

# PISOS Y PAVIMENTOS EN CONCRETO: Conceptos, tendencias y buenas prácticas

Reproducción autorizada por la revista Noticreto # 115, de Septiembre – Octubre 2013. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – ASOCRETO.

LA EFICIENCIA EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PISO O PAVIMENTO DE CONCRETO DEBE QUEDAR REFLEJADA EN LA CALIDAD DEL TRABAJO FINAL, EN EL CUMPLIMIENTO DE LAS CONDICIONES ESTABLECIDAS Y EN LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE, QUIEN DEBE RECIBIR UN PRODUCTO CON EL NIVEL DE SERVICIO ESPERADO Y UN EXCELENTE DESEMPEÑO. DE ALLÍ LA NECESIDAD DE CONOCER LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE CADA ALTERNATIVA, ASÍ COMO LAS TENDENCIAS HOY PREDOMINANTES EN EL MUNDO. LA CONJUNCIÓN DE ESTOS ASPECTOS, ACOMPAÑADA DE BUENAS PRÁCTICAS TANTO EN DISEÑO COMO EN CONSTRUCCIÓN, DARÁN COMO RESULTADO OBRAS QUE SATISFACEN PLENAMENTE LAS NECESIDADES PARA LAS QUE FUERON CONCEBIDAS.

**N**o es un misterio que en el momento de desarrollar un proyecto es necesario evaluar las alternativas para hallar una acertada relación costo/beneficio, que solucione el problema planteado sin comprometer más recursos de los realmente necesarios. Entre los varios tipos y filosofías de diseño en uso, los pisos y pavimentos de concreto disponen de una amplia gama de soluciones. A continuación se describen los conceptos fundamentales y las tendencias actuales en las obras que soportan la movilidad.

30

Vaciando concreto en una losa sin elementos de transferencia de carga ni refuerzo.



Crédito: Cortesía Pam Broviak

Dovelas listas para el vaciado de la losa.



Crédito: Cortesía Washington State Department of Transportation

## CONCEPTOS FUNDAMENTALES

### Pavimentos de concreto hidráulico simple

En este tipo de pavimentos la resistencia del concreto es relativamente superior a la de los concretos utilizados en la construcción tradicional. En ellos el Concreto Hidráulico Simple carece de refuerzo, por lo cual los esfuerzos a flexión derivados de las cargas vivas y muertas son asumidos exclusivamente por el concreto, que puede tener mecanismos de transferencia de cargas en las juntas constructivas, o no tenerlos.

- a. Sin elementos de transferencia de cargas, dovelas ni pasadores:** generalmente se utilizan para tráfico ligero. El pavimento se apoya sobre la sub-rasante, aunque en condiciones más exigentes requiere una base granular de material seleccionado, con el propósito de mejorar la capacidad portante y la transferencia de carga entre la losa y el suelo.
- b. Con elementos de transferencia de cargas, dovelas o pasadores:** esta estructura de pavimento consta de losas de concreto separadas por juntas, que son atravesadas por barras generalmente de acero. La función estructural de las barras es transmitir las cargas de losa a losa, disminuyendo las deformaciones en las juntas para evitar eventuales dislocamientos verticales diferenciales o escalonamientos en las losas.

### Pavimentos de concreto hidráulico con refuerzo de acero

Existen dos tipos básicos de refuerzo para estos pavimentos.

- a. Refuerzo no estructural:** la finalidad principal del refuerzo es resistir las tensiones de contracción del concreto en edades tempranas y controlar los agrietamientos. La cuantía de refuerzo necesaria oscila entre el 0,1% y el 0,3% del área de la sección transversal de la losa.
- b. Refuerzo estructural:** en este caso, el acero no solo cumple la función de resistir las tensiones derivadas del comportamiento plástico del concreto, sino que también asume tensiones de tracción y compresión derivadas del



Pavimentos de concreto hidráulico con refuerzo continuo.



Crédito: Cortesía Maturity Central



Terminado superficial de pavimentos de concreto hidráulico con refuerzo continuo.



Crédito: Cortesía Maturity Central

tráfico, por lo cual el espesor de las losas suele ser hasta 10 cm menor al de las que tienen refuerzos que no cumplen esta función. Su estructura típica está integrada por dos secciones de acero: una en el tercio superior y otra en el tercio inferior de la losa.

### Pavimentos de concreto hidráulico con refuerzo continuo

En este caso se toleran agrietamientos por contracción transversal. La armadura se encuentra situada por encima del eje neutro de la sección transversal y tendrá la tarea de mantener unidas las superficies de concreto que tiendan a agrietarse. Esta estructura tiene mayores proporciones de acero de refuerzo, generalmente del orden de 0,5% a 0,8% del área transversal del pavimento. Se utilizan comúnmente en pisos industriales.

### Pavimentos o pisos articulados

Son pavimentos o pisos articulados aquellas estructuras cuya capa de rodadura o de circulación está constituida por pequeños bloques prismáticos ensamblados de tal forma que conforman una superficie continua. Estos elementos generalmente se apoyan sobre una capa de arena, por lo general extendida sobre una base granular o estabilizada, que se apoya a su vez en una sub-base, generalmente de consistencia granular.

### *Whitetopping* y *Whitetopping* ultradelgado

Se denomina *Whitetopping* a una capa de concreto que recubre un pavimento antiguo, de acuerdo con los estándares habituales constructivos de soluciones en pavimentos de concreto.

## TENDENCIAS MODERNAS

### Pavimentos y pisos de concreto reforzados con fibras

Las fibras son elementos delgados y alargados que se introducen en la mezcla del concreto a modo de refuerzo para evitar los agrietamientos derivados de la contracción plástica y de variaciones térmicas, y para mejorar algunas de sus propiedades como



32

Fibras en la mezcla de concreto para la construcción de pisos.



Crédito: Cortesía Stephen Pasco

Curado químico automático del concreto.



Crédito: Cortesía ConcreteOntario

impermeabilidad, durabilidad y resistencias a impactos, su resistencia a la abrasión, a la flexión y al corte. Hay muchas maneras de clasificar estas fibras.

A continuación se describirán algunas de las más comunes en la construcción de pisos y pavimentos de concreto.

- **Fibras de monofilamento:** son fibras muy finas, generalmente de longitud entre 1 y 2 cm. Su dosificación aproximada oscila entre 0,6 y 1,0 kg/m<sup>3</sup> de concreto. Tienen como función principal reducir la formación de fisuras por contracción plástica antes del fraguado inicial. Usualmente se fabrican en polipropileno, que les da ligereza y les permite combinarlas fácilmente con la mezcla de concreto. Como resultado final se obtiene un acabado superficial excelente, lo cual las convierte en un componente ideal en la construcción de pisos industriales.
- **Fibras fibriladas o en red:** fabricadas generalmente en polipropileno, son de longitudes corta y mediana (2 a 4 cm). Suelen aplicarse en concentraciones que varían entre 0,9 y 1,8 kg/m<sup>3</sup> de concreto. Su función primordial es reducir el agrietamiento por contracción plástica e hidráulica.
- **Macrofibras:** pueden llegar a sustituir el refuerzo tradicional de pisos y pavimentos. Las macro fibras no solo contribuyen a controlar la fisuración y el agrietamiento que pueden aparecer durante las edades tempranas del concreto y por las variaciones térmicas, sino que aumentan la ductilidad del elemento, puesto que actúan como puente en la transmisión de esfuerzos. Es importante que cuando el elemento esté expuesto a un ambiente corrosivo se realice el tratamiento adecuado, puesto que cuando estas fibras son metálicas pueden hacer la estructura más vulnerable a la corrosión.

## CURADO DEL CONCRETO

### Curado químico

El curado químico consta de un compuesto formador de una membrana cuya función es reducir al mínimo la pérdida de agua del concreto durante su etapa de fraguado. Al



Curado del piso de concreto luego de aplicar endurecedor



Crédito: Cortesía NCDOTcommunications



Mantenimiento de la malla vial.



Crédito: Cortesía José Tadeu Balbo

reducir la tasa de evaporación del agua de mezcla también se disminuye la tendencia a la fisuración (Tabla 1).

El curado químico del concreto ofrece las siguientes ventajas:

- Es de fácil aplicación y no exige grandes cuidados.
- Ofrece mejor acabado a la superficie, pues el curado se realiza con uniformidad, evitando la aparición de manchas o diferencias en la tonalidad del concreto.
- Mayor impermeabilización, puesto que al ser una alternativa que está en contacto permanente con el elemento, reduce al mínimo la cantidad de agua evaporada.
- No requiere cuidados posteriores ya que, en su mayoría, las alternativas que ofrece el mercado para el curado químico solo requieren la aplicación inicial.

Para corroborar la velocidad de evaporación se puede acudir a la norma ASTM C156, según la cual la velocidad de evaporación debe ser inferior a  $0,55 \text{ kg/m}^3$  en 72 horas. En la Gráfica 1 se pueden ver algunos ejemplos de curvas de evaporación en muestras curadas con diferentes materiales.

## Endurecedores superficiales

Un endurecedor superficial es un producto químico compuesto generalmente por una solución acuosa de silicatos o de flúor-silicatos. Por medio de su reacción con los compuestos formados en el proceso de hidratación del cemento densifica y endurece la superficie, aumentando la resistencia al desgaste por abrasión y prolongando la durabilidad. Es un agente que combate la porosidad de la matriz y mejora su impermeabilidad. Usualmente se utiliza en pisos industriales, dada la resistencia extrema al desgaste, y en muchos casos a la exposición a corrosión química.

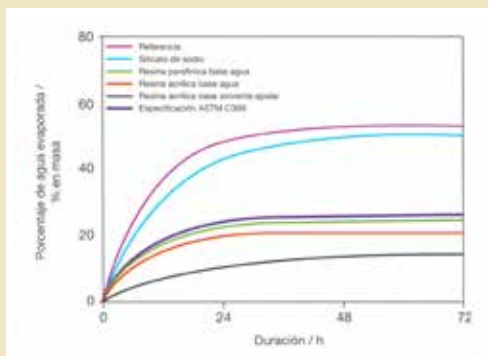
Algunas ventajas del uso de endurecedores superficiales son:

- Mayor vida útil puesto que resiste mejor la abrasión, el impacto y el desgaste.
- En muchos casos se puede incorporar color que perdura en el tiempo.
- Algunos endurecedores superficiales son reflectivos de la luz, con lo cual evitan la acumulación de calor, hacen más confortables los ambientes interiores y reducen costos por uso de aire acondicionado.
- Mayor resistencia a agentes corrosivos que puedan penetrar hasta el acero de refuerzo.



Gráfica 1

Porcentaje de agua evaporada en muestras curadas con diferentes materiales según especificaciones de la ASTM C309.



Crédito: Cortesía José Tadeu Balbo

## BUENAS PRÁCTICAS

Para el diseño y construcción de pavimentos y pisos de concreto durables es necesario comprender mucho mejor los factores que afectan su desempeño a plazo tanto corto como largo, específicamente el mecanismo de deterioro y falla. A continuación se describen algunos daños comunes y sus principales orígenes.

- 1. Agrietamiento:** normalmente ocurre en sentido transversal a la losa, aunque a veces se desarrolla en las esquinas. Puede ser consecuencia de fallas en el diseño o en el proceso constructivo. El agrietamiento se debe manejar desde el propio diseño, implementando las medidas necesarias para contrarrestar los movimientos durante el



Tabla 1

**La velocidad de evaporación del agua y la tendencia a la fisuración.**

Velocidad de evaporación del agua (l/m <sup>2</sup> h)	Tendencia a la fisuración
0 - 0,50	Baja
0,50 - 1,4	Media a alta
Arriba de 1,4	Alta

**Crédito:** Cortesía José Tadeu Balbo

fraguado del concreto y controlando las variaciones térmicas. El fenómeno también se reducirá con una buena planificación del proceso constructivo bajo adecuada supervisión, y con un curado correcto.

- 2. Falla en las juntas:** puede manifestarse con o sin signos de bombeo. Este problema generalmente aparece por hundimientos en la base. De igual forma, las fallas en las juntas se ven significativamente afectadas por el tipo de transferencia de cargas entre cada elemento. Son definitivas para evitar estas fallas el diseño de la base y la adecuada selección de los materiales, así como el cumplimiento de las especificaciones de diseño en cuanto al mecanismo de transferencia de cargas y su correcta articulación durante la construcción.
- 3. Desprendimiento de material:** usualmente se desarrolla a lo largo de las juntas o grietas. Puede originarse en juntas mal cortadas o en el uso de materiales sellantes incompresibles, así como en deficientes labores de mantenimiento y reparación. Las buenas prácticas en el corte de las juntas, su revisión y pronto sello son fundamentales para evitar el desprendimiento de material.
- 4. Reacción de los materiales:** la más conocida es la reacción álcali-sílice, que debe evitarse desde el diseño de la mezcla.
- 5. Rugosidad:** la excesiva rugosidad del pavimento puede obedecer en buena parte a fallas en la estructura causadas por los fenómenos ya descritos, lo cual desencadena un deterioro del servicio e incomodidades para el usuario. Es entonces recomendable realizar controles periódicos de rugosidad de la superficie e implementar medidas preventivas que mantengan la rugosidad de diseño.
- 6. Pérdida de la textura:** no es un fenómeno frecuente; puede ser causado por el paso de tráfico pesado que excede las condiciones de diseño. Su afectación principal se traduce en disminución de la velocidad de diseño y en deterioro de la seguridad vial. Es importante que durante los controles de mantenimiento se monitoreen la evolución y el desgaste de la textura para aplicar los correctivos necesarios. **C**

**REFERENCIAS:**

- **III Seminario Nacional de Gestión y Normatividad Vial, Pavimentos de concreto hidráulico**, Ing. Samuel Mora Q., FIC-UNI, ASOCEM.
- **Introducción al diseño de pavimentos – Módulo 1 – ECI.**
- **US Department of Transportation, Concrete Pavement, CPTP Technology Program, Long-Life Concrete Pavements: Best Practices and Directions from the States.**
- **Reunión del Concreto 2012 - José Tadeu Balbo, Pisos y pavimentos en concreto: Conceptos, tendencias y mejores prácticas.**