LOS "CUÁNDO, POR QUÉ Y CÓMO" DE LOS DEFECTOS EN PISOS Y PAVIMENTOS: AMPOLLAS, DELAMINACIONES, EMPOLVAMIENTO Y MAPEO SUPERFICIAL

Ms. Ing. Maximiliano Segerer
Control y Desarrollo de Hormigones
www.cdhormigones.com.ar

En los números anteriores de Hormigonar se estudiaron las causas de fisuración más frecuentes en todo tipo de elementos de hormigón. Además de las patologías ya analizadas, existen otros defectos que son característicos de pisos y pavimentos de hormigón, entre los que se destacan:

1) Ampollas

2) Delaminaciones

3) Empolvamiento superficial

4) Fisuración en mapa

5) Decoloraciones y eflorescencias

6) Alabeo de losas

7) Desprendimientos (pop-outs) y delaminaciones por durabilidad

8) Problemas relacionados con juntas

9) Problemas derivados de subbase o drenajes inadecuados

En el presente artículo se estudiarán las cuatro primeras debilidades superficiales, ya que responden a principios muy similares. En todos los casos, su presencia disminuye la utilidad, la estética, la funcionalidad, la vida útil del pavimento y/o la resistencia al desgaste, entre otros, por lo que deben tomarse las medidas necesarias para prevenirlas, las cuales no son complejas pero sí muchas veces olvidadas.

Los defectos arriba mencionados están condicionados, entre otros, por los siguientes parámetros:

- Tareas de terminación superficial: una terminación prematura con el hormigón aún exudando o empleando técnicas inadecuadas provocará, seguramente, debilidades superficiales
- Exudación del hormigón fresco: una excesiva exudación de agua en la cara expuesta del piso suele traer aparejados ciertos problemas, siendo fundamental su estudio desde la dosificación misma del hormigón, como por ejemplo, minimizando la cantidad de agua de mezclado
- Condiciones ambientales: al igual que en la fisuración del hormigón fresco y endurecido, las condiciones del ambiente durante la colocación y algunas horas posteriores influencian de manera determinante la calidad final de las superficies y su posterior resistencia al desgaste

¿Cómo y por qué aparecen los defectos y debilidades superficiales?

- Ampollas: las ampollas (figura 1) son protuberancias huecas bajo el perfil en la superficie del hormigón. Típicamente, el diámetro de las mismas es de un

centímetro (cm), pero pueden encontrarse de entre 5 mm hasta 10 cm. Las ampollas se pueden formar en la superficie del hormigón fresco cuando vacíos de aire o el agua de exudación ascienden en los hormigones plásticos y fluidos y son atrapados bajo la superficie que ha sido sellada prematuramente durante el llaneado. Este rápido sellado de la superficie (una delgada capa de 2 a 4 mm) ocurre frecuentemente cuando la parte superior de la losa se endurece, se seca o se fragua más rápidamente que el resto del hormigón en el interior de la losa. No es fácil reparar estos defectos cuando el hormigón ha endurecido.



1. Ampollas en pisos llaneados



2. Delaminaciones en pavimentos no llaneados

- Delaminaciones: las delaminaciones (figura 2) son causadas por técnicas inapropiadas en la terminación de las superficies que sellan a ésta y atrapan agua que de otra manera hubiera sido evaporada como agua de exudación. En una superficie delaminada, una capa de entre 2 a 8 mm de espesor de la parte superior se torna más densa y se separa de la losa base. La delaminación ocurre cuando la superficie del hormigón fresco es sellada mediante un alisado con llana mientras el hormigón subyacente está en estado plástico y exudando o aún puede liberar burbujas de aire. Otra causa frecuente es cuando la evaporación rápida del agua de exudación debido al secado de la superficie (condiciones similares a las determinantes para la fisuración por contracción plástica) hace que la misma parezca estar lista para el llaneado, mientras que el hormigón inferior está aún en estado plástico.

- Empolvamiento superficial: la formación de polvo (figura 3) debido a la desintegración de la superficie del hormigón endurecido se denomina "empolvamiento" o "pulverización". Es el resultado de una capa delgada y débil llamada lechada, compuesta de agua, cemento y partículas muy finas. Este proceso ocurre cuando se presenta una exudación excesiva y/o se llevan a cabo malas prácticas de terminación superficial. Existe mayor probabilidad de ocurrencia en clima frío, ya que el período que se mantiene el hormigón en estado fresco es mayor, por lo que hay más tiempo de permanencia del fenómeno de exudación. Es decir, la exudación hace que la relación agua/cemento de la zona superficial resulte mayor que la del resto de la masa de hormigón, por lo cual la resistencia de esta zona es menor. El alisado con agua de exudación expuesta sólo mezcla el exceso de agua, haciendo que vuelva a la superficie, y debilita más la resistencia al desgaste, originando la formación de polvo.

- Mapeo superficial: un patrón de finas fisuras usualmente separadas un par de pulgadas es llamado fisuración por mapeo (figura 4), piel de cocodrilo o afogarado (map cracking o crazing, según su expresión en inglés). Generalmente estas fisuras son poco profundas y no causan problemas de performance a largo plazo. La fisuración en mapa es el desarrollo de una red de finas "cuarteaduras" o fisuras aleatorias sobre la superficie del hormigón, causadas por una contracción por secado excesiva de la capa superficial. Se presentan como áreas hexagonales irregulares con dimensiones de entre 20 y 60 mm. Ellas no afectan »

por lo general la integridad del hormigón y raramente afectan la durabilidad o la resistencia al desgaste, sólo colectando polvo con el tiempo, no siendo estructurales pero sí antiestéticas.



3. Empolvamiento superficial en pisos



4. Mapeo superficial moderado (izquierda) y leve

¿Cómo identificarlos?

En general, todas estas debilidades pueden aparecer a los pocos días del hormigonado o cuando comienza el tránsito a circular sobre el piso o pavimento de hormigón. Las ampollas o delaminaciones van a ir apareciendo progresivamente hasta que con el tiempo se vayan eliminando todas las partes superficiales débiles, independientemente al hormigón elaborado provisto. En todos los casos, las reparaciones son muy difíciles y tienen siempre una gran incertidumbre.

Las delaminaciones de la superficie de una losa pueden variar desde algunos centímetros cuadrados hasta un área de metros cuadrados y pueden ser detectadas por un sonido hueco cuando se golpea con un martillo o con una pesada cadena de arrastre. Las delaminaciones aparecen entre dos y siete días posteriores al hormigonado y se manifiestan más severamente cuando el piso se pone en servicio.

En el caso del empolvamiento, las características principales de este fenómeno son que producen polvo bajo cualquier tipo de tráfico y que pueden ser raspadas con la uña con cierta facilidad. El ensayo cualitativo que siempre se realiza es frotar con la yema del dedo la superficie de hormigón, y en la misma queda el polvo superficial del hormigón (figura 4), lo cual puede apreciarse a los pocos días de haber hormigonado.

En lo que respecta al mapeo, es muy fácil su identificación visual por su aspecto característico. Generalmente, las fisuras se desarrollan a edad temprana y son apreciables de uno a 10 días, o cuando se pone en servicio el pavimento.

En la mayor parte de los casos, al extraer testigos (figura 5) puede apreciarse claramente una capa "ajena" al hormigón elaborado que es la que mayor relación agua/cemento tiene o que se presenta una marcada interfaz. Estas apreciaciones generalmente pueden realizarse a simple vista y en casos más complejos pueden complementarse con un examen petrográfico del hormigón endurecido.

¿Cómo prevenir los defectos o debilidades superficiales?

Así como para determinar el tiempo óptimo para la materialización de las juntas aparece el concepto de la "ventana de aserrado", en el caso de las tareas de terminación superficial aparece un tiempo óptimo en el cual deben realizarse, determinando así la "ventana de acabado" que se esquematiza en la figura 6.

- Todas las tareas de manipuleo, colocación, vibrado, regleado y fratachado deben ser realizadas lo más rápido posible antes de que el hormigón comience a exudar para evitar incorporar el agua de exudación a la superficie del piso o pavimento y así debilitarla

- Las tareas de espolvoreo de endurecedores y llaneado mecánico o manual deben ser postergadas lo más posible, sin que ello implique el riesgo de no obtener buenas terminaciones superficiales

En la bibliografía figura la regla práctica de que el piso debe »

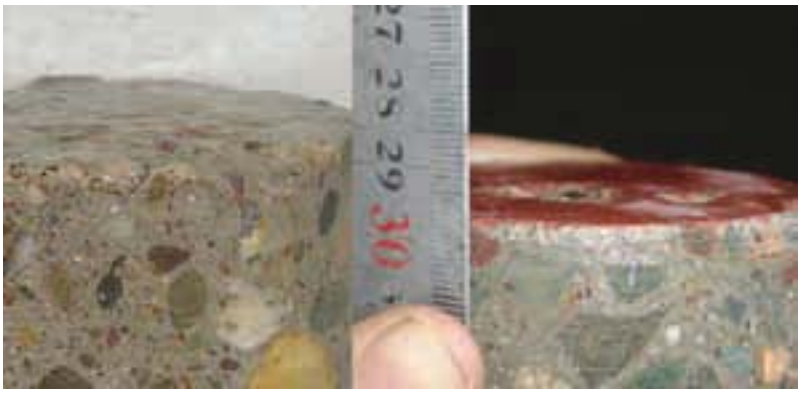
terminarse superficialmente con llana cuando una huella de una persona sobre el hormigón deja una marca de profundidad de entre 6 y 3 mm (1/4" y 1/8"). Una profundidad mayor de 6 mm indica que se sellará prematuramente la superficie, pudiendo aparecer las debilidades ya estudiadas. Una profundidad menor a 3 mm dificulta llegar a la planicidad requerida, o también genera defectos superficiales. La regla práctica de esperar a que no sea apreciable el brillo superficial del agua de exudación puede no ser correcta, ya que debido a condiciones atmosféricas adversas puede parecer que el hormigón ha terminado de exudar, pero es un fenómeno sólo superficial y continúa exudando, y al sellar su superficie prematuramente pueden aparecer defectos en el hormigón endurecido.

Una o más de las precauciones listadas abajo pueden eliminar la ocurrencia de debilidades superficiales y las mismas deben escogerse en función de la disponibilidad de medios en la obra:

► Dosificación del hormigón elaborado:

» Minimizar la exudación, ya que es el factor fundamental en la aparición de debilidades superficiales, empleando agregados bien graduados, aditivos reductores de agua, impedir incorporación de agua en obra y no emplear asentamientos elevados (superiores a 12 cm)

» No emplear mezclas muy cohesivas con un contenido de cemento moderado (hasta 350 kg/m3) y emplear agregados con material pasante tamices # 30, # 50, # 100 y principalmente # 200, no elevados



5. Testigos evidenciando debilidades superficiales

» Control del aire incorporado, ya que cantidades elevadas reducen la velocidad de exudación, pudiendo acabar prematuramente la superficie, principalmente en estructuras bajo techo

» Lograr una uniformidad en el inicio de fragüe de los diferentes pastones con constancia de asentamientos y no empleando aditivos que puedan retrasar el fragüe diferencialmente

► Prácticas constructivas

» No acabar prematuramente el hormigón, ya que puede sellarse la capa de lechada superficial o debilitar la superficie debido a la terminación cuando aún existe agua de exudación en la superficie

» No sobretrabajar el hormigón, ya que puede promoverse la aparición de una capa superficial "ajena" al hormigón y más débil

» Nunca espolvorear cemento sobre las superficies de hormigón fresco, ya que sella superficialmente la capa y genera una superficie de mucha mayor contracción por secado que el interior del hormigón

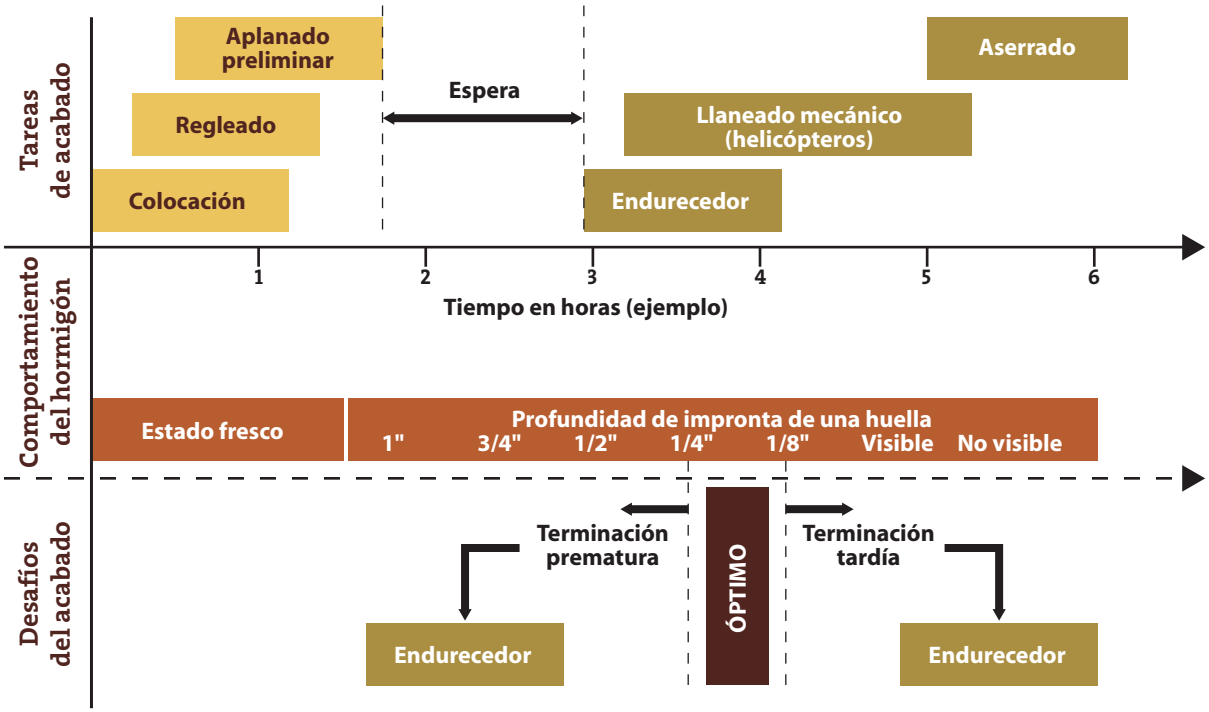
» Nunca "rociar" con agua la superficie del hormigón para facilitar el trabajo de acabado, ya que seguramente el piso presentará alguna debilidad. En caso de ser muy difícil terminar superficialmente estos elementos, es debido a una inadecuada consistencia (asentamiento), terminación fuera de los tiempos estipulados en la "ventana de acabado" o porque no se poseen herramientas adecuadas

» No espolvorear prematuramente los endurecedores superficiales, y nunca cuando el hormigón continúe exudando. En varios casos, los fabricantes especifican espolvorear en dos partes: una después del fratachado y la otra parte cuando ha terminado la exudación, pero nunca toda la cantidad al inicio

» Vibrar adecuadamente el hormigón, ya que el vibrado excesivo puede generar una capa de lechada superficial que provoque futuros defectos

» Realizar las tareas de colado, vibrado, regleado y fratachado lo más rápido posible para que cuando comience a exudar el hormigón nunca se trabaje el hormigón hasta que »

6 Ventana de acabado y ejemplo de tiempos recomendados para diferentes tareas



se evapore el agua de exudación, no incorporándola a la capa superficial del piso o pavimento

» Realizar adecuadamente todas las tareas de protección teniendo en cuenta si el piso será o no llaneado mecánicamente

» Realizar adecuadamente el curado del hormigón y aplicarlo lo más rápido posible una vez finalizadas todas las tareas de terminación

▶ Condiciones ambientales:

» Evitar la rápida evaporación del agua de exudación, ya que opaca rápidamente la superficie mientras el hormigón en el interior continúa exudando, debiendo tomar las precauciones descriptas en el artículo de "Fisuración por contracción plástica"

» Ventilar los espacios cerrados, ya que el contacto del aire muy cargado en dióxido de carbono con la superficie de hormigón en sus primeros días puede provocar el empolvamiento superficial

» Proteger al hormigón de las condiciones de tiempo frío, procurando no retrasar en demasía el fragüe del hormigón, y evitar posibles condensaciones de agua sobre el hormigón en locales con elevada humedad. ¶