

Construcción



ISSN-0122-0594

Sika Informaciones Técnicas
Curado del Concreto

Sika®

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

Introducción

El curado del concreto es algo de lo que todos hablan pero pocos saben exactamente qué es y cómo debe hacerse para obtener óptimos resultados. No existe foro dedicado al tema del concreto, de la construcción de pavimentos, de la durabilidad y del control del agrietamiento donde no se mencione al curado como la herramienta más económica y eficaz para garantizar una obra durable, resistente y libre de grietas.

Pero la realidad muestra otra cosa, hay información de que casi tres cuartos de las obras que se construyen con concreto son objeto de inadecuadas prácticas de curado o simplemente no se lleva a cabo esta actividad, lo cual demuestra que muchos diseñadores y constructores no conocen exactamente el gran aporte de un buen curado a las propiedades finales de la estructura.

El presente documento recopila la información más relevante disponible actualmente en la literatura sobre este tema, para que, de una manera sencilla y rápida el lector pueda informarse sobre las bases de esta técnica, los métodos existentes, los requisitos y la mecánica del curado para varios ambientes, así como su impacto en la estructura.

Estamos seguros de que una mejor práctica de curado redundará, de inmediato, en la calidad de las construcciones. Esto es particularmente importante en una época, como la actual, donde la durabilidad de las estructuras ha venido a constituirse en un asunto de extrema importancia debido a la cada vez más temprana necesidad de rehabilitar estructuras afectadas por la acción de ambientes agresivos.



Definiciones

El curado, según el ACI 308 R, es el proceso por el cual el concreto elaborado con cemento hidráulico madura y endurece con el tiempo, como resultado de la hidratación continua del cemento en presencia de suficiente cantidad de agua y de calor (1).

Esta definición pone de manifiesto dos cosas importantes: el cemento requiere de cierta cantidad de agua para hidratarse (en promedio 25% de la masa de cemento), si embargo para garantizar, en toda la masa de concreto, disponibilidad de agua de hidratación para el cemento es conveniente contar con una cantidad mayor, ya que la hidratación sólo es posible en un espacio saturado. Esto no es un inconveniente ya que aún un concreto de baja relación agua/cementante, por ejemplo 0,45, tiene un 80% de agua por encima de lo requerido por el cemento para hidratarse, sin embargo la prematura desecación del concreto puede reducir el agua en la mezcla, especialmente en elementos laminares, a niveles donde la hidratación será incompleta.

En la medida en que haya suficiente agua el cemento continuará hidratándose hasta que todos los espacios de poros disponibles se vean colmados con los productos de hidratación o hasta que no haya más cemento para hidratar.

Según Powers (2) la clave para el desarrollo tanto de la resistencia mecánica como de las características de durabilidad del concreto, no es tanto el grado de hidratación del cemento, como el grado en que los poros entre partículas de cemento se hayan llenado con los productos de hidratación, dicho de otra manera: la resistencia y la durabilidad dependen fundamentalmente del grado de porosidad de la matriz del concreto.

La Figura No.1 muestra el comportamiento macro del concreto en lo que respecta a su desarrollo de resistencia en función del tiempo y del tipo de curado proporcionados (3). Se ve claramente que un defecto de curado erosiona el potencial de resistencia mecánica del concreto e incluso lesiona económicamente el proyecto ya que se obtiene un producto de inferior resistencia y durabilidad a aquel por el cual se pagó.

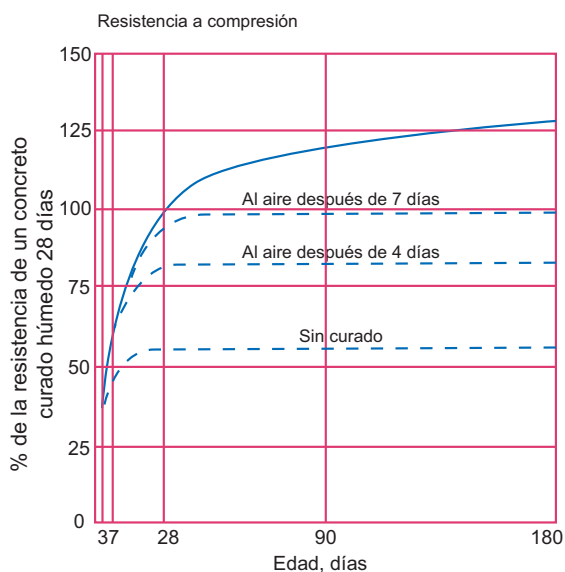


Figura No.1: Resistencia a la compresión de cilindros de 15x30 cm en función de la edad, para una variedad de condiciones de curado.

La Figura No.2 muestra el comportamiento micro de morteros con respecto a una variable muy importante como es la permeabilidad, propiedad directamente relacionada con la durabilidad y resistencia a un ambiente agresivo, en función del tiempo de curado (3).

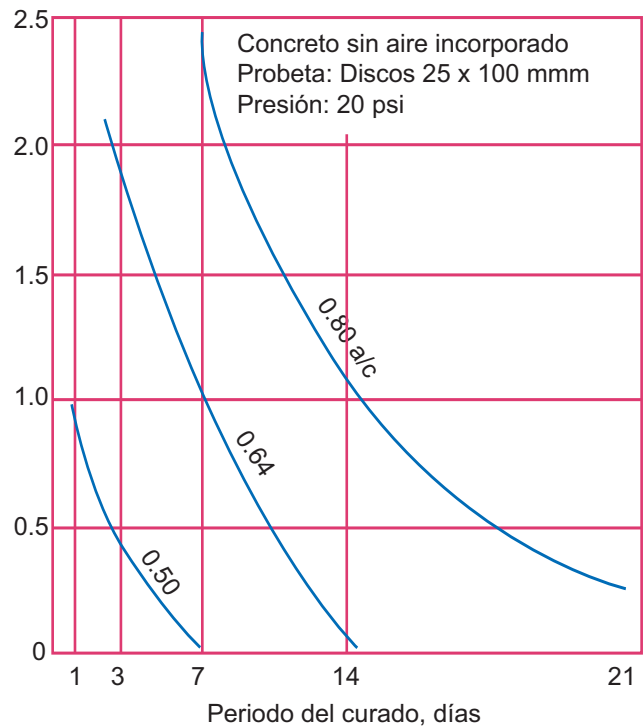


Figura No.2: Influencia del curado en la permeabilidad promedio de probetas de mortero.

Nótese, en la figura No.2, que entre mayor sea la relación agua/cemento mayor tiempo de curado es necesario para lograr el mismo nivel de permeabilidad. Esto permite concluir que el nivel de llenado de los poros con productos de hidratación depende no sólo del grado de hidratación del cemento sino del volumen inicial de poros en la pasta. Así un concreto con baja relación agua/cemento requerirá un menor grado de hidratación para conseguir cierto nivel de porosidad deseado.

Volviendo a la definición de curado, resalta en ella, también, la importancia que tiene para una correcta hidratación y desarrollo de las propiedades mecánicas el calor. Para lograr la hidratación del cemento y que el concreto fragüe y endurezca, es necesario que la temperatura de la mezcla supere los 5°C, requerimiento que no es difícil de lograr en nuestro medio, pero que puede constituirse en todo un reto en ciertas aplicaciones (reparaciones de losas en cuartos fríos, colocación de concreto en alta montaña o en ciudades donde se presenten heladas) y, por supuesto, en países con estaciones.

Así como con bajas temperaturas los procesos de hidratación, endurecimiento y ganancia de resistencia se ven retardados, en climas cálidos estos procesos se aceleran. Mientras una mezcla curada a bajas temperaturas puede alcanzar a los 28 días una resistencia igual o mayor que la de diseño, en climas cálidos se genera un rápido desarrollo de resistencia inicial pero, si el proceso de curado es inadecuado o insuficiente, es factible que no se alcance la resistencia potencial del concreto.

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

El ACI 305 define clima cálido como: cualquier combinación de alta temperatura ambiente, baja humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar, que afecte la calidad de la mezcla fresca o del concreto endurecido. En algunos documentos se complementa la definición anterior citando la temperatura mínima que debe exhibir la mezcla para que se dé la condición de concreto en clima cálido, el valor es 29°C. Sin embargo, como se verá más adelante, un viento fuerte y rasante sobre una losa de concreto puede provocar una desecación mayor que la radiación solar directa, de ahí lo conveniente de sopesar la suma de fenómenos expuestos en la definición.

En lo que se refiere a las condiciones para elaborar y colocar concreto el ACI 306 define clima frío como: período en el que, por más de tres días consecutivos, se presentan las siguientes condiciones: a) el promedio de temperatura diaria del aire es menor a 5°C y b) durante más de la mitad del día (o de un período de monitoreo de 24 horas) la temperatura del aire no supera los 10°C.

Aunque en la anterior definición no se cita la humedad relativa, ésta es de vital importancia cuando se trata de curar adecuadamente el concreto para que desarrolle todo su potencial. Una baja humedad relativa es de importancia al desencofrar el elemento no sólo por la fisuración que pueda provocar el choque térmico entre un medio ambiente muy frío y la masa de concreto caliente, sino por la desecación que puede generarse y que, por supuesto, va en detrimento de la hidratación del cemento.

La Figura No.3 resume gráficamente lo expuesto anteriormente sobre la influencia del clima cálido y del clima frío en el desarrollo de la resistencia potencial de una mezcla de concreto (4).

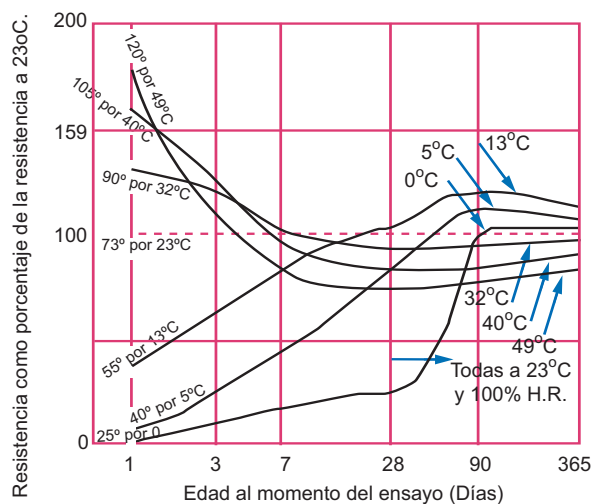


Figura No.3: Efecto de las condiciones de temperatura en el desarrollo de resistencia del concreto (Cemento Tipo I).

Exudación es el fenómeno por el cual el exceso de agua de amasado, de una mezcla de concreto, una vez colocada y extendida, empieza a ascender, por capilaridad, y aparece en la superficie del elemento estructural (particularmente en losas) generando un gradiente de humedad donde la mayor relación agua/cementante se encuentra en los primeros centímetros del concreto y va disminuyendo verticalmente. Este fenómeno mejora la calidad de las capas inferiores y degrada las superiores por acumulación de agua, evento desafortunado ya que la zona de trabajo, por ejemplo en una losa de piso de una bodega, es la superior. Por esta razón y aunque deban extremarse las medidas de curado, se recomienda para evitar la exudación o minimizarla, el uso de reductores de agua de alto poder para producir mezclas de concreto con bajas relaciones agua/cementante. El uso de incorporadores de aire y la adición de humo de sílice al concreto pueden ayudar a controlar la exudación, sin embargo no son aconsejables en pisos que vayan a ser endurecidos (coronamiento) aplicando una mezcla de arena de cuarzo y cemento, ya que esta aplicación requiere, para ser exitosa, la existencia de agua de exudación en la superficie, de lo contrario el piso se delamina superficialmente.

Razones para curar el concreto

En sentido práctico curar el concreto es garantizar las condiciones óptimas de humedad y temperatura necesarias para que el concreto desarrolle su resistencia potencial (compresión y flexión), se reduzca la porosidad de la pasta, en especial en el recubrimiento de concreto sobre las armaduras, haciendo que el ingreso de humedad y agresivos hacia el interior del elemento de concreto endurecido se vea disminuido garantizando, así, que la estructura cumpla con la vida útil de diseño requerida por el propietario.

En consecuencia es necesario curar el concreto, regando agua sobre su superficie, cuando existan las condiciones suficientes para considerar que el concreto, por sí solo, no tendrá suficiente agua para desarrollar sus propiedades o, aunque es suficiente, una buena parte se evaporará de la mezcla debido a la incidencia de factores externos que actúan sobre la superficie libre del elemento.

Un adecuado y oportuno método de curado trae tantos y tan variados beneficios a una estructura de concreto, y puede ser tan sencillo de implementar, que no hacerlo es simplemente desperdiciar sus bondades. El curado no sólo influye en la resistencia final del concreto, sino que disminuye la permeabilidad y mejora la resistencia de la piel de concreto al ingreso de gases (CO₂, Oxígeno), elementos necesarios, unos para despasivar el refuerzo y los otros para causar corrosión. Un buen y oportuno curado aumenta la resistencia a la abrasión de pisos de concreto, vías y obras hidráulicas, reduce la posibilidad de aparición de grietas por contracción plástica, y, aunque no la puede evitar, retarda la contracción de secado haciendo que se desarrolle a una edad de la estructura tal que la resistencia mecánica, especialmente a tensión, haya alcanzado un nivel suficientemente alto para que pueda contribuir, en unión con la armadura, a controlar el agrietamiento.

Como se aprecia en la enumeración de bondades del curado hecha anteriormente, son tantos los beneficios del curado para las estructuras que dicha práctica no debería ser opcional en las obras, el curado debe especificarse adecuadamente y su cumplimiento debe ser controlado estrictamente por la interventoría, pero lo más importante de todo: el curado de la estructura debe ser retribuido económicamente, como cualquier otra actividad de obra, ya que el no pago es la principal razón para que se descuide su ejecución.

Cuándo y cómo curar el concreto

Los requerimientos de curado de las estructuras, el tipo de curado a aplicar y su extensión pueden variar dependiendo de muchos factores, entre los que pueden citarse: el tipo de elemento estructural (masivo, laminar), los materiales que lo componen, en particular el tipo de cementante, las condiciones climáticas de la zona e incluso el microambiente que rodea la estructura, el tipo de estructura, las condiciones de servicio, la durabilidad deseada y, por último, el grado de agresividad del medio que la rodea.

Según el ACI 308: "Se requiere establecer medidas de curado, para aportar o retener la humedad existente en el concreto, siempre que el desarrollo de las propiedades esperadas del concreto de la estructura puedan verse inaceptablemente retrasadas o impedidas debido por una insuficiencia en la cantidad de agua necesaria para la hidratación de los materiales cementosos y las adiciones"

Sigue el ACI 308: " Las medidas de curado se deben poner en práctica tan pronto como el concreto esté en riesgo de secarse prematuramente y cuando dicho secado deteriore el concreto o impida el desarrollo de las propiedades requeridas".

"El curado debe prolongarse hasta que el secado de la superficie del concreto no afecte el concreto y hasta que la hidratación del cementante haya progresado de tal manera que las propiedades deseadas para el concreto ya se han obtenido, o hasta que sea claro que las propiedades deseadas se seguirán desarrollando por sí mismas."

La experiencia del constructor con las condiciones climáticas en las que se trabaja con el concreto en su región y con las mismas mezclas que se elaboran en obra o que ofrecen las centrales hormigoneras, constituyen la mejor guía para estimar los requerimientos de curado, el sistema a emplear y el tiempo por el cual debe prolongarse.

Mecánica del curado

Desde que los componentes se unen mediante el proceso de mezclado hasta que adquiere sus propiedades definitivas, el concreto pasa por varias fases o etapas bien marcadas las cuales permiten diferenciar también los requerimientos de curado para cada una de ellas. Puede ser necesario, entonces, implementar los cuidados para evitar la evaporación prematura del agua de la mezcla desde el mismo momento de su transporte al sitio de colocación, durante la misma y continuarlos durante el fraguado y el desarrollo de resistencia. Para cada una de estas etapas puede ser necesario implementar medidas de curado distintas.

Esto nos permite llegar a una primera conclusión: No todas las estructuras se curan igual. Así que el curado de una estructura de concreto reforzado, en un lugar definido, bajo unas condiciones ambientales reinantes específicas, con el tipo de material a emplear (tipo de cemento, relación agua/material cementante) y con unas especificaciones del proyectista en cuanto a resistencia (forma como debe evolucionar, nivel máximo a alcanzar) y durabilidad (vida útil requerida, grado de permeabilidad, resistencia al ingreso de sustancias dañinas, máxima amplitud de fisura) dadas, es una actividad que debe diseñarse.

Incluso, si la estructura va a recibir un recubrimiento especial (pintura, recubrimiento epóxico) o se va a enchapar, puede ser necesario estudiar la conveniencia de usar curadores que dejen residuos sobre la superficie que impidan la adherencia de posteriores recubrimientos, o definir el método que se va a emplear para retirarlos.

Vale la pena citar aquí los diferentes métodos de curado existentes: Básicamente existen dos sistemas de curado que permiten mantener cierto nivel de humedad en el concreto.

- Aplicación continua o frecuente de agua.
- Uso de materiales sellantes o de compuestos curadores líquidos para evitar la evaporación.

Curado con agua

Dentro del sistema se contemplan varios procedimientos:

Por inmersión:

Es el método que produce los mejores resultados, pero presenta inconvenientes de tipo práctico, pues implica inundar o sumergir completamente el elemento de concreto.

Mediante el empleo de rociadores aspersores

Con este método se consiguen buenos resultados y es fácil de ejecutar. Tiene el inconveniente de que la intermitencia o la aplicación ocasional, pueden conducir a un curado deficiente.

El agua para curado del concreto debe estar libre de contaminantes y materiales deletéreos. En general se puede usar agua potable y en general agua que cumpla la norma de agua de amasado para concreto (ASTM C-59). El agua de curado no debe estar a una temperatura tal que cree al aplicarla un choque térmico al concreto, pues puede figurarlo. Se recomienda que el agua no esté a una temperatura inferior en 11°C a la temperatura de la masa del concreto.

En caso de que se usen equipos para producir una niebla húmeda, como curado inicial.

Empleo de tejidos de fique o de otros materiales absorbentes

Estos tejidos mantienen la humedad en superficies tanto verticales como horizontales, pero deben ser humedecidos periódicamente, con el riesgo de que si no se mantiene el nivel de humedad el curado es deficiente. Además, presentan el problema de absorber, eventualmente, el agua útil del concreto. Deben traslaparse adecuadamente y con holgura y se debe colocar sobre sus extremos arena o bolsas con tierra u otro material pesado que impida que el viento los desarregle y descobije porciones del elemento de concreto.

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

Curado con arena, tierra o aserrín:

Se emplea con algún éxito el curado mediante el cubrimiento del concreto con alguno de los citados materiales; los dos primeros son muy útiles cuando se presentan vientos fuertes.

Tienen, además de los inconvenientes de los tejidos de fique, el problema de que pueden manchar el concreto o deteriorarlo como sucede con el aserrín proveniente de maderas con alto contenido de ácido tánico.

Materiales sellantes

Esta categoría incluye las láminas y los compuestos curadores líquidos que forman membrana.

Película de plástico:

Son livianas y se extienden fácilmente en superficies horizontales; en elementos verticales es más complicada su utilización. La película de plástico debe tener un espesor mínimo de 0.1 mm. Se usan generalmente plásticos blancos, transparentes y negros. Los primeros reflejan los rayos del sol mientras protegen, son útiles, como los transparentes, en clima cálido. El plástico negro absorbe calor de los rayos del sol y calienta la pieza estructural, por tal razón es útil para generar un curado adecuado del concreto a bajas temperaturas o acelerar "gratis" resistencias aprovechando la radiación solar.

Cuando se precisa un excelente acabado del concreto, como en el caso del concreto arquitectónico "a la vista", el empleo de películas plásticas para el curado puede dar como resultado la aparición de manchas en el concreto debidas a la distribución no homogénea del agua y al movimiento de sustancias solubles en la superficie.

Papel impermeable:

Su uso es similar al de las películas de plástico. Cuando se usa papel para cubrir placas debe proveerse cierta holgura para que sobresalga de las mismas; además; se hace necesario colocar en los bordes materiales pesados (arena, tablas, etc.) para evitar que el viento lo desplace.

Compuestos de curado

Los compuestos líquidos de curado que forman membrana deben cumplir las especificaciones de la Norma ASTM C 309-98 y en nuestro medio la NTC-1977.

Entre las materias primas que normalmente se usan en la fabricación de compuestos de curado se pueden citar: ceras, resinas, caucho clorado y disolventes altamente volátiles. Dichos compuestos deben estar diseñados de tal manera que formen un sello poco tiempo después de haber sido aplicados; además, no deben reaccionar con la pasta de cemento.



Foto No.1: Curado de columnas de concreto envolviéndolas con plásticos.

Normalmente se le adiciona un pigmento (blanco, gris, rojo) a dichos compuestos de curado, con el fin de provocar la reflexión de los rayos solares; además, el pigmento hace visible el compuesto al operario, facilitándole el control de cubrimiento.

Los compuestos que forman membrana normalmente se aplican con fumigadora manual o rociadores mecánicos. Se recomienda aplicarlos en dos capas, la segunda de las cuales debe aplicarse en dirección perpendicular a la primera para garantizar la uniformidad del sello.

El momento óptimo para la aplicación de los compuestos líquidos es aquel en el cual se observa que ha desaparecido agua libre de la superficie del concreto, aunque sin demorar la aplicación tanto que el compuesto sea absorbido por los poros superficiales del concreto.



Foto No.2: Aplicación de un compuesto de curado por aspersión. Nótese que para controlar el impacto del viento se cubre el concreto recién curado con lonas, una vez el compuesto de curado seque al tacto.

En condiciones ambientales críticas: alta temperatura, baja humedad relativa y vientos fuertes, además de prever la utilización de barreras para el viento y pantallas que proporcionen sombra, se debe combinar el curado con agua con la aplicación del compuesto líquido. El procedimiento incluye rociar agua, continua y suavemente, sobre la superficie del concreto por un lapso aproximado de 2 horas y proceder luego a aplicar el compuesto curador líquido.

Los compuestos que forman membrana tiene ventajas grandes sobre los demás sistemas que pueden ser explotadas por el constructor (1):

- No requieren que se les mantenga humedecidos para asegurar que no absorban agua de la mezcla.
- Muy fácil manejo, a diferencia de las telas, arena, paja, pasto.
- Pueden ser aplicados antes de que inicie la aplicación del curado húmedo y se complementan.

Aunque no es compuesto de curado, la aplicación de un retardador de evaporación cobra cada vez mayor vigencia en labores de construcción de pisos y pavimentos ya que permite hacer el afinado después de que cesa la exudación y antes del fraguado final, sin que sea necesario agre-

gar agua a la superficie, práctica que puede debilitar la superficie del piso endurecido. Son productos orgánicos en solución acuosa que tienen la capacidad de producir una película molecular en la superficie del agua de exudación que reduce la velocidad de evaporación del agua de la mezcla.

Para algunas aplicaciones (endurecimiento de la superficie de pisos existentes, por ejemplo) se ha usado productos con base en silicatos que reaccionan con el hidróxido de calcio del concreto generando compuestos más resistentes a la abrasión. Este tipo de aplicación sobre concreto endurecido no está contemplado ni cumple las condiciones para ser considerado un método de curado aceptable.

El curado con vapor, la aplicación de calor para aumentar la temperatura de la mezcla, así como otros métodos de curado acelerado son usuales al elaborar estructuras en clima muy frío o cuando, sin importar el clima, se requiere acelerar la producción, por ejemplo de elementos prefabricados. Su discusión en profundidad escapa al alcance de este documento.

Secuencia del curado y duración de las diferentes etapas

El ACI 308 R hace referencia a que, debido a las fases por las cuales atraviesa el concreto desde su confección hasta que la estructura alcanza las propiedades de diseño, deben diferenciarse tres tipos diferentes de acciones de curado en el tiempo. Las cuales se aplicarán en conjunto o selectivamente a una estructura dependiendo de las condiciones específicas del trabajo. Estas tres acciones de curado son:

Curado inicial: procedimiento implementado una vez el afinado o acabado del elemento se ha terminado y que tiene por finalidad evitar la pérdida de humedad de la superficie. El curado inicial es aplicable a mezclas con muy poca exudación o que no exuden, o en el caso de ambientes que promuevan una gran evaporación del agua de la superficie del concreto, o cuando se da una combinación de estas dos circunstancias, el secado de la superficie (aparición mate) puede empezar antes de que el concreto presente fraguado inicial y antes de que el afinado se haya completado. Se hace necesario entonces impedir aquí la pérdida de humedad del concreto mediante la aplicación de una niebla húmeda (aumenta la humedad relativa y disminuye la tasa de evaporación), la aplicación de retardadores de evaporación y el uso de elementos que modifiquen las condiciones climáticas en el sitio, tales como: sombra, barreras de viento y cerramientos.

Curado intermedio: procedimiento de curado a implementar cuando el afinado del concreto se termina pero aún no se ha presentado fraguado final. Durante este período puede ser necesario disminuir la evaporación, pero el concreto no está aún en condiciones de recibir la aplicación directa de agua, ni de soportar el daño mecánico producido durante la instalación de cubiertas plásticas, lonas, papel impermeable o algún otro material de protección. En estas condiciones la aplicación de membranas de curado, rociando un compuesto curador con fumigadora, es de gran utilidad para impedir la evaporación, mientras el concreto fragua y permite realizar medidas de curado complementarias.

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

Curado final: Medidas de curado que se llevan a cabo concluido el afinado del concreto, una vez éste ya ha presentado fraguado final y ha comenzado el desarrollo de resistencia. Ejemplos de medidas de curado final son: aplicación de cubiertas húmedas, inundación, aplicación de riego de agua o de compuestos de curado.

El curado final debe empezar a aplicarse a medida que se va afinando cierta área de una losa, por ejemplo, ya que terminar de afinar para empezar a curar puede constituir una demora injustificada que se puede traducir en gran pérdida de agua del concreto en aquellas zonas afinadas más temprano. Al curar estructuras de alto riesgo de fisuración en climas cálidos el curado con una membrana de curado puede hacerse simultáneamente con el afinado que hacen los equipos de pavimentación, luego, una vez el concreto alcance el fraguado final se puede complementar con la aplicación de telas humedecidas, sacos de arpillera húmedos o con el riego de agua sobre la superficie para que disminuya la temperatura del concreto.

Una vez descritas las tres acciones que constituyen un proceso de curado, se entiende la necesidad de planear concienzudamente el curado de una estructura importante y la relatividad de la frase: el mejor curador es el agua. El método de curado aplicable, entre los muchos disponibles, dependerá, según se ha visto, de que tan rápido se este secando la superficie del concreto y de si ya se han presentado o no el fraguado inicial y final y de si las operaciones de afinado se han terminado o no. Esto implica que hay que conocer con cierta aproximación los tiempos de curado para el concreto en cuestión y bajo las condiciones climáticas particulares reinantes en la obra.

Muchas de las acciones que comprenden el hormigonado se ejecutan previamente al fraguado del concreto, por ejemplo la elaboración, el transporte, la colocación y la compactación del material.

El acabado del concreto (afinado) debe hacerse, preferiblemente, después de que termine la exudación del concreto y después del fraguado inicial del concreto, ya que antes la superficie no soporta las labores de afinado, ni las máquinas y sus operarios. Si en una losa de una bodega, por ejemplo, el acabado se hace durante la etapa de exudación, puede ocurrir que el agua quede atrapada bajo una fina capa superficial densificada lo que da como resultado la delaminación del concreto, el cual con el tráfico se deteriora a muy temprana edad. La Foto No.4 muestra esta situación en un pavimento de concreto.



Foto No.4: Aspecto brillante de una losa de concreto debido a la aparición del agua de exudación en su superficie.



Foto No.5: Delaminación del concreto debida al afinado muy temprano de la superficie.

De igual manera las labores de afinado hechas con una superficie colmada con el agua de exudación provocan la formación de una pasta de cemento aún más débil por el exceso de agua, lo que dará como resultado un piso con baja resistencia a la abrasión y polvoriento. Saber cuando termina la exudación es relativamente fácil, ya que la apariencia brillante de la superficie se pierde, pero existe la posibilidad de que la evaporación del agua de exudación sea igual a la cantidad de agua exudada, en dicho caso se pueden tomar decisiones erradas.

Para salir de dudas se acostumbra colocar un plástico transparente (60x60cm) sobre el concreto y observar, al cabo de algunos minutos, si hay condensación debida al agua de exudación. Generalmente las labores de afinado, cuando se realizan a mano, empiezan, en la práctica, después de que termina la exudación, siendo en muchos casos incluso necesario agregar algo de agua a la superficie para lograr afinarla.

En la construcción industrializada de pavimentos, donde se emplea equipo extendedor, de formaleta deslizante, el cual va afinando con rodillo y regla vibratoria la mezcla a medida que la va colocando, tiene implementado un sistema para ir curando a medida que se va afinando la superficie, estas mezclas, generalmente, son de baja relación agua/cemento, muy bajo asentamiento y su exudación es mínima.



Foto No.6: Automatización del curado de un pavimento de concreto para un aeropuerto.

El texturizado de la superficie (el estampado por ejemplo) debe hacerse entre el fraguado inicial (momento para el cual el piso ya soporta presión de moldes y una ligera compactación) y el fraguado final, cuando ya no es factible texturizar a no ser que se empleen medios mecánicos.



Foto No.7: Estampado del concreto de una vía para mejorar su apariencia.

Duración del curado

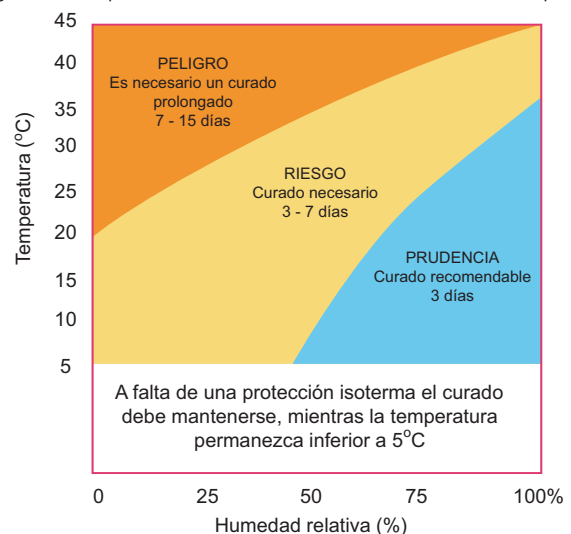
Siempre habrá discusión sobre qué tanto debe prolongarse el curado de una estructura. No existe una única respuesta para este interrogante. Los materiales ligantes han cambiado en los últimos años de una manera dramática, el uso extensivo de adiciones al cemento y al concreto se ha vuelto común, la finura de los cementos se ha incrementado para recuperar parte de la resistencia inicial que se pierde por el empleo de una gran cuantía de adición puzolánica. La fisuración del concreto ha aumentado también en la actualidad, probablemente por deficiencias en el curado, por la implementación de sistemas constructivos industrializados con muros muy esbeltos y sensibles a la evaporación del agua, así que la lucha para conseguir un concreto con un desarrollo de resistencia "normal" ha hecho que se mire de nuevo hacia el curado adecuado del concreto y se insista en las obras de que un buen concreto puede echarse a perder, definitivamente, debido a malas prácticas de curado.

Desde hace ya varias décadas se aconsejaba que a un concreto de resistencia normal (21 a 35 Mpa a 28 días) se le diera un tiempo mínimo de curado 7 días. En cierta forma esto coincide con la especificación actual que dice que un concreto de resistencia normal debe curarse hasta que complete el 70% de la resistencia a compresión especificada. Por otra parte para un concreto de alta resistencia inicial se especifica que debe curarse 3 días y esto coincide, también, más o menos con la obtención para este tipo de concreto del 70% de resistencia a compresión.

Sin embargo estas especificaciones parten de la convicción de que, en las condiciones de obra, la estructura curada como se especifica completará la hidratación del cemento y se alcanzará la resistencia especificada a los 28 días.

Poco o nada se dice sobre las especificaciones de durabilidad y esto es grave. La desecación del concreto ocurre rápidamente y se concentra en sus primeros centímetros en un ambiente que favorezca la evaporación del agua. Esta afectación puede alcanzar 20 a 30 mm, lo que constituye un motivo de preocupación en lo que respecta a la durabilidad del elemento, ya que en presencia de bajos espesores de recubrimiento, hayan sido estos especificados o generados en la obra, en un corto período pueden generarse condiciones suficientes para que se produzca la corrosión del acero de refuerzo.

Figura No.4: Tiempos de curado mínimo recomendables de acuerdo con la temperatura y la



humedad relativa del medio ambiente (5).

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

Curado de concretos adicionados

La presencia obligatoria de agua para la hidratación de ligantes compuestos por cemento Pórtland y una adición reactiva es bien conocida. La reacción puzolánica se da sólo en presencia de humedad y requiere como promotor al hidróxido de Calcio, como se muestra a continuación:

En el proceso de hidratación del cemento Pórtland se presenta, de manera rápida, la siguiente reacción:

Silicato de Calcio + Agua → Silicato de Calcio Hidratado + Hidróxido de Calcio

En un compuesto binario: cemento + puzolana reactiva la reacción (que es lenta) será:

Puzolana + Hidróxido de Calcio + Agua → Silicato de Calcio Hidratado

Estas particularidades de la hidratación de ligantes donde aparecen adiciones reactivas demuestran que para concretos con este tipo de ligantes el curado es de vital importancia, ya que si el agua escasea puede, en primer lugar, presentarse una hidratación incompleta de los compuestos que generan hidróxido de Calcio y, de paso, puede quedar puzolana sin reaccionar por ausencia de humedad y baja disponibilidad de hidróxido de Calcio, lo que la convertiría en un agregado más.



Foto No. 8: Microfotografía de una ceniza volante usada como adición al concreto.

Las normas para el diseño de estructuras durables, tanto en Europa como en Latinoamérica, propenden por un curado más prolongado de mezclas de concreto hechas con adiciones puzolánicas reactivas y se establece la cifra en 10 días. Esta práctica colaboraría no sólo en la obtención de las propiedades mecánicas sino en las propiedades de durabilidad especificadas. Como una recomendación general sobre cuánto tiempo es recomendable curar el ACI 308R sugiere que se extienda el curado hasta que la propiedad especificada que se desarrolle más tardíamente se haya completado.

La Tabla No.1 muestra para diferentes tipos de cemento los requerimientos de tiempo de curado mínimo para concretos con diferentes relaciones agua/cemento como se especifican en Brasil. La Tabla No.2 muestra los factores de corrección para los tiempos mínimos de curado consignados en la Tabla No.1 para varias humedades relativas, para elementos de diferente relación área/volumen y para varios grados de agresividad del medio ambiente que rodea la estructura (6).

Tipo de Cemento	Relación agua /cementante			
	0.35	0.55	0.65	0.70
I y II	2	3	7	10
Puzolánico Con escoria o ceniza volante	2	3	7	10
III	2	3	5	5
ARI	2	3	5	5

Tabla N° 1: Tiempos mínimos de curado para diferentes tipos de ligante y para varias relaciones agua/cementante.

Condiciones atmosféricas	Temperatura	T° < 15°C		16°C < T° < 39°C	
	Humedad rel. Aire (%)	HR < 70%	HR ≥ 70%	HR < 70%	HR ≥ 70%
Coefficiente de corrección (n ₁) del tiempo de curado		1.10	1.05	1.05	1.00
Relación área expuesta/volumen del elemento (R)		R ≤ 0.20	0.20 < R < 0.40	0.20 < R < 0.40	R ≥ 0.70
Coefficiente de corrección (n ₂)		1.00	1.05	1.10	1.20
Agresividad del medio ambiente*		Débil	Media	Fuerte	Muy fuerte
Coefficiente de corrección (n ₃)		1.00	1.10	1.20	1.30

* De acuerdo con la norma NBR 6118
Tabla No.2: Factores de corrección para los tiempos mínimos de curado de la Tabla No.1, en función de la temperatura, la humedad relativa del aire, la esbeltez del elemento y la agresividad del medio ambiente.

Para incrementar la durabilidad de una estructura, es de mucha importancia obtener una baja permeabilidad del concreto tanto a gases como a cloruros. Es bien conocido el gran aporte de las puzolanas en la labor de disminuir la permeabilidad por absorción capilar, lo que ayuda a controlar el ingreso de sales, sin embargo en lo que atañe a la carbonatación la reserva alcalina de concretos muy adicionados es baja, ya que la reacción puzolánica consume Hidróxido de Calcio. Lo que implica que para hacer estos concretos resistentes a la carbonatación haga falta trabajar con bajas relaciones agua/cementante y curar larga y cuidadosamente el concreto para promover una capa de recubrimiento sobre el acero densa y sin fisuras; por esta razón se aconseja extender la duración del curado de concreto con adiciones reactivas por lo menos a 10 días, en particular de mezclas donde la relación agua/cementante es superior a 0,65.

Propiedades del concreto que se ven beneficiadas por un adecuado curado

Analicemos las propiedades del concreto que se ven beneficiadas por un oportuno y apropiado proceso de curado. Podemos dividir esas propiedades en las que tienen que ver con la resistencia mecánica y las que tienen que ver con la durabilidad, que son las que a menudo se olvidan.

La Figura No.1 al inicio del documento, muestra el desarrollo de la resistencia a compresión de concretos curados al aire y concretos a que se curaron con agua. Observando las curvas, no se requiere mucho esfuerzo para comprender la importancia del curado sobre esta propiedad tan importante del material.

Existe polémica sobre cuál debería ser la manera de controlar la eficiencia del curado. Generalmente se califica la mezcla suministrada por el productor, mediante la toma de cilindros normalizados que son fallados a compresión o viguetas normalizadas que son falladas a flexión (Módulo de rotura). Estas probetas son curadas mediante un método estandarizado y sirve únicamente como control de calidad del material suministrado. La estructura se cura de otra manera o no se cura. Colocar cilindros cerca de la estructura y practicarles el mismo proceso de curado que se le hace a la estructura puede no reproducir lo que está pasando en ella, ya que el factor de escala es importante. Por ejemplo una columna de ciertas dimensiones y un cilindro normalizado pierden humedad de manera muy distinta. Así las cosas, extraer núcleos o testigos y fallarlos a compresión puede resultar más útil para medir la eficiencia del curado y evaluar cómo ha influido en la resistencia a compresión del concreto de la estructura. Para evaluar la influencia del curado en el módulo de rotura habría que aserrar viguetas, lo que es un poco más complicado pero factible.

El constructor cada vez es más consciente de la necesidad de obtener losas de piso más resistentes a la abrasión. En esta lucha es conveniente disminuir la exudación del con concreto ya que afecta la capa más expuesta del concreto, origina pisos polvorientos y de baja resistencia al desgaste. Pero el impacto del curado sobre la resistencia a la abrasión generalmente pasa desapercibido. La Figura No.6 incluye los resultados de pruebas de abrasión sobre probetas de concreto que muestran claramente, que curar por lo menos 7 días aumenta notablemente la resistencia al desgaste (7).

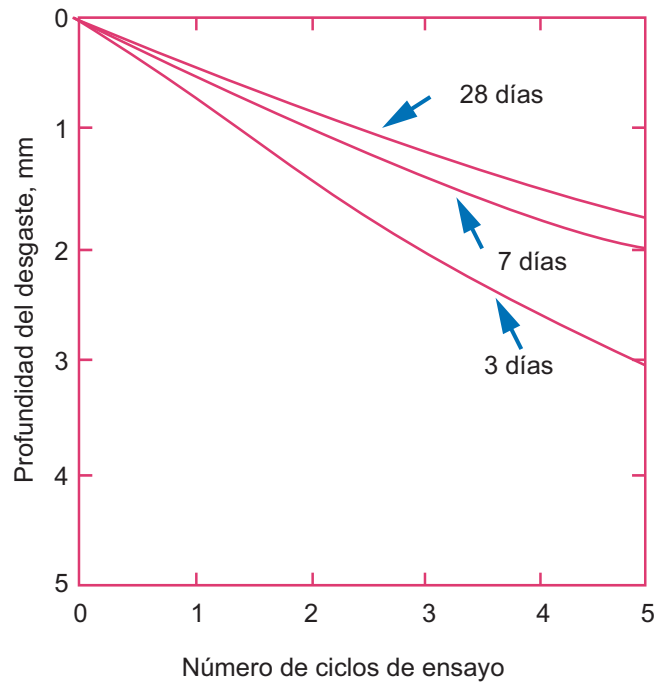


Figura No.6: Efecto del curado del concreto sobre la resistencia a la abrasión.

La Figura No.7 del mismo investigador muestra cómo aplazar el inicio del curado 24 horas afecta en gran medida la resistencia al desgaste, dato de gran interés para quienes construyen pisos y pavimentos de concreto.

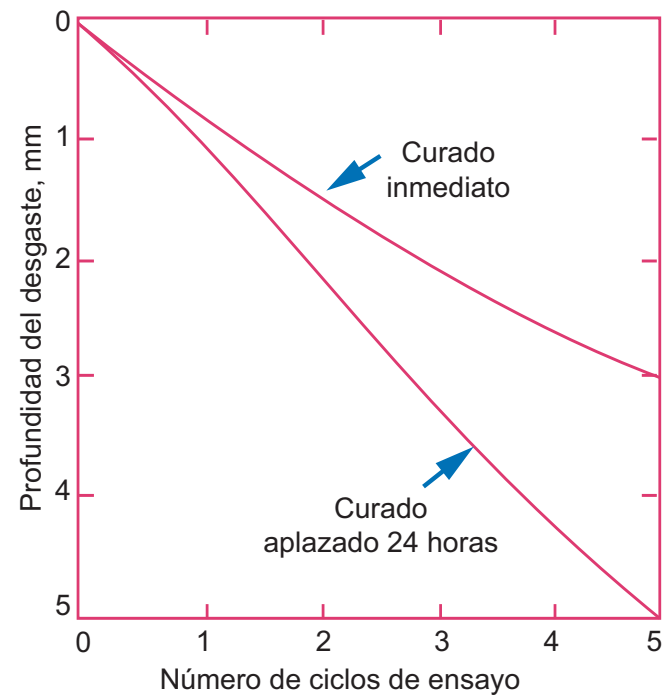
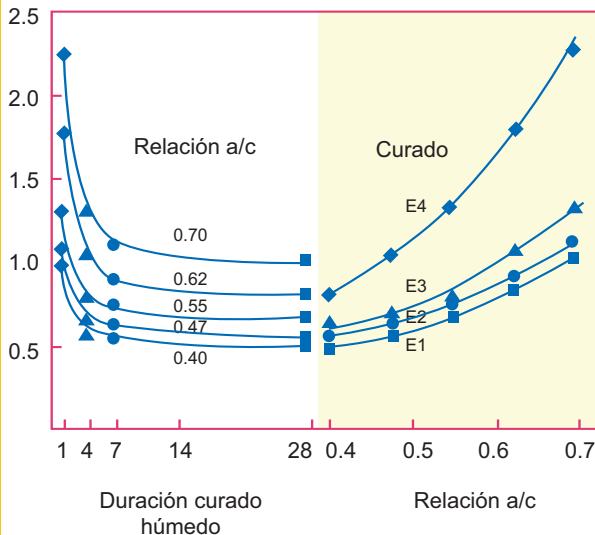


Figura No.7: Efecto del aplazamiento del curado sobre la resistencia del concreto a la abrasión.

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

La Figura No.8 es incluso más ilustrativa ya que muestra la profundidad de la abrasión en probetas que, antes de la prueba, fueron sometidas a diferentes regímenes de curado y muestra, también, la influencia de la relación agua/cementante en la resistencia a la abrasión (8).



E1: 24 horas cubierto con tela húmeda y luego 27 días de inmersión en agua a 20°C
 E2: 24 horas cubierto con tela húmeda, luego 6 días de inmersión en agua a 20°C y finalmente 21 días al aire a 20°C y 55% de HR.
 E3: 24 horas cubierto con tela húmeda, luego 3 días de inmersión en agua a 20°C y finalmente 24 días al aire a 20°C y 55% de HR.
 E4: 24 horas cubierto con tela húmeda y luego 27 días al aire a 20°C y 55% de HR.

Figura No.8: Relación entre resistencia a la abrasión de un concreto y el curado.

En lo que respecta a la durabilidad de la estructura son también muchas y no menos importantes, las propiedades del concreto que se ven mejoradas con una buena práctica de curado. Por ejemplo la permeabilidad al agua y la absorción capilar del concreto se ven reducidas de manera importante a medida que se prolonga el curado húmedo. La Figura No.9 muestra la influencia del curado en la permeabilidad del concreto al agua (9).

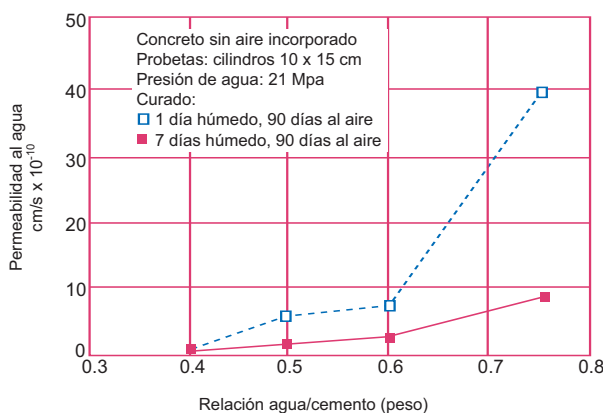


Figura No. 9: Influencia del curado en la permeabilidad del concreto al agua.

Del análisis de esta figura se desprenden varias conclusiones, la primera que es clara la influencia de curar por lo menos 7 días para reducir la permeabilidad del concreto y en segundo lugar que reducir agua, mediante el empleo de reductores de agua de alto poder, es una de las más poderosas ayudas para hacer concreto impermeable.

La Figura No.10 muestra la absorción superficial de agua del concreto para varias relaciones agua/cemento y varias duraciones de curado inicial con agua. Se aprecia una reducción del 50% en la absorción simplemente curando 4 días en lugar de 1 día. Este ensayo podría normalizarse para la evaluación de la eficiencia de un método curado, ya que un deficiente curado del concreto afecta principalmente el recubrimiento de concreto, lo que manifiesta en una capa porosa y débil y el ensayo evalúa exactamente esa situación (9).

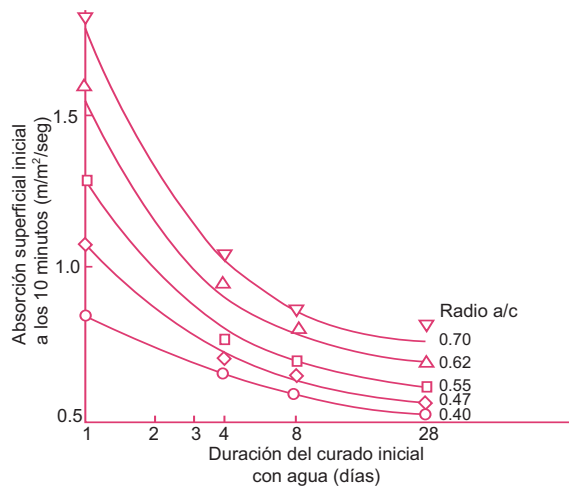


Figura No.10: Absorción superficial de agua de concretos con varias relaciones agua/cemento y para varias edades de curado.

La Figura No.11 muestra la influencia del curado en la permeabilidad al oxígeno del concreto. Tanto el ingreso de agua como el de oxígeno son elementos sin los cuales no hay corrosión, de ahí la importancia de frenar su ingreso hasta el acero de refuerzo. Una baja permeabilidad al oxígeno seguramente redundará en una baja penetración de CO2 que se traduce en una baja velocidad de carbonatación, principal factor generador de corrosión en estructuras de ciudades con alta contaminación atmosférica (10).

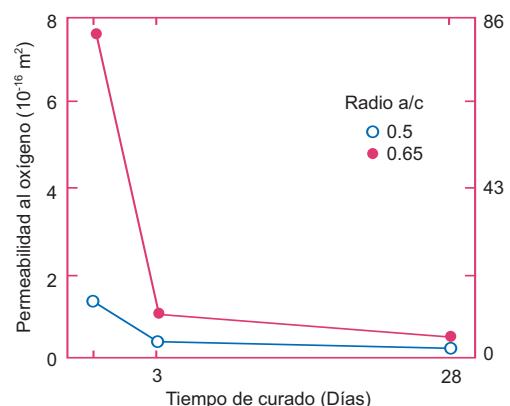


Figura No.11: Efecto del curado en la reducción de la permeabilidad al oxígeno de la superficie del concreto.

Por último la figura No.12 muestra para varios tipos de curado la permeabilidad al oxígeno del concreto (11). Los mejores resultados se obtienen con agua, pero se aprecia también en la gráfica la bondad del uso de membranas de curado las cuales requieren de una simple operación para su aplicación, contrario al riego de agua durante varios días que demanda atención y tiempo.

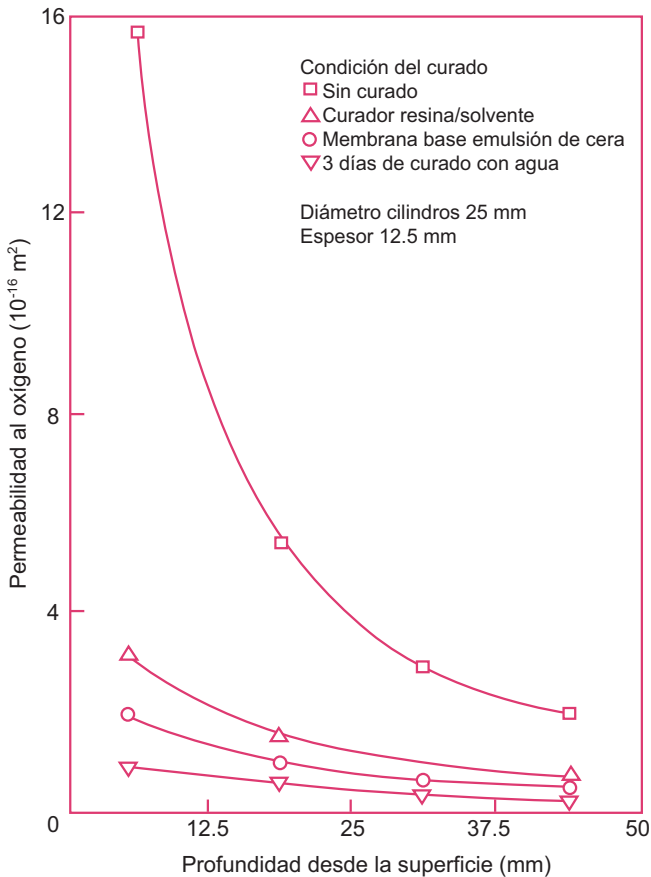


Figura No.12: Influencia de varios tipos de curado sobre la permeabilidad del concreto al oxígeno, medida a varias profundidades.

El curado del concreto y su influencia en la contracción plástica

La contracción plástica del concreto es la causa más frecuente de fisuración por mapeo de losas de concreto de piso y pavimentos (Ver Foto No.6). Afecta principalmente a los elementos laminares, donde hay una gran área expuesta. Se origina este fenómeno por la desecación superficial del concreto cuando la evaporación de agua es mayor que el aporte que hace la exudación a la superficie del concreto.

El fenómeno puede tener mayor probabilidad de ocurrencia en concretos con baja relación agua/cemento ($a/c < 0,45$), ya que mezclas con relaciones altas exudan mucho “protegiendo” el concreto. Uno se sentiría tentado entonces a usar, para elaborar pavimentos, mezclas con alta relación agua/cemento, pero esto no es una solución pues aunque pueda controlar la contracción plástica, genera muchos e importantes inconvenientes:

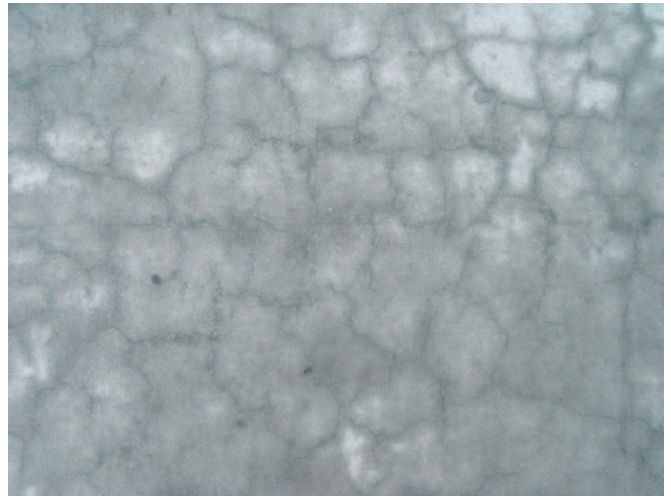


Foto No.8: Patrón típico de fisuración por contracción plástica en una losa de concreto

son mezclas muy porosas, desarrollan baja resistencia mecánica, serán permeables, poco resistentes a la abrasión y poco durables. Más bien, cuando se tenga mezclas de baja relación agua/cemento se debe estar muy atentos a ellas desde el comienzo y diseñar una buena estrategia de curado húmedo, seguido de alguna protección superficial (curadores de membrana, telas húmedas o una combinación de estos dos).

En concreto con muy baja relación agua/cemento y de muy baja exudación (ausencia de capilares y por ende de agua capilar que ascienda a la superficie) se puede presentar una resequead superficial muy grande, debe entonces aportarse agua desde el exterior, que recupere el nivel de humedad de la superficie, refrigere y evite el agrietamiento. La aplicación de un curado inicial húmedo dará como recompensa una superficie resistente, sin grietas. El uso de retardadores de evaporación es también recomendado y se complementa con la aplicación de compuestos curadores, que se encargarán del curado posterior. La aplicación posterior de agua es recomendada para mantener baja temperatura en el concreto y alta humedad en el ambiente.

Factores que incrementan la contracción plástica

El constructor generalmente ha acusado al sol y la baja humedad relativa de la fisuración por contracción plástica. Sin embargo estudios recientes muestran cómo el viento puede causar más afectación en lo que se refiere a la contracción plástica que los dos factores climáticos enunciados al principio.

La Figura No.13 muestra algunos de los resultados de la tesis de doctorado de la ingeniera Erika Holt (12) sobre contracción del concreto, donde se ve claramente la gran influencia del viento en la desecación del concreto y su contracción, con valores muy superiores a la contracción causada por un ambiente seco, es decir con baja humedad relativa.

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

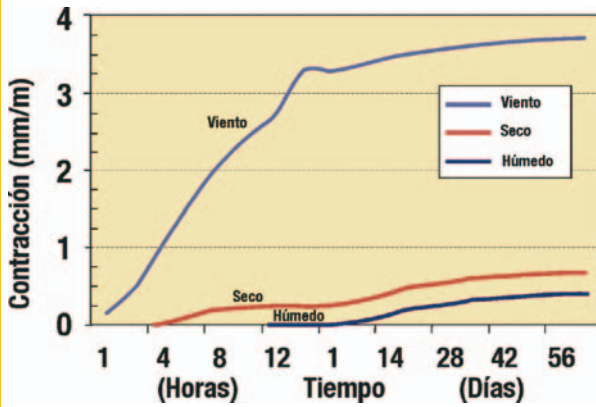


Figura No.13: influencia del viento y de la humedad relativa en la contracción plástica.

Debe aclararse aquí que la contracción plástica es un problema del concreto cuando aún no ha fraguado, es decir cuando se encuentra aún en estado plástico (de ahí su nombre de contracción plástica), lo que indica que los cuidados para evitar la fisuración de un pavimento o losa deben empezar durante la colocación del concreto, especialmente en climas desfavorables. La Figura No.14 muestra un nomograma para calcular la pérdida de agua de un concreto por unidad de área, en función de las variables climáticas más importantes.

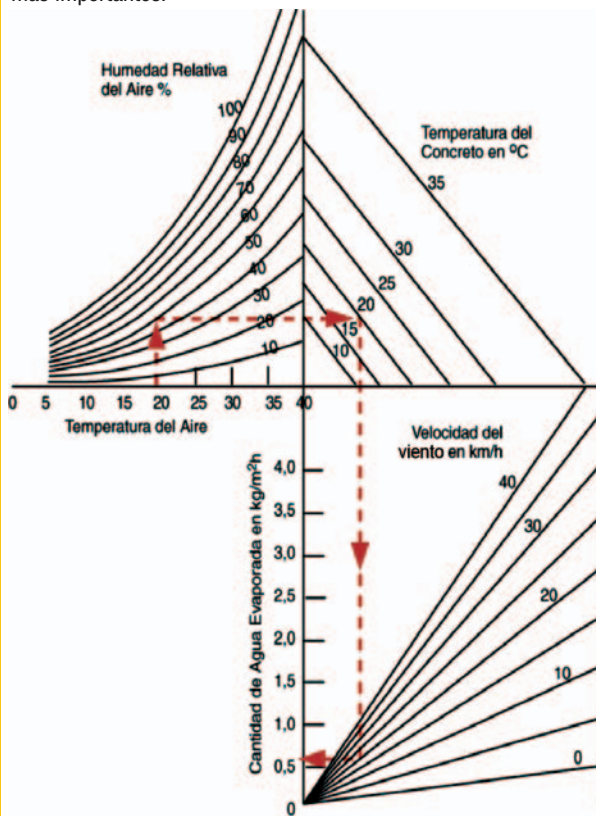


Figura No.14. Nomograma de Menzel para el cálculo del agua evaporada en función de la Temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento (14).

La mejor arma para enfrentar la contracción plástica es la aspersión de una niebla de agua sobre la superficie de la losa, una vez se nota que la superficie ha perdido el brillo de la humedad causada por la exudación y se torna mate. Debe tenerse en cuenta que algunos concretos pueden no exudar, lo que hace que se tenga que pensar bien y diseñar una muy buena estrategia de curado en este caso (concretos con humo de sílice, concreto con aire incorporado). El mejor curado es el agua, es una de las frases más conocidas de la tecnología del concreto. La cosa es que nadie había dicho cuánta agua. La misma ingeniera Holt (12) muestra en la Figura No.15 que, sólo cuando se coloca una capa de agua equivalente a 3 kg /m², la contracción puede ser minimizada. Esto equivale, en la práctica, a inundar la losa. Este hecho pone de manifiesto la poca utilidad de aplicar un ligero riego de agua para controlar la contracción plástica, o como parte de una estrategia de curado.

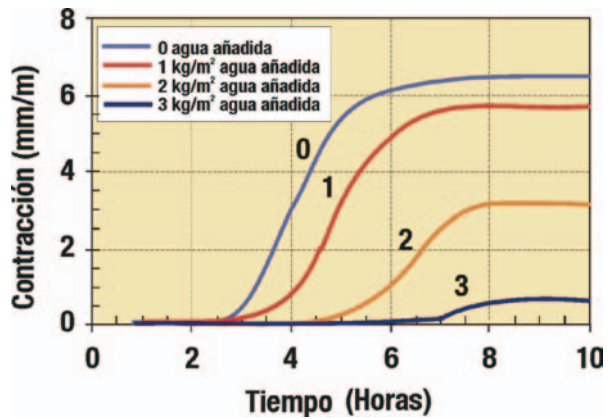


Figura No.15: Cantidad de agua a añadir por metro cuadrado de estructura para controlar la contracción plástica del concreto

De igual manera la aplicación de curadores de membrana, una gran herramienta disponible para frenar la evaporación del agua, debe hacerse poniendo especial cuidado dos cosas importantes: la primera que el curador cumpla con la normativa existente aplicable a cada tipo de curador, por ejemplo para curadores que forman membrana los requerimientos los fija la norma ASTM C-309, que exige que la evaporación de agua, con la cantidad de curador recomendada por el fabricante o en su defecto 200 gramos /m², sea menor a 0,55 kg/m² al cabo de 72 horas de prueba (13); y la segunda que se aplique una cantidad suficiente de curador para crear una membrana que evite al máximo la evaporación de agua. La Figura No.16, muestra que con velocidad del viento de 9 km/h se requiere más de 225 gramos/m² de curador para evitar la contracción plástica (12).

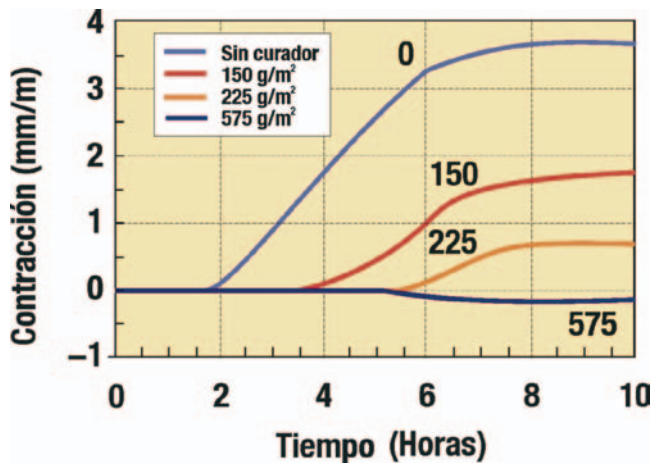


Figura No.16: Requerimiento de curador de membrana por unidad de área para el control de la contracción plástica del concreto expuesto a una velocidad de viento de 9km/hr.

Un comentario, que vale la pena hacer, antes de terminar esta sección. Tiene que ver con los ensayos para determinar el cumplimiento de la norma por parte de un curador de membrana. Existen en la literatura técnica (15) varios comentarios sobre la falta de precisión del ensayo ASTM C-309 y la baja reproducibilidad de resultados. En ensayos realizados con un mismo compuesto curador por un mismo operario, como una prueba de la bondad de la determinación, el compuesto curador falló 7 veces y cumplió la especificación en 8 ocasiones, lo que complica la interpretación del resultado. De todas maneras, de llevarse a cabo, la prueba debe desarrollarse con una gran rigurosidad y esmero en los detalles, para no obtener resultados erróneos.

El constructor que trabaja con suministradores serios puede confiar en la veracidad de la información sobre el desempeño de los productos que estos llevan al mercado. En muchas obras el control del curador se hace de acuerdo al consumo para un área dada. El cociente debe corresponder al consumo recomendado por el fabricante. Y como una prueba de eficiencia se debería monitorear el logro de las propiedades especificadas.

Tipo de concreto especial	Documento ACI aplicable
Concreto refractario	547.1R
Concreto Aislante	523.1R
Concreto con Cemento Expansivo	223
Concreto Compactado con Rodillo	207.5R
Concreto Arquitectónico	303 R
Concreto Proyectado	506.2
Concreto Reforzado con Fibras	544.3R
Construcción con formaletas deslizantes	313

El curado de concretos especiales (1)

La Tabla No.3 muestra el resumen de métodos de curado para concretos especiales que hace el ACI 308 R.

Bibliografía

1. ACI Committee 308 R "Guide to Curing Concrete", American Concrete Institute, Detroit, 2001.
2. Power, T.C., "A discussion of Cement Hydration in Relation to the Curing of Concrete", Proceedings, Highway Research Board, V.27, 1948.
3. Kosmatka and Panarese, W.C., "Design and Control of Concrete Mixtures", Portland Cement Association, Skokie, Ill, 13th Ed, 1988.
4. Scanlon, J. M., "Controlling Concrete during Hot and Cold Weather", Concrete International, Farmington Hills, MI, June 1997.
5. García San Martín, J. M., "Compuestos de Curado", Seminario 1.2 "Aditivos para Hormigones, Morteros y Pastas", Madrid, 1982
6. IBRACON, "Concreto, Ensayo, Investigación y Realizaciones", Editor G. C. Isaia, Sao Paulo, 2005.
7. Sawyer, J.L., "Wear test on Concrete using the German Standard Method of Test Machine", Proceedings ASTM, V.57, 1957.
8. Dhir, R. K., Hewlett, P. C., and Chan Y. N., "Near surface Characteristics of Concrete. Abrasion Resistance, Materials and Structures, V.24, 1991.
9. (Kosmatka S. H., and Panarese, W. C., "Design and Control of Concrete Mixtures", Portland Cement Association, Skokie Ill, 13th Edition, 1988.
10. Grube, H., and Lawrence, C.D., "Permeability of Concrete to Oxygen", Proceedings, RILEM Seminar on the Durability of Concrete under Normal outdoor exposure, Hanover University, 1984.
11. Gowriplan, N., Cabrera, J.C., Cusens, A.R., and Wainwright, P.J., "Effect of Curing on Durability", Concrete International, V.12, No.2, Feb,1990.
12. Holt, Erika E., "Where did these Cracks come from?", ACI, Concrete International, September, 2000.
13. ASTM C-309, "Specifications for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete", V 04.02, ASTM, Philadelphia, 1988.
14. Menzel, C. A., "Causes and Prevention of Crack Development in Plastic Concrete", Proceedings, Portland cement Association Annual Meeting, 1954.
15. Senbetta, E., "Concrete Curing Practices in the United States", ACI, Concrete International, November, 1988.

Sika Informaciones Técnicas

Curado del Concreto

Sika en Latinoamérica

Sika Argentina S.A.I.C
Tel: 734 3500
Buenos Aires

Sika Bolivia S.A.
Tel: 414 169
La Paz

Sika Brasil
Tel: 7087 4600
Sao Paulo

Sika Colombia S.A.
Tel: 878 6333
Tocancipá – Cundinamarca

Sika S.A. Chile
Tel: 510 6500
Santiago

Sika Dominicana S.A.
Tel: 1-8095307771
Santo Domingo

Sika Ecuatoriana S.A.
Tel: 81 7900
Guayaquil

Sika Costa Rica S.A.
Tel: 2933870
San José

Sika Guatemala S.A.
Tel: 385 2375 al 77
Ciudad de Guatemala

Sika Mexicana S.A.
Tel: 018001237452
Querétaro

Sika Panamá S.A.
Tel: 271 4727/28/29
Panamá

Sika Perú S.A.
Tel: 618 6060
Lima

Sika Uruguay S.A.
Tel: 200 1037
Montevideo

Sika Venezuela S.A.
Tel: 300 1000/838 8317
Valencia

Sika Colombia S.A.

BARRANQUILLA

Calle 30 No. 1 – 25
Centro Ind. Barranquilla
Tels.: (5) 3344932 – 3344934
Fax: (5) 3344953
E-mail:
barranquilla.ventas@co.sika.com

CALI

Calle 13 No. 72 – 14
Centro Comercial Plaza 72
Tels.: (2) 3302171 – 3302162
3302163 – 3302170
Fax: (2) 3305789
E-mail: cali.ventas@co.sika.com

CARTAGENA

Albornoz – Vía Mamonal
Carrera 56 No. 3 – 46
Tel.: (5) 6672216 – 6672044
6672216
Fax: (5) 6672042
E-mail:
cartagena.ventas@co.sika.com

EJE CAFETERO

Carrera 2 Norte 9 – 156 – Bodega 16
Kilometro 7 – Vía la Romelia – El Pollo
Dosquebradas – Risaralda
Tel: (6) 3327020 / 3327040 / 3327060
Fax: (6) 3222729
E-mail:
pereira.ventas@co.sika.com

MEDELLIN

Km. 34 Autopista
Medellín – Bogotá
Rionegro
PBX: (4) 5301060
Fax: (4) 5301034
E-mail:
medellin.ventas@co.sika.com

SANTANDERES

Kilómetro 7 – Vía a Girón
Bucaramanga – Santander
PBX: (7) 646 0020
Fax: (7) 646 9000
E-mail:
santander.ventas@co.sika.com

TOCANCIPA

Vereda Canavita, km 20.5
Autopista Norte, Tocancipá,
Cundinamarca
Conmutador: (1) 878 6333
E-mail:
bogotá.ventas@co.sika.com
oriente.ventas@co.sika.com

Internet: col.sika.com • E-mail: sika_colombia@co.sika.com

