compresión u otras propiedades.
- Se logre resistencia a las condiciones especiales de exposición a que pueda estar sometido el concreto
- Las proporciones de la mezcla no serán alteradas, salvo con el consentimiento escrito de la Supervisión.
- El asentamiento o Slump, según la norma ASTM C 143, estará en el rango entre 1" y 4". Se recomienda usar los mayores asentamientos para los muros delgados y para concreto expuesto. Las porciones superiores de muros deberán ser llenadas con concreto de asentamiento igual al mínimo permisible.

Especificaciones Técnicas de Estructuras

Mezcla: Lo indicado en el ítem 5.8 de la Norma Técnica prevalece sobre lo que se indica a continuación. Todo concreto será fabricado a máquina, para lo que se contará con una betonera revisada y aprobada por la Inspección Técnica de Obra. La mezcladora estará equipada con tolva de carga, tanque de almacenamiento de agua (tambor), dispositivo para medir agua en volumen (balde graduado), y deberá ser capaz de mezclar totalmente los agregados, revolviendo la mezcla por lo menos 1.5 minutos para cargas de 1.5 [m³] o menos, aumentándose en 20 segundos por cada [m³] o fracción adicional. El tiempo de revoltura óptimo se determinará experimentalmente en terreno al inicio de los trabajos y para cada dosificación. Tanto el tanque de almacenamiento de agua, como el dispositivo para medirla, podrán ser de factura artesanal, debiendo asegurar un control adecuado de la cantidad y calidad del agua, lo que será verificado y aprobado por la Inspección Técnica de Obra.

Se controlará la cantidad de agua de amasado y la uniformidad en la consistencia del concreto mediante un cono de Abrams, debiendo los asentamientos ser inferiores a 6 [cm]. En zonas de armadura densa podrá emplearse un cono entre 7 y 9 [cm], previo ajuste de la dosificación y según instrucciones de la Inspección Técnica de Obra. Se empleará alternativamente concreto preparado en planta y transportado por camiones hormigoneras, debiendo éstos cumplir los requerimientos de ASTM C 94-74a. Si un envío en particular pierde más de 2 [cm] de asentamiento, se rechazará el sistema de transporte utilizado. La mezcla deberá cumplir con las prescripciones de la norma E.060.

Especificaciones Técnicas de Estructuras

2.3 MEZCLADO DE HORMIGÓN

El tipo de hormigón se encuentra especificado en los planos y será de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ para todos los elementos estructurales, $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$ para los contrapisos, y $f'c = 70 \text{ kg/cm}^2$ para los replantillos de hormigón simple.

Las proporciones para la mezcla se sujetarán a las indicaciones mencionadas y deberán ser producto de ensayos realizados en laboratorio especializados.

La cantidad mínima de cemento por m^3 de hormigón será de 300 kg.

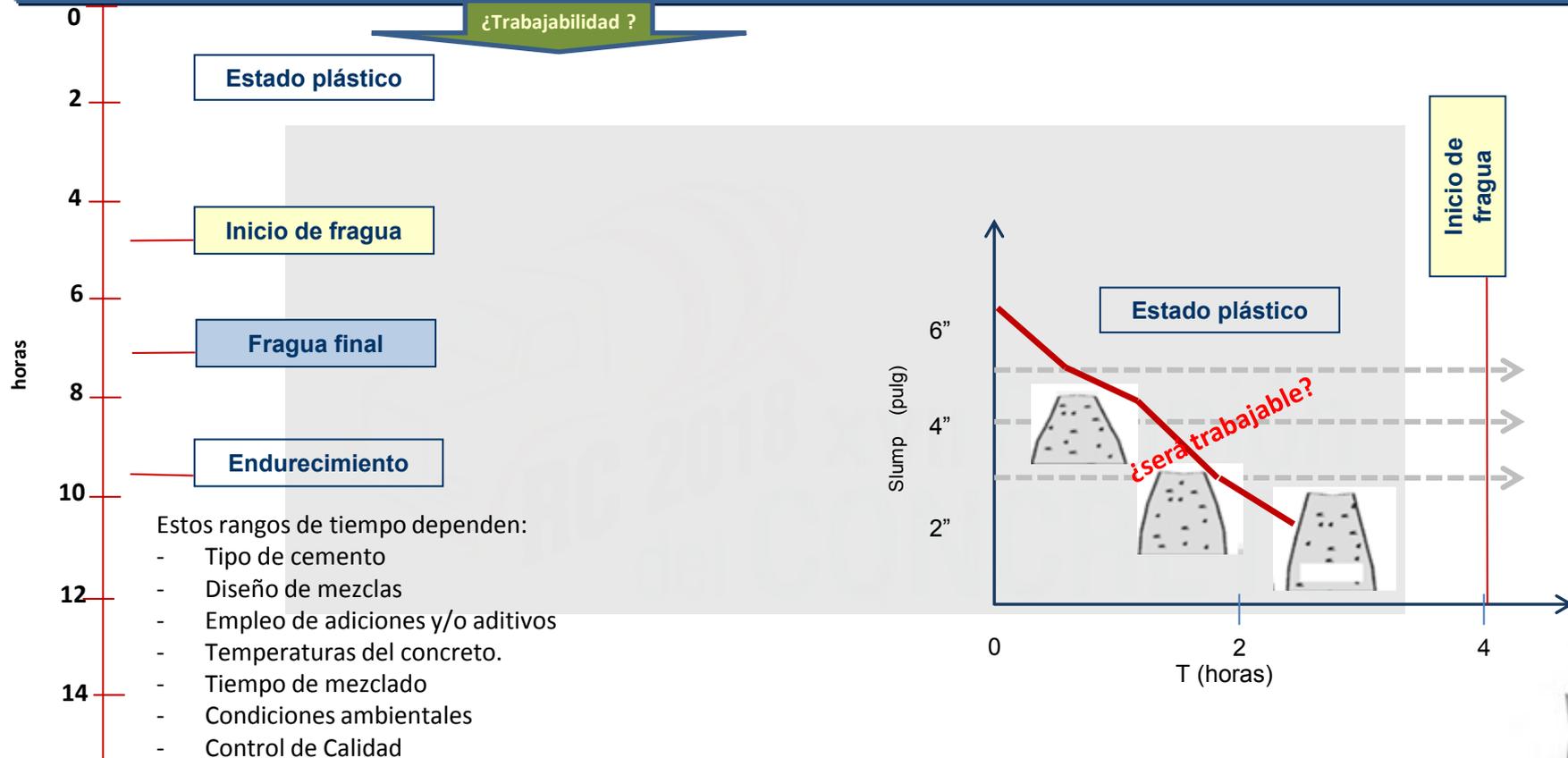
La consistencia será uniforme. El asentamiento dependerá del diseño de hormigón, o en todo caso los límites permisibles varían entre 2.5 cm y 7.5 cm.

Especificaciones Técnicas de Estructuras

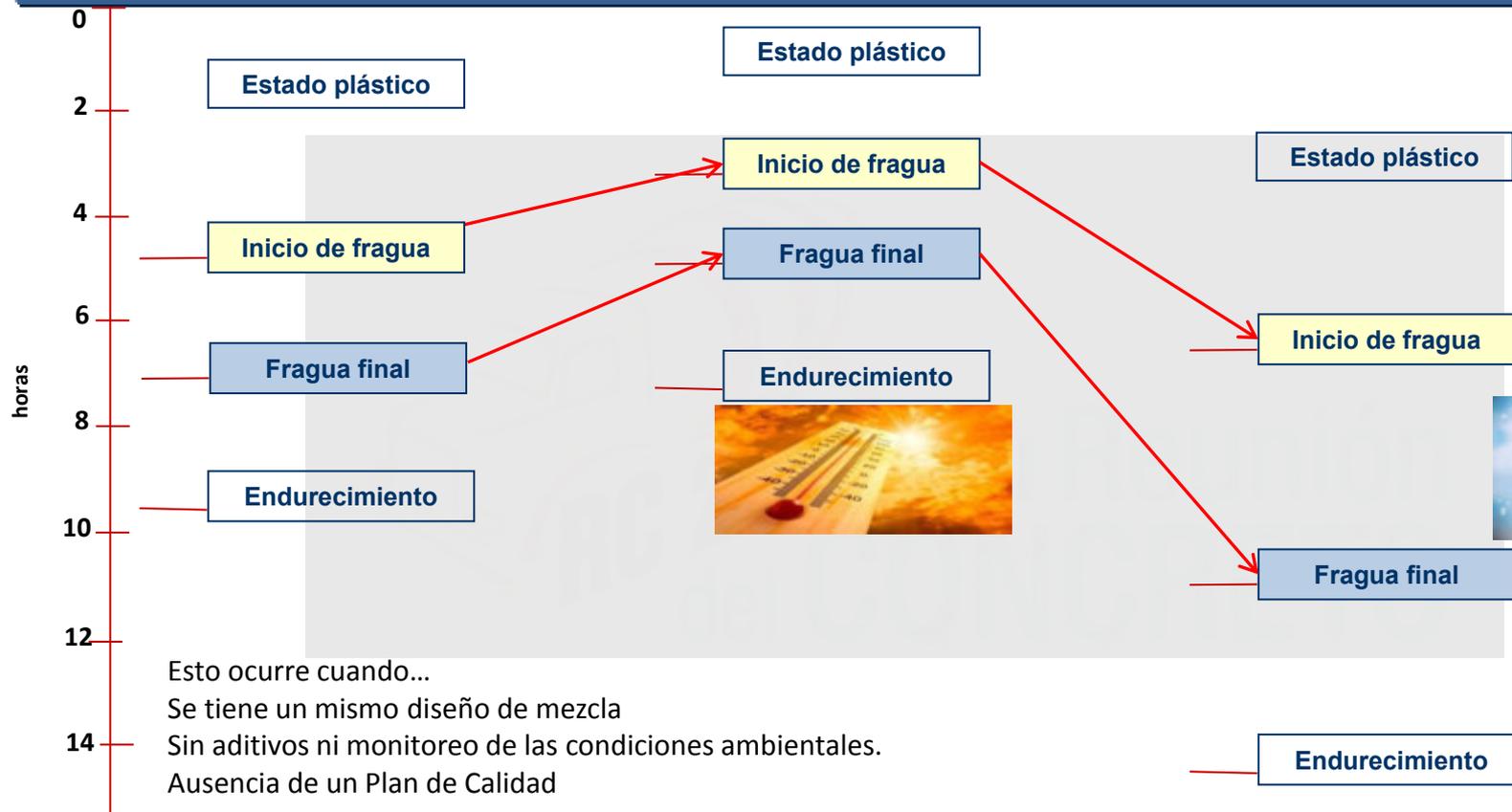
Requerimientos de Construcción:

Tipo de Construcción	Asentamiento	
	Máximo	Mínimo
Zapata y Muro de cimentación armada	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones, y sub-estructuras de muros	3"	1"
Viga y Muro Armado	4"	1"
Columna de edificios	4"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Mecanismos de hidratación



Mecanismos de hidratación



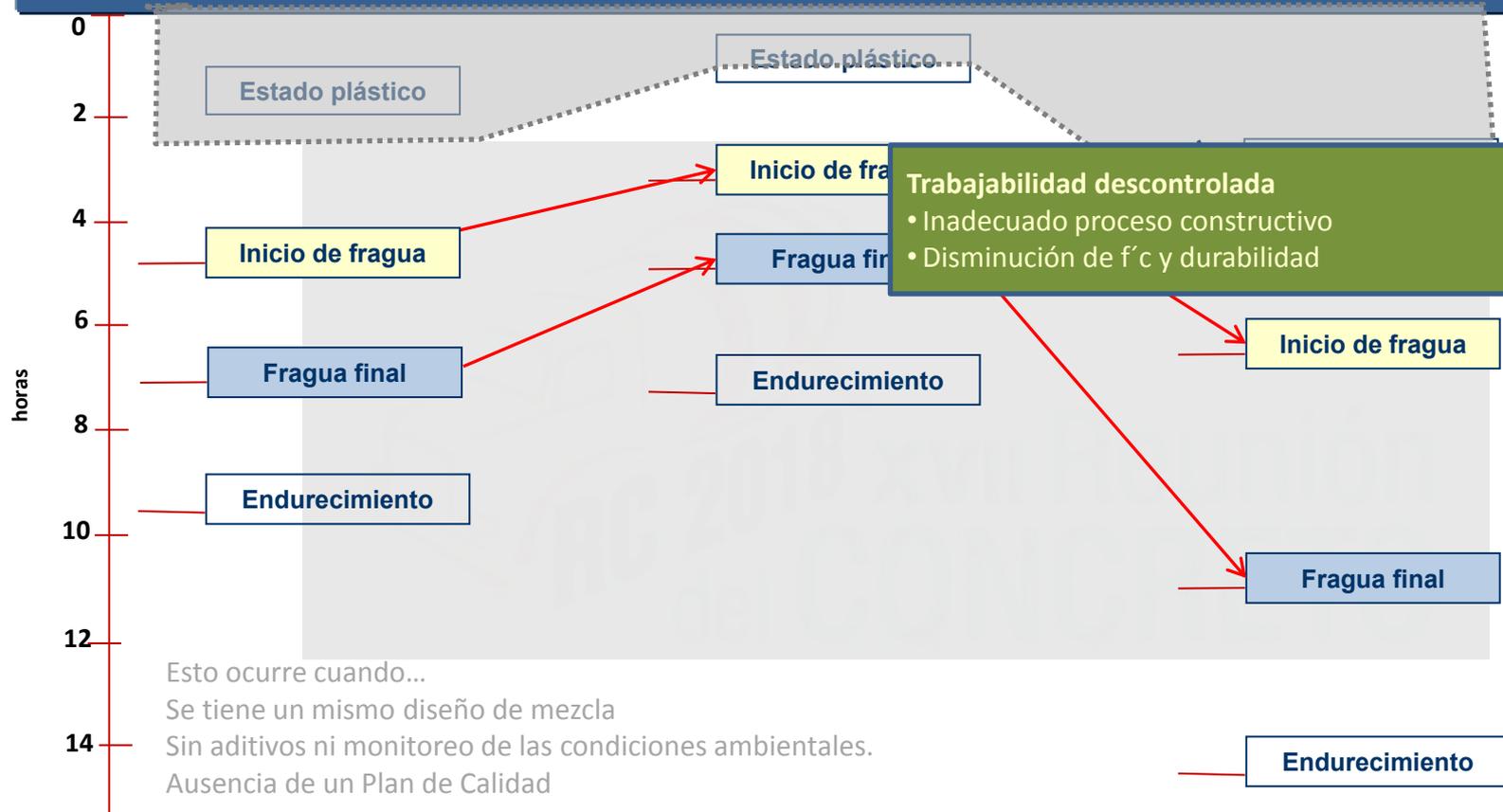
Esto ocurre cuando...

Se tiene un mismo diseño de mezcla

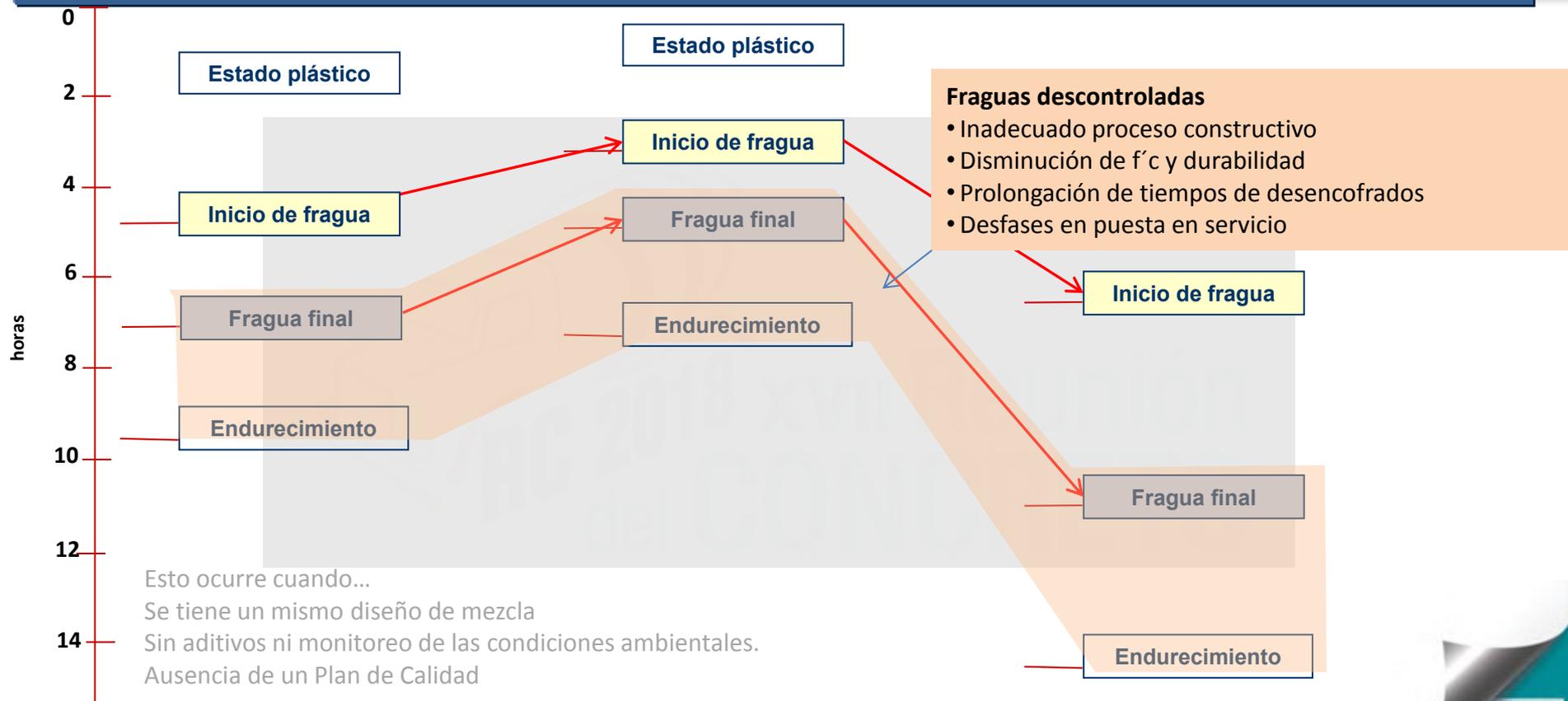
Sin aditivos ni monitoreo de las condiciones ambientales.

Ausencia de un Plan de Calidad

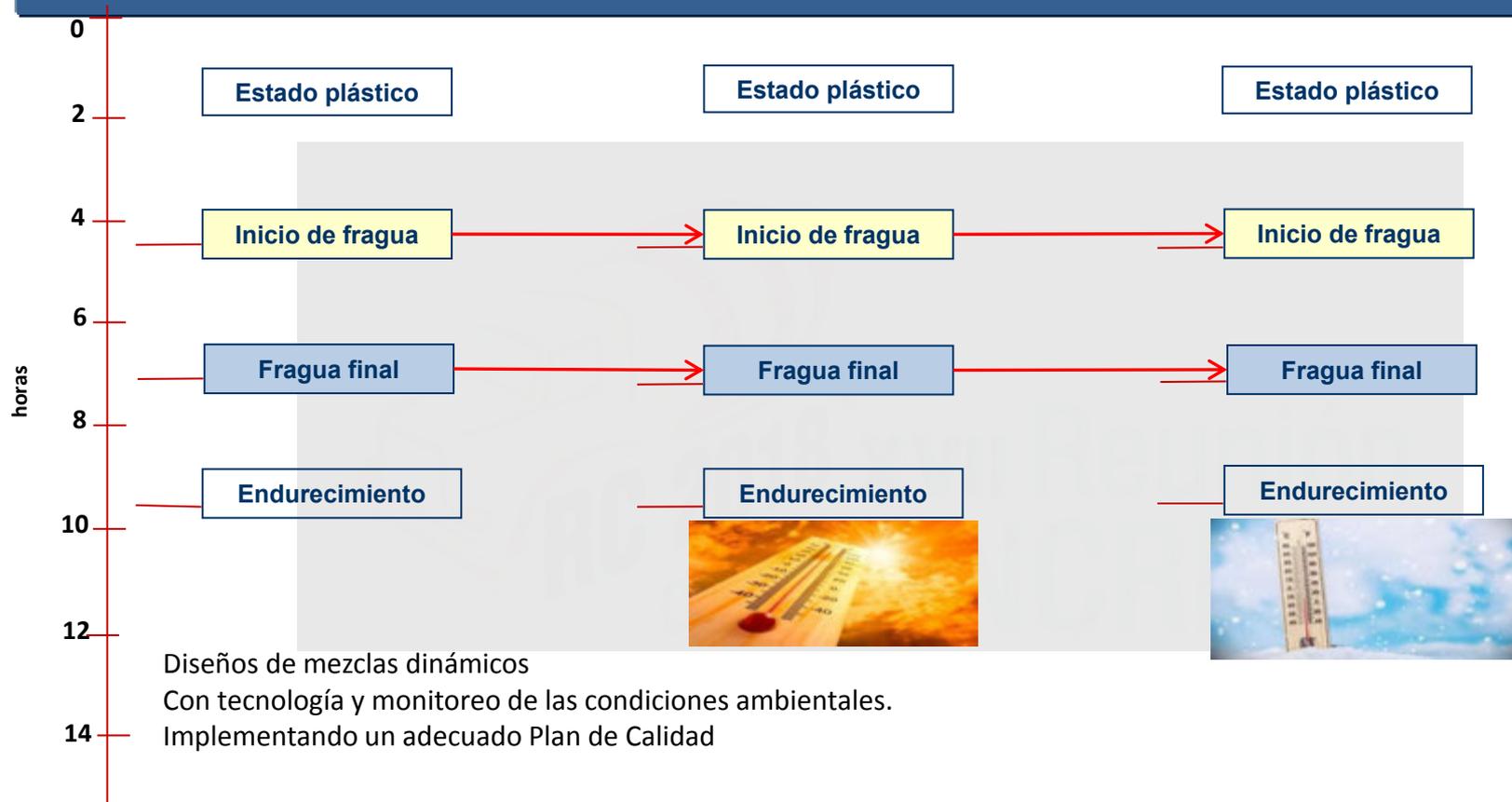
Mecanismos de hidratación



Mecanismos de hidratación



Mecanismos de hidratación



Mantensores / Retardantes / Plastificantes



¿Qué nos dicen las normativas?

El ACI 304R "Guía Para la Medición, el Mezclado, el transporte y la colocación del Concreto", establece:

"Si toda el agua permitida por la especificación o por las proporciones de mezcla apropiadas no ha sido agregada al comienzo del mezclado, puede ser permisible. agregar el resto del agua permitida en el punto de entrega .

El ASTM C94-16 nos dice:

"Si el comprador lo permite, se puede agregar agua durante el transporte al lugar de trabajo. Esta agua adicional deberá ser inyectada en el mixer bajo una presión y dirección del flujo que permita una distribución apropiada dentro de la mezcladora. El contenido de agua del carguío no deberá exceder el establecido por las proporciones del diseño de mezcla. Si se agrega agua, se debe girar la mezcladora 30 revoluciones adicionales, o más si fuera necesario, a la velocidad de mezclado para asegurar que se obtenga una mezcla homogénea. Dicha mezcla tendrá lugar después de la última adición de agua pero antes del inicio de la descarga."

Conclusiones / Recomendaciones

Buscando la fluidez



Agua



Aditivos

Conclusiones / Recomendaciones



Paradigma 2 *Limitar la temperatura máxima de 32°C en el concreto en estado fresco*



¿Qué dice nuestro Reglamento?

5.10.5 Una vez iniciada la colocación del concreto, ésta debe ser efectuada en una operación continua hasta que se termine el llenado del tramo o paño, definido por sus límites o juntas predeterminadas, de acuerdo con lo indicado en 6.4.

5.10.6 Cuando se necesiten juntas de construcción, éstas deben hacerse de acuerdo con 6.4.

5.10.7 Todo concreto debe ser compactado cuidadosamente por medios adecuados durante la colocación y debe ser acomodado por completo alrededor del refuerzo y de los elementos embebidos y en las esquinas del encofrado. Los vibradores no deberán usarse para desplazar lateralmente el concreto en los encofrados.

5.11 PROTECCIÓN Y CURADO

5.11.1 A menos que se empleen métodos de protección adecuados autorizados por la Supervisión, el concreto no deberá ser colocado durante lluvias, nevadas o granizadas. No se permitirá que el agua de lluvia incremente el agua de mezclado o dañe el acabado superficial del concreto.

5.11.2 La temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías. Además, no deberá ser mayor de 32° C.

5.11.3 Cuando la temperatura interna del concreto durante el proceso de hidratación exceda el valor de 32° C, deberán tomarse medidas para proteger al concreto, las mismas que deberán ser aprobadas por la Supervisión.

CIÓN

O

Especificando temperatura máxima... ¿de donde proviene el límite superior?

La norma de Concreto Premezclado ASTM C94

El concreto entregado **en clima frío** → deberá tener la temperatura mínima aplicable.

The maximum temperature of concrete produced with heated aggregates, heated water, or both, shall at no time during its production or transportation exceed 90 °F [32 °C].

La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua calentada, o ambos, no deberán exceder en ningún momento los 32°C durante su producción o transporte.

avoided. Each sample shall be remixed the minimum amount to ensure uniformity before specimens are molded for a particular test.

12.6 When a truck mixer or truck agitator is used for transporting concrete that has been completely mixed in a stationary mixer, any turning during transportation shall be at the speed designated by the manufacturer of the equipment as agitating speed.

12.7 For truck mixers satisfying the requirements of 12.5 for mixing concrete, no water from the truck water system or elsewhere shall be added after the initial introduction of mixing water for the batch except when on arrival at the job site the slump or slump flow of the concrete is less than that specified, and except as permitted separately in 12.9. If the desired slump or slump flow is less than specified, and unless otherwise stated, obtain the desired slump or slump flow within the tolerances stated in 7.1.1, 7.1.2, or 7.1.3 with a one-time addition of water. Do not exceed the maximum water content for the batch as established by the designed mixture proportion. A one-time addition of water is not prohibited from being several distinct additions of water provided that no concrete has been discharged except for slump or slump flow testing. All water additions shall be completed within 15 min from the start of the first water addition. Such additional water shall be injected into the mixer under such pressure and direction of flow to allow for proper distribution within the mixer. The drum shall be turned an additional 30 revolutions, or more if necessary, at mixing speed to ensure that a homogeneous mixture is attained. Water shall not be added to the batch at any later time.

12.8 When a drum revolution limit (6.1.9) for start of discharge is specified by the purchaser, this limit shall govern.

NOTE 20—Depending on the project requirements the technology is available to the manufacturer to alter fresh concrete properties such as setting time, slump or slump flow, air content, etc.). On some projects the manufacturer may request changes to certain fresh concrete properties due to the distance or projected transportation time between the batch plant and the point of delivery.

12.9 For truck mixers with automated water measurement and slump or slump flow monitoring equipment defined in 12.9.1 and if permitted by the purchaser, water may be added at such additional water shall be injected into the mixer under such pressure and direction of flow to allow for proper distribution within the mixer. The drum shall be turned an additional 30 revolutions, or more if necessary, at mixing speed to ensure that a homogeneous mixture is attained. Water shall not be added to the batch at any later time. The acceptance or rejection of concrete based on slump or slump flow shall be based on the slump or slump flow measured at the time of discharge. The maximum temperature of concrete produced with heated aggregates, heated water, or both, shall at no time during its production or transportation exceed 90 °F [32 °C].

12.10 Discharge of the concrete shall be completed within 1 1/2 h after the introduction of the mixing water to the cement and aggregates or the introduction of the cement to the aggregates. This limitation is not prohibited from being waived by the purchaser if the concrete is of such slump or slump flow after the 1 1/2-h time has been reached that it can be placed, without the addition of water, to the batch. In hot weather, or under conditions contributing to rapid stiffening of the concrete, a time less than 1 1/2 h is permitted to be specified by the purchaser.

measurement equipment shall report in terms of slump or slump flow. The device for the measurement of water added to the truck mixer shall be accurate to ±3 % of the amount added with said device. Upon request by the purchaser, the manufacturer shall submit data no older than 6 months substantiating the accuracy of the device for the measurement of water added. The equipment shall have controls to prevent discharge of water at pre-set limits to avoid exceeding the maximum water content for the batch as established by the designed mixture proportions.

12.10 Discharge of the concrete shall be completed within 1 1/2 h after the introduction of the mixing water to the cement and aggregates or the introduction of the cement to the aggregates. This limitation is not prohibited from being waived by the purchaser if the concrete is of such slump or slump flow after the 1 1/2-h time has been reached that it can be placed, without the addition of water, to the batch. In hot weather, or under conditions contributing to rapid stiffening of the concrete, a time less than 1 1/2 h is permitted to be specified by the purchaser.

12.11 Concrete delivered in cold weather shall have the applicable minimum temperature indicated in the following table. (The purchaser shall inform the producer as to the type of construction for which the concrete is intended.)

Section Size, mm [in.]	Temperature, min. °C [°F]
<300 [<12]	13 [55]
300–900 [12–36]	10 [50]
900–1800 [36–72]	7 [45]
≥1800 [72]	5 [40]

The maximum temperature of concrete produced with heated aggregates, heated water, or both, shall at no time during its production or transportation exceed 32 °C [90 °F].

NOTE 21—When hot water is used rapid stiffening may occur if hot water is brought in direct contact with the cement. Additional information on cold weather concreting is contained in ACI 306R.

12.12 The producer shall deliver the ready mixed concrete during hot weather at concrete temperatures as low as practicable, subject to the approval of the purchaser.

NOTE 22—In some situations difficulty may be encountered when concrete temperatures approach 32 °C [90 °F]. Additional information may be found in ACI 305R.

13. Use of Nonagitating Equipment

13.1 When the use of non-agitating transportation equipment is approved by the purchaser, the concrete shall be manufactured in a central mix plant. The proportions of the concrete shall be approved by the purchaser and the following limitations shall apply:

13.2 Bodies of nonagitating equipment shall be smooth, watertight, metal containers equipped with gates that will permit control of the discharge of the concrete. Covers shall be provided for protection against the weather when required by the purchaser.

13.3 The concrete shall be delivered to the site of the work in a thoroughly mixed and uniform mass and discharged with a satisfactory degree of uniformity as prescribed in Annex A1.

Especificando temperatura máxima... ¿de donde proviene el límite superior?

La norma de Concreto Premezclado NTP 339-114

la obra es menor que el especificado. Si el asentamiento o flujo de asentamiento es menor que el especificado y salvo que se especifique de otra forma, se obtiene el asentamiento o flujo de asentamiento deseado dentro de las tolerancias indicadas en el capítulo 8.1.1, 8.1.2 ó 8.1.3, con una adición única de agua. No se debe exceder el contenido máximo de agua por mezcla, conforme se ha establecido en el diseño de mezcla. No está prohibida la adición única de agua mientras que no se haya descargado el concreto, a excepción de lo requerido para el ensayo de asentamiento o flujo de asentamiento. Todas las adiciones de agua se deben completar dentro de los 15 min desde el inicio de la primera adición de agua.

El agua adicional para conseguir el asentamiento o el flujo de asentamiento dentro de los límites requeridos, se debe inyectar dentro del camión mezclador bajo una presión y dirección de flujo que permita la distribución apropiada dentro del mezclador. El tambor o las paletas se deberán girar 30 revoluciones adicionales o más, si es necesario, a la

13.8 El concreto entregado en clima frío debe tener la temperatura mínima que se indica en la Tabla 5. (El comprador informará al fabricante sobre el tipo de construcción para la cual se requiere el concreto).

gar que la uniformidad del concreto se encuentre dentro de lo que se debe agregar agua a la mezcla en ningún momento. La completarse en un plazo de 1,5 h o antes de que el tambor lo que ocurra primero, a partir de la introducción del agua los agregados o la introducción del cemento a los agregados. ser obviadas por el comprador si el concreto tiene un

asentamiento o un flujo de asentamiento tal que, después de 1,5 h o después de que se haya alcanzado el límite de 300 revoluciones, pueda ser colocado sin la adición de agua a la mezcla. En clima cálido o bajo condiciones que contribuyan al rápido endurecimiento del concreto, está permitido que el comprador pueda especificar un tiempo menor de 1,5 h.

13.8 El concreto entregado en clima frío debe tener la temperatura mínima que se indica en la Tabla 5. (El comprador informará al fabricante sobre el tipo de construcción para la cual se requiere el concreto).

La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no debe exceder de 32 °C en ningún instante durante su producción o transporte.

ser colocado	
temperatura mínima °C	
300-900	13
900-1 800	10
>1 800	7
	5

La máxima temperatura del concreto producido con agregados calentados, agua caliente, o ambos, no debe exceder de 32 °C en ningún instante durante su producción o transporte.

Pero, ¿Qué efectos ocurren en el concreto cuando la temperatura es elevada?

En estado fresco:

- ✓ Mayor velocidad de asentamiento.
- ✓ Mayor requerimiento de agua.
- ✓ Tendencia a la segregación.
- ✓ Mayor velocidad de fraguado.
- ✓ Dificultad en el manejo del vaciado, compactación y acabado.
- ✓ Mayor probabilidad de presencia de fisuras por contracción plástica.
- ✓ Necesidad de curado temprano.

Aditivos Plastificantes y Retardantes

- Retención prolongada de asentamiento
- Tiempos de fraguado controlados
- Mejor trabajabilidad en el tiempo.
- Flexibilidad en la programación de las operaciones de colocado y acabado.



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

5.10.5 Una vez iniciada la colocación del concreto, ésta debe ser continua hasta que se termine el llenado del tramo o paños predeterminados, de acuerdo con lo indicado en 6.4.

5.10.6 Cuando se necesiten juntas de construcción, éstas deben hacerse

5.10.7 Todo concreto debe ser compactado cuidadosamente por medios adecuados en la colocación y debe ser acomodado por completo alrededor del refuerzo y de los alambres embebidos y en las esquinas del encofrado. Los vibradores no deberán usarse para desplazar lateralmente el concreto en los encofrados.

5.11 PROTECCIÓN Y CURADO

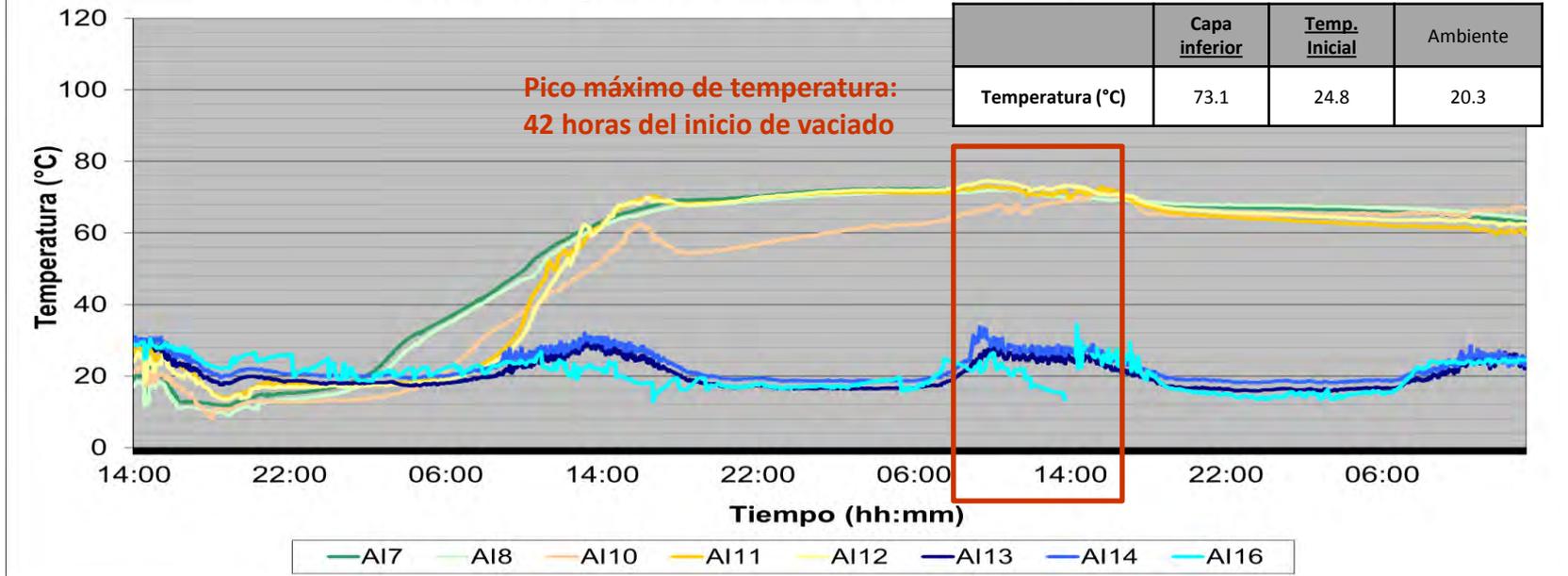
5.11.1 A menos que se empleen métodos de protección adecuados autorizados por la Supervisión, el concreto no deberá ser colocado durante lluvias, nevadas o granizadas. No se permitirá que el agua de lluvia incremente el agua de mezclado o dañe el acabado superficial del concreto.

5.11.2 La temperatura del concreto al ser colocado no deberá ser tan alta como para causar dificultades debidas a pérdida de asentamiento, fragua instantánea o juntas frías. Además no deberá ser mayor de 32° C.

5.11.3 Cuando la temperatura interna del concreto durante el proceso de hidratación exceda el valor de 32° C, deberán tomarse medidas para proteger al concreto, las mismas que deberán ser aprobadas por la Supervisión.

- Aditivos Plastificantes y Retardantes
- Retención prolongada de asentamiento
- Tiempos de fraguado controlados
- Mejor trabajabilidad en la programación de las operaciones de colocado y acabado.
- Flexibilidad

Medición de Incremento de Temperatura en Maqueta – Concreto con Hielo



El estudio termodinámico permitirá definir la temperatura inicial del concreto en estado fresco

Configuración de Termocuplas, Calibración de Equipos y Vaciado de Elemento



Termocuplas Tipo K

Registrador de temperaturas VR-18



Colocación, armado y calibración del registrador de temperatura.



VR18	Tiempo real						Todo					
Alarma	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6	AL7	AL8	AL9	AL10	AL11	AL12
Temperatura	33.2	33.1	32.6	33.1	32.4	31.4						
Humedad	32.5	31.6	31.1	32.4	33.4	34.1						
Velocidad				33.2		32.5						

Vaciado Capa 1- Estatus de temperatura hora: 11:26



VR18	Tiempo real						Todo					
Alarma	AL1	AL2	AL3	AL4	AL5	AL6	AL7	AL8	AL9	AL10	AL11	AL12
Temperatura	31.9	31.6	32.0	33.5	21.9	19.3						
Humedad	17.9	19.8	23.4	25.7	29.0	28.7						
Velocidad				19.3		19.9						

Vaciado Capa 3 - Estatus de temperatura hora: 17:29

También existen otras normativas . . .

REGLAMENTO

26.5.5.1 Información sobre el diseño

(a) Limitaciones de temperatura para el concreto colocado en clima cálido.

26.5.5.2 Requisitos de construcción a cumplir:

(a) Se deben seleccionar los materiales y los métodos de producción del concreto de manera que la temperatura al momento de la entrega cumpla con los límites de temperatura especificados.

(b) El manejo, colocación, protección y los procedimientos de curado deben limitar las temperaturas del concreto o la evaporación de agua, lo cual podría reducir la resistencia, el funcionamiento o la durabilidad del miembro o de la estructura.

26.5.6 Juntas de construcción, contracción y dilatación

26.5.6.1 Información sobre el diseño:

(a) Cuando el diseño lo requiera, la ubicación y detallado de todas las juntas de construcción, contracción y dilatación.

(b) Detalles de la transferencia de cortante y de otras fuerzas a través de las juntas de construcción.

(c) Preparación de la superficie, incluyendo las superficies de concreto endurecido intencionalmente rugosas cuando el concreto se coloca sobre concreto previamente endurecido.

(d) Cuando el cortante se transfiera entre acero laminado y concreto usando pasadores con cabeza o barras de refuerzo soldadas, el acero debe estar limpio y sin pintura.

(e) Preparación de la superficie, incluyendo las superficies intencionalmente rugosas cuando el acabado de piso compuesto se construya en sitio sobre un piso o cubierta prefabricado con la intención de que actúe estructuralmente en conjunto con los miembros prefabricados.

26.5.6.2 Requisitos de construcción a cumplir:

(a) Las ubicaciones y detalles de las juntas que no se especifican o que difieran de las indicadas en los

COMENTARIO

R26.5.5.1(a) ACI 301 y ACI 305.1 limitan la temperatura máxima del concreto a 35°C en el momento de la colocación.

R26.5.6 Juntas de construcción

— Las juntas de la estructura deben ser diseñadas de manera que la integridad de la estructura. Cua ubicación establecida en los documentos debe ser aprobada por el profesional.

Las juntas de construcción u o donde existen el menor debilitamiento de la estructura. El diseño para fuerzas laterales puede ser especial en el diseño de juntas.

R26.5.6.1(b) Donde se requiera, puede usarse llaves de cortante, llaves de cortante intermitentes, pasadores diagonales o cortante por fricción. Cuando en el diseño se invoque el cortante por fricción en una interfaz de unión, de acuerdo con 22.9, se deben incluir los requisitos de construcción aplicables en los documentos de construcción.

R26.5.6.1(c) Las preparaciones mencionadas son aplicables cuando el diseño para fricción por cortante se realiza de acuerdo con 22.9 y para las superficies de contacto de las juntas de construcción en los muros estructurales.

R26.5.1.6(d) Las ubicaciones mencionadas son aquellas en las que el diseño de fricción por cortante cumple con 22.9.

R26.5.6.2(a) Cuando el profesional facultado para diseñar no designa la ubicación específica de las juntas, el constructor

ACI 318-14

COMENTARIO

R26.5.5.1(a) ACI 301 y ACI 305.1 limitan la temperatura máxima del concreto a 35°C en el momento de la colocación.



12. Proceso constructivo para casos especiales

El Contratista deberá seguir las indicaciones del Proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, tales como losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, estructuras hidráulicas (pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos), etc.

13. Limitaciones en la ejecución

Los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico se deberán realizar con luz natural. Sin embargo, el Supervisor podrá autorizar el trabajo en horas nocturnas, siempre y cuando el Contratista garantice el suministro y operación de un equipo de iluminación artificial que resulte adecuado para la realización de dichos trabajos.

El vaciado del concreto no se realizará en presencia de cuando haya precipitaciones pluviales.

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de 30°C, se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores del fraguado.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no podrá ser inferior a 6°C y se prohibirá la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a 0°C o cuando la temperatura ambiente sea inferior a 6°C.

El sellado de juntas en caliente se suspenderá cuando la temperatura ambiente baje de 6°C, salvo autorización del Supervisor, o en caso de precipitaciones pluviales o viento fuerte.

14. Manejo ambiental

Todas las labores requeridas para la construcción del pavimento de concreto hidráulico se realizarán teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del Proyecto y las disposiciones vigentes sobre la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.

Al término de los trabajos de construcción del pavimento de concreto hidráulico, el Contratista deberá limpiar la superficie y retirar todo

M.T.C.

Manual de Carreteras

En zonas calurosas, se deberán extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de 30°C, se deberá contemplar el empleo de aditivos retardadores del fraguado.

the period between first mixing of the concrete and its placement in the form is suggested in Procedures A and B, below, adopted from ACI 223, Section 4.5.2 on shrinkage-compensating concrete. These procedures from ACI 223 were found to produce a rate of slump loss similar to that expected for a 30 to 40 min delivery time.

Procedure A—

1. Prepare the batch using ASTM C 192 procedures, but add 10% additional water over that normally required;
2. Mix initially in accordance with ASTM C 192 (3 min mixing followed by a 3 min rest and 2 min remixing);
3. Determine the slump and record as initial slump;
4. Continue mixing for 15 min;
5. Determine the slump and record as estimated placement slump. Experience has shown this slump correlates with that expected for 30 to 40 min delivery time. If this slump does not meet the specification limits, either discard and repeat the procedure with an appropriate water adjustment or add water to give the required slump and then test the concrete; and
6. Determine other properties of fresh concrete (temperature, air content, unit weight), and mold strength test specimens.

Procedure B—

1. Prepare the batch using ASTM C 192 procedures for the specified slump;
2. Mix in accordance with ASTM C 192 (3 min mixing, 3 min rest, and 2 min remixing) and confirm the slump;
3. Stop the mixer and cover the batch with wet burlap;
4. After 20 min, remix 2 min, adding water to produce the specified slump. The total water (initial water plus the remixing water) can be expected to equal that required at the batch plant to give the required job site slump; and
5. Determine other properties of fresh concrete (temperature, air content, unit weight), and mold-strength test specimens.

2.9.5 As an alternative method, use of full-size production batches may be considered for verification of mixture proportions, provided the expected high temperature levels of the concrete can be attained. This may be the preferred method when using admixtures selected for extended slump retention. It requires careful recording of batch quantities at the plant and of water added for slump adjustment before sampling. Sampling procedures of ASTM C 172 should be strictly observed.

CHAPTER 3—PRODUCTION AND DELIVERY

3.1—General

Production facilities and procedures should be capable of providing the required quality of concrete under hot weather conditions at production rates required by the project. Satisfactory control of production and delivery operations should be assured. Concrete plant and delivery units should be in good operating condition. Intermittent stoppage of deliveries due to equipment breakdown can be much more serious under hot weather conditions than in moderate weather. In hot weather concreting operations, concrete placements may be scheduled at times other than during daylight hours, such as during the coolest part of the morning. Night-time production requires good planning and good lighting.

3.2—Temperature control of concrete

3.2.1 Concrete can be produced in hot weather without maximum limits on placing temperature and will perform satisfactorily if proper precautions are observed in proportioning, production, delivery, placing, and curing. As part of these precautions, an effort should be made to keep the concrete temperature as low as practical. Using the relationships given in Appendix A, it can be shown, for example, that the temperature of concrete of usual proportions can be reduced by 1 F (0.5 C) if any of the following reductions are made in material temperatures:

- 8 F (4 C) reduction in cement temperature;
- 4 F (2 C) reduction in water temperature; or
- 2 F (1 C) reduction in the

3.2.2 Figure 3.2.2 shows of concrete ingredients or greatest portion of concrete gate temperature brings a concrete temperature. They be employed to keep the Shaded storage of fine and and fog spraying of coarse conditions will help. Sprink cool water can reduce aggregate and direct cooling (Lee 198 early sized evaporative cool the wet bulb temperature. effects in areas that have lo aggregates, however, tend moisture and thereby Above-ground storage tanks provided with shade and thermal insulation. Sides and bins will absorb less heat if covered with heat reflective paint.

Painting mixer surfaces which will be of some help. Based sunny day, concrete in a clear to 3 F (1 to 1.5 C) cooler than and 0.5 F (0.3 C) cooler than empty mixer drum stands in before concrete is batched, it would produce concrete temperature lower for a white mixer drum. Spraying the exterior before batching or during delivery has been suggested as a means of minimizing concrete temperature, but it can be expected to be of only marginal benefit.

3.2.3 Setting up the means for cooling sizeable amounts of concrete production requires planning well in advance of placement and installation of specialized equipment. This can include chilling of batch water by water chillers or heat pump technology as well as other methods, such as substituting crushed or flaked ice for part of the mixing water, or cooling by liquid nitrogen. Delivery of the required quantity of cooling materials should be assured for each placement. Details for estimating concrete temperatures are provided in Appendix A. Various cooling methods are described in Appendix B. The general influence of the temperature of

ACI 305R-99

3.2—Temperature control of concrete

3.2.1 Concrete can be produced in hot weather without maximum limits on placing temperature and will perform satisfactorily if proper precautions are observed in proportioning, production, delivery, placing, and curing. As part of these precautions, an effort should be made to keep the concrete temperature as low as practical.

El concreto puede ser producido en clima caliente sin límites máximos de temperatura de colocación y se desempeñará satisfactoriamente si se toman precauciones adecuadas en el transporte, producción, suministro, colocado y curado.

¿CÓMO vaciar concreto en clima cálido?

La clave para un vaciado (colado) de concreto exitoso en clima cálido es:

1. Un reconocimiento de los factores que afectan al concreto, y
2. La planificación para minimizar sus efectos.

Utilice las recomendaciones locales, ya probadas para ajustar las proporciones del concreto, tales como el empleo de aditivos reductores de agua y aditivos retardantes. Modifique la mezcla para reducir el calor generado por la hidratación del cemento, por ejemplo mediante el uso de un cemento Tipo II de moderado calor de hidratación conforme con ASTM y la utilización de puzolanas y escorias que pueden reducir los problemas potenciales con un concreto de alta temperatura. Es esencial adelantar el tiempo y la programación para evitar demoras en la entrega, el vaciado y el acabado. Las camiones mezcladores deben poder descargar inmediatamente y debe estar disponible el personal adecuado para colocar y manipular el concreto. Cuando sea posible,

do del día. El comprador puede descartar los límites sobre la temperatura máxima del concreto si la consistencia del concreto es adecuada para el vaciado y no se requiere una excesiva adición de agua.

En el caso de condiciones extremas de temperatura o con

Siga estas reglas para la colocación de concreto en clima cálido

1. Modifique las mezclas de concreto apropiadamente. Retardantes, cementos de moderado calor de hidratación, materiales puzolánicos, cenizas y otras soluciones comprobadas localmente pueden utilizarse. Reduzca el contenido de cemento de la mezcla tanto como sea posible, cuando pueda asegurar que la resistencia del concreto será alcanzada.
2. Tenga una adecuada mano de obra lista para vaciar (colar), darle acabado y curar el concreto.
3. Limite la adición de agua hecha en la obra directamente. Agregue agua únicamente a la ligada a la obra únicamente para ajustar el asentamiento. La adición de agua no debe pasar de entre 2 y 2 1/2 galones por yd³ (10 a 12 litros/m³). La adición de agua al concreto después de 1.5 horas de haberse producido debe evitarse.
4. Las losas de concreto no deben vaciarse directamente sobre láminas de polietileno o otras barreras de vapor. Cubra la barrera con un mínimo de 4 pulgadas (100 mm) de una capa de material granular compactable de base.
5. En días secos y/o cálidos, cuando las condiciones sean propicias para un agrietamiento por retracción plástica, humedezca la base, moldajes (formales) y el refuerzo, pero no agregue demasiada agua para que no se inunden.
6. Empezar las operaciones de acabado final tan pronto como el brillo del agua haya dejado la superficie del concreto. Empezar el curado tan pronto la operación de acabado concluya. Continúe el curado por lo menos por tres días; cubra el concreto con una manta húmeda o una lámina de plástico para prevenir la evaporación; o utilice un compuesto curador de membrana, o realice el curado con agua (Vea el CIP 17). Utilice un compuesto curador de membrana pigmentada de color blanco ayudará a verificar el cubrimiento que se está dando con el mismo y reflejará el calor de la superficie de concreto.
7. Proteja los cilindros de prueba en el sitio de trabajo bajo sombra previniendo la evaporación. Los sitios de curado en obra con hielo o refrigeración deben ser utilizados para mantener la temperatura requerida entre 60° a 80°F (17 a 27°C) de curado inicial de los cilindros. (Vea el CIP 9).
8. No añada aditivos acelerantes a menos que en la práctica común se pueda evitar el agrietamiento por retracción

concreto masivo, la temperatura del concreto puede reducirse utilizando agua previamente enfriada o hielo como parte del agua de la mezcla. El productor de concreto utiliza otras medidas, tales como la aspersión de agua y la colocación a la sombra de los agregados antes del mezclado, para ayudar a bajar la temperatura del concreto.

Si se predicen fuertes vientos y baja humedad relativa, pueden ser necesarias barreras contra el viento, pantallas contra el sol, aspersión fina de agua (neófog), o retardantes de evaporación, para evitar la fisuración por retracción plástica en las losas.

Referencias

1. *Hot Weather Concrete*, ACI 305R, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.
2. *Guiding Ready Mixed Concrete*, NRMCA Publication No. 106, NRMCA, Silver Spring, MD.
3. *Effect of Temperature and Delivery Time on Concrete Proportions*, R.D. Gaynor, R.C. Meininger, T.S. Khan, NRMCA Publication 171, NRMCA, Silver Spring, MD.
4. *Hot-Weather Concrete*, Chapter 11 in *Design and Control of Concrete Mixtures*, Portland Cement Association, Skokie, IL.
5. *Keeping Concrete Cool in the Heat of Summer*, K.C. Hovet, *Concrete Construction*, June 1993.

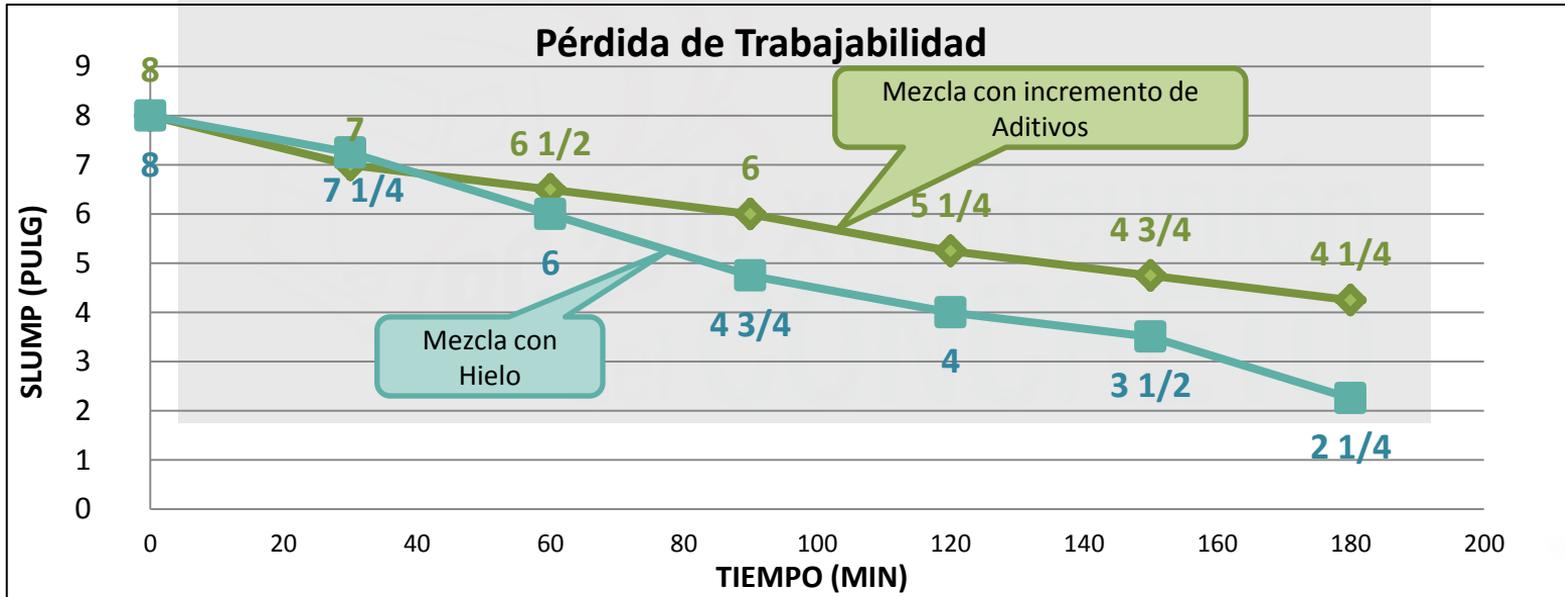
NRMCA:

National Ready Mix Concrete

do del día. El comprador puede descartar los límites sobre la temperatura máxima del concreto si la consistencia del concreto es adecuada para el vaciado y no se requiere una excesiva adición de agua.

Pruebas con Simulación de Altas Temperaturas

DOSIS		Temperatura de Concreto (°C)	Temperatura Ambiente DÍA (°C)
FENÓMENO DEL NIÑO	SIN HIELO – CON ADITIVOS	35.2	34
	CON HIELO – SIN INCREMENTO DE DOSIS DE ADITIVO	31.2	34



Conclusiones / Recomendaciones

- La temperatura del concreto en estado fresco deberá ser la necesaria para garantizar un gradiente máximo de 20°C y una temperatura pico entre 70°C y 80°C.
- En el caso de vaciados masivos y/o condiciones ambientales severas, es necesario realizar un estudio termodinámico preliminar en una maqueta a escala para reproducir condiciones reales, lo cual definirá el diseño de mezcla, la temperatura inicial necesaria y el sistema de disipación de calor.

Paradigma 3 *Se requiere un concreto impermeable*

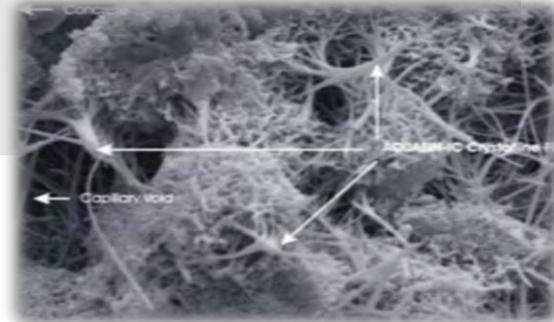


¿A qué llaman concreto impermeable?

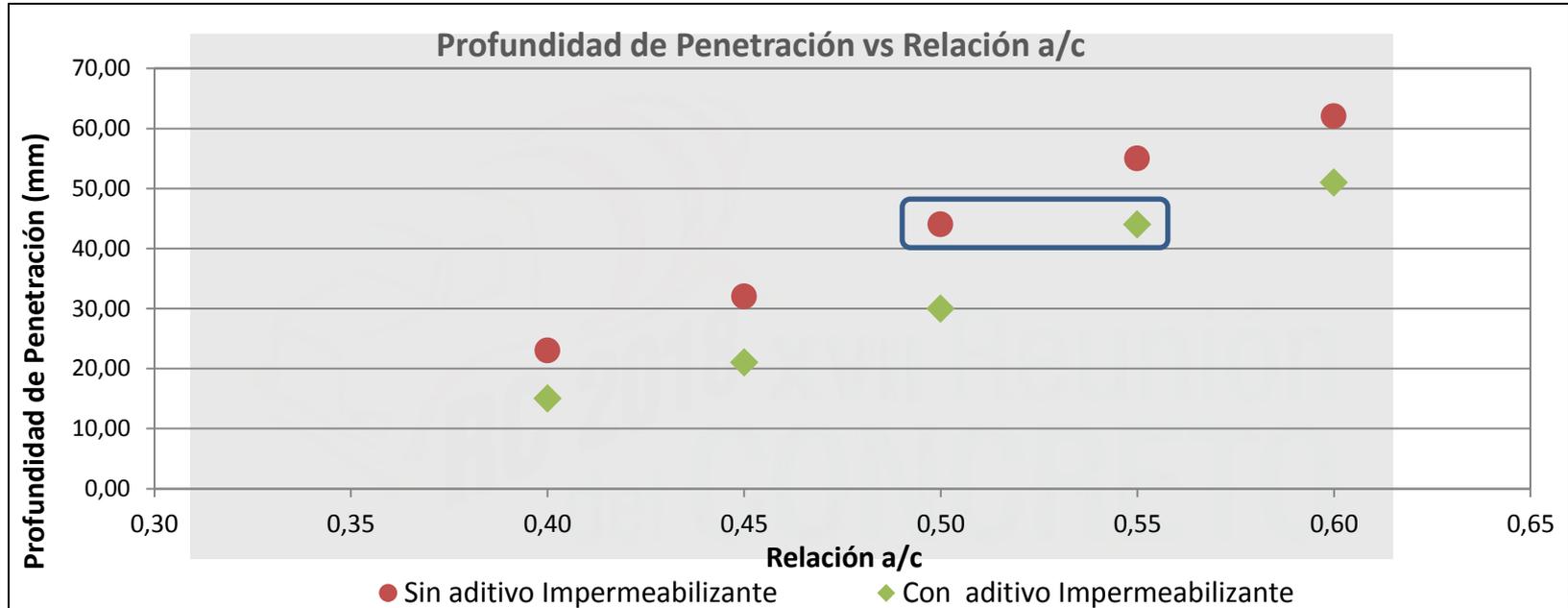
Aquellos producidos y ofrecidos con aditivos impermeabilizantes adicionados en la mezcla de concreto

¿Cómo funcionan los aditivos impermeabilizantes?

- ✓ Reductores de agua
- ✓ Impide la capilaridad por cristalización reducen el diámetro efectivo del capilar, para dificultar del paso de agua a través de esta.



¿Se logra la impermeabilidad?



Fuente: CITEDEC

Los aditivos impermeabilizantes permiten disminuir la permeabilidad del concreto

¿Se mide la permeabilidad en el mercado?

A pesar de que se especifican concretos de baja permeabilidad, mayormente no se indica ningún parámetro ni ensayo para medir dicha característica.



Existen métodos para medir permeabilidad

Una norma y un informe del ACI

Requisitos de Reglamento
para Cáscaras Delgadas
de Concreto
(ACI 318 S-14)

(Versión en español y en sistema métrico SI)

ACI 318. S-14
Comentario a Requisitos
de Reglamento para Cáscaras
Delgadas de Concreto
(ACI 318 SR-14)

Preparado por el Comité ACI 318

DISEÑO Y

333
p. 335
de inyección,

Trabajabilidad

Resistencia

Durabilidad

Económico

Sostenibilidad

ACI 318-14 CAPITULO 19

Concreto: Requisitos de Diseño y Durabilidad (disminución de la permeabilidad)

Tabla 19.3.2.1 — Requisitos para el concreto según la clase de exposición

Clase de Exposición	Relación a/mc máx. ^[1]	f_c Mínimo MPa	Requisitos mínimos adicionales			Límites en los Materiales cementantes
			Contenido de aire			
F0	N/A	17	N/A			N/A
F1	0.55	24	Tabla 19.3.3.1			N/A
F2	0.45	31	Tabla 19.3.3.1			N/A
F3	0.40 ^[2]	35 ^[2]	Tabla 19.3.3.1			26.4.2.2(b)
			Tipos de material cementante ^[3]			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150M	ASTM C 595M	ASTM C 1157M	
S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	tipo	tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II ^{[4][2]}	Tipos IP, IS o IT con designación (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.45	31	V ^[2]	Tipos IP, IS o IT con designación (HS)	HS	No se permite
S3	0.45	31	V más puzolanas o cemento de escoria ^[5]	Tipos IP, IS o IT con designación (HS) más puzolanas o escoria ^[6]	HS más puzolanas o escoria ^[6]	No se permite
W0	N/A	17	Ninguna			
W1	0.50	28	Ninguna			
			Contenido máximo de iones de cloruro (Cl) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento ^[7]		Requisitos adicionales	
			Concreto no preesforzado	Concreto preesforzado		
C0	N/A	17	1.00	0.06	Ninguno	
C1	N/A	17	0.30	0.06		
C2	0.40	35	0.15	0.06	Recubrimiento de concreto ^[8]	

Norma Técnica Peruana de
Edificación
E.060 Concreto Armado

Capítulo 4: Requisitos de Durabilidad

TABLA 4.2
REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICIÓN

Condición de la exposición	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal *	f_c mínimo (MPa) para concretos de peso normal o con agregados ligeros*
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposición al agua.	0,50	28
Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo en condición húmeda o a productos químicos descongelantes.	0,45	31
Para proteger de la corrosión el refuerzo de acero cuando el concreto está expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen.	0,40	35

* Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f_c mínimo.

Norma Técnica Peruana de
Edificación
E.060 Concreto Armado

Capítulo 4: Requisitos de Durabilidad

TABLA 4.4
REQUISITOS PARA CONCRETO EXPUESTO A SOLUCIONES DE SULFATOS

Exposición a sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua-material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f_c mínimo (MPa) para concretos de peso normal y ligero*
Insignificante	$0,0 \leq SO_4 < 0,1$	$0 \leq SO_4 < 150$	—	—	—
Moderada**	$0,1 \leq SO_4 < 0,2$	$150 \leq SO_4 < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq SO_4 < 2,0$	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 < SO_4$	$10000 < SO_4$	Tipo V más puzolana***	0,45	31

* Cuando se utilicen las Tablas 4.2 y 4.4 simultáneamente, se debe utilizar la menor relación máxima agua-material cementante aplicable y el mayor f_c mínimo.

** Se considera el caso del agua de mar como exposición moderada.

*** Puzolana que se ha comprobado por medio de ensayos, o por experiencia, que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contienen cemento tipo V.

Durabilidad → relación a/c?

a/c = 0.75

a/c = 0.50

a/c = 0.40

a/c = 0.35

Pasta

Interacción
pasta -agregados

Agregado

Pasta

Interfase Pasta
Agregado

Acc.V Spot Magn Det WD | 200 µm
30.0 kV 3.0 100x BSE 9.8 1.5 Torr SCC050 58

Durabilidad → relación a/c?

$a/c = 0.75$

$a/c = 0.50$

$a/c = 0.40$

$a/c = 0.35$

Pasta

La exudación de agua del diseño
de la pasta genera poros

Se forman microfisuras durante
la hidratación del cemento

Reducir el agua

Optimizar contenido de cemento

Interacción pasta -agregados

La exudación de agua superficial
de los agregados puede originar
fisuras en la interfase

Ausencia de fisuras por exudación

Reducir el agua

Balance de finos y/o empleo de adiciones

	M1		
agua (kg)	220		
cemento (kg)	440		
agua/cemento	0.50		
f'c (kg/cm ²)	300		

Por durabilidad, ¿Qué mezcla se comporta mejor?

¿M1 o M2?

¿M1 o M3?

¿M2 o M3? → *Mejor lo medimos*

NORMA
CHILENA

NCh
170

6 Requisitos por durabilidad del hormigón

6.1 Conceptos generales

6.1.1 La durabilidad del hormigón depende de sus propiedades y de la presencia de agentes internos o externos que generen ataque al elemento estructural.

Un hormigón con una baja permeabilidad incrementa la durabilidad del hormigón y colabora en la protección de las armaduras frente a la corrosión. Lo anterior se puede evaluar por medio de ensayos de desempeño del hormigón realizados en laboratorio y/o terreno.

6.1.2 Para obtener un hormigón durable, resulta necesaria la implementación de medidas adecuadas en el diseño de mezcla, la fabricación, correctas prácticas de colocación, compactación, curado y protección del hormigón.

NOTA El uso de materiales adecuados y una correcta dosificación de ellos no son suficientes para garantizar por sí sólo un hormigón durable.

6.2.4 Con el fin de proteger a las estructuras de hormigón reforzado en condiciones ambientales consideradas como no agresivas, se debe utilizar una dosis de cemento mínima de 240 kg/m³.

Tabla 5 – Grados de exposición por sulfatos

Grado		Contenido máximo SO ₄	
		Soluble en el suelo % en peso	Disuelto en agua ppm
S0	No agresivo	< 0,10	< 150
S1	Moderada	$0,10 \leq \text{SO}_4 < 0,20$	$150 \leq \text{SO}_4 < 1\ 500$ Agua de mar
S2	Severa	$0,20 \leq \text{SO}_4 \leq 2,00$	$1\ 500 \leq \text{SO}_4 \leq 10\ 000$
S3	Muy severa	$\text{SO}_4 > 2,00$	$\text{SO}_4 > 10\ 000$

Tabla 6 – Requisitos del cemento para el hormigón en contacto con sulfatos

Grado de exposición	Requisitos del cemento ¹⁾	
	Porcentaje de expansión, según ASTM C 1012	Contenido C ₃ A en el cemento %
S0	sin restricción	sin restricción
S1	0,10 a 6 meses	≤ 8
S2	0,05 a 6 meses ²⁾	≤ 6
S3	0,05 a 6 meses ²⁾	≤ 5

1) El cemento utilizado debe cumplir con al menos uno de los dos requisitos indicados según el grado de exposición.

2) En caso que el cemento no cumpla el requisito de expansión a 6 meses, se puede utilizar siempre que la expansión no sea mayor que 0,10% a un año.

Tabla 5 – Grados de exposición por sulfatos

Grado		Contenido máximo SO ₄	
		Soluble en el suelo % en peso	Disuelto en agua ppm
S0	No agresivo	< 0,10	< 150
S1	Moderada	$0,10 \leq \text{SO}_4 < 0,20$	$150 \leq \text{SO}_4 < 1\ 500$ Agua de mar
S2	Severa	$0,20 \leq \text{SO}_4 \leq 2,00$	$1\ 500 \leq \text{SO}_4 \leq 10\ 000$
S3	Muy severa	$\text{SO}_4 > 2,00$	$\text{SO}_4 > 10\ 000$

Tabla 7 – Requisitos del hormigón en contacto con sulfatos

Grado de exposición	Mínimo grado de resistencia especificada	Dosis mínima de cemento kg/m ³	Profundidad de penetración de agua, según NCh2262 mm
S0	G17	-	-
S1	G25	320	≤ 40
S2	G30	340	≤ 30
S3	G35	360	≤ 20

NOTA 1 Para el grado de exposición S0 la dosis mínima de cemento es la establecida en 6.2.4

NOTA 2 Para los grados de exposición S1, S2 y S3 se debe cumplir con el mínimo grado de resistencia especificada y con uno de los requisitos siguientes: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua.

Tabla 8 – Grados exposición que provocan corrosión

Grado		Agente externo	Exposición en condiciones de servicio
C0	No agresivo	No aplica	Hormigón seco o protegido de la humedad ambiental
C1	Leve	CO ₂	Hormigón húmedo expuesto a altas concentraciones de CO ₂
C2-A	Moderado	Cloruro	Hormigón sumergido completamente en agua que contiene cloruro
C2-B	Severo	Cloruro	Hormigón húmedo expuesto a aire salino
C2-C	Muy severo	Cloruro	Hormigón expuesto a ciclos de humedad y a una fuente externa de cloruro proveniente de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen

Tabla 9 – Requisitos del hormigón según grado de exposición

Grado de exposición	Mínimo grado de resistencia especificado	Dosis mínima de cemento	Profundidad de penetración de agua, según NCh2262
	MPa	kg/m ³	mm
C0	G17	-	-
C1	G17	270	≤ 50
C2-A	G20	300	≤ 40
C2-B	G25	330	≤ 30
C2-C	G35	360	≤ 20

NOTA 1 Para el grado de exposición C0 la dosis mínima de cemento es la establecida en 6.2.4.

NOTA 2 Para los grados de exposición C1, C2-A, C2-B y C2-C se debe cumplir con el mínimo grado de resistencia especificada y con uno de los siguientes requisitos: dosis mínima de cemento o profundidad de penetración de agua.

NOTA 3 El proyectista estructural puede disminuir en 5 MPa el mínimo grado de resistencia indicado en esta tabla cuando se haya especificado la profundidad de penetración de agua en lugar de la dosis mínima de cemento. En todo caso, el mínimo grado de resistencia debe ser ≥ G17.

Conclusiones / Recomendaciones

- ✓ No existe concreto impermeable
- ✓ La permeabilidad del concreto está condicionada principalmente por la pasta y la relación a/c del concreto que definen la estructura de poros, sin embargo se puede lograr igual o menor permeabilidad con el empleo de aditivos y/o adiciones para una misma a/c
- ✓ Una buena mezcla con una correcta especificación, pero sin un adecuado proceso constructivo, NO garantizará el cumplimiento estructural ni la durabilidad del elemento.
- ✓ Si bien no existe un método general aceptado para caracterizar la estructura capilar del concreto, diversas investigaciones señalan que la permeabilidad es una excelente medida de la resistencia que ofrece el concreto al ingreso de sustancias agresivas y una mejor estimación de su durabilidad potencial.

GRACIAS

José Alvarez C.
Gerente de Investigación y Desarrollo
UNICON
jalvarez@unicon.com.pe