

N° 6:

CONCRETO POROSO

Concreto considerado como un material de construcción sostenible por el manejo adecuado del agua de las lluvias.

Ing. Carlos Aire Untiveros, Investigador del Instituto de Ingeniería UNAM.
Miembro honorario del comité ACI y ASTM. Líder del Grupo Redactor del ONNCCE.

DEFINICIÓN Y ALCANCE

Concreto poroso se refiere a un material de estructura abierta, con cero de revenimiento constituido por cemento Portland, agregado grueso, poco o nada de agregado fino, aditivos y agua. La combinación de estos ingredientes produce un material en estado endurecido con poros conectados que varían de 2 a 8 mm. de tamaño que permite que el agua se filtre fácilmente. El contenido de vacíos varía de 15% a 35%, con resistencias a compresión típicas de 2.8 a 28 MPa. La velocidad de filtración de un pavimento de concreto poroso varía con el tamaño del agregado y peso unitario de la mezcla, pero generalmente se espera que varíe de 0.14 a 1.22 cm/s [1].

Se le conoce también como concreto sin finos o concreto permeable, y es un tipo especial de concreto cuya característica principal es su elevada porosidad. Se ha utilizado en caminos para peatones y ciclistas, en áreas de tránsito ligero y estacionamientos. Su empleo ha mostrado un buen funcionamiento, proporcionando un adecuado manejo de las aguas de lluvia, al reducir el impacto negativo del escurrimiento superficial de los pavimentos, el encharcamiento y la

contaminación, por lo que el concreto poroso es considerado como un material de construcción sostenible.

La figura 1 muestra un detalle de la permeabilidad del concreto.



Fig.1: Permeabilidad del concreto poroso.

MATERIALES

El concreto poroso se fabrica con los mismos materiales que el concreto convencional.

Se pueden usar todos los tipos de cemento especificados en la ASTM C150 [2], cementos compuestos (ASTM C595, C1157) [3, 4], y



materiales suplementarios como la ceniza volante, humo de sílice y escoria de alto horno (ASTM C618, C1240, C989) [5-7]. Como agregados, en general, se emplean agregados gruesos de un solo tamaño, de 9.5, 12.5 y 19.0 mm de tamaño máximo (ASTM C33) [8]; poco o nada de agregado fino se incluye en la mezcla. Es común usar aditivos que facilitan la colocación y manipulación del concreto poroso, como los retardantes de fraguado, los reductores de agua, los controladores de hidratación o los modificadores de viscosidad, que cumplan con el ASTM C494 [9].

PROPIEDADES

Las propiedades en estado plástico y endurecido del concreto poroso difieren de las del concreto convencional.

El concreto poroso es más rígido. El revenimiento, cuando es posible medirlo, generalmente es menor de 20 mm, aunque es posible lograr 50 mm. El peso unitario varía de 1600 a 2000 kg/m³, aproximadamente del orden de 70% del peso unitario del concreto convencional. El tiempo de fraguado es menor, de una hora. La porosidad varía entre 15% y 35%. Se pueden alcanzar resistencias a compresión en el rango de 2.8 a 28MPa y resistencias a flexión de 1.0 a 3.8 MPa. La velocidad de infiltración, permeabilidad, puede variar entre 0.14 a 1.22 cm/s. La contracción es menor, del orden de 200×10^{-6} ,

aproximadamente la mitad del concreto convencional.

DISEÑO DE MEZCLA

En los reportes ACI 522 y ACI 211.3R [1, 10], se describen detalladamente el procedimiento para diseño de mezclas de concreto poroso. Se basa en tablas y figuras sencillas que permite determinar las cantidades por metro cúbico de los materiales. A diferencia del diseño de mezcla de concreto convencional, basado en la relación agua/cemento y resistencia a compresión, en el concreto poroso se basa en el porcentaje de vacíos y contenido de pasta en la mezcla. La tabla 1 proporciona los rangos típicos de las cantidades de material para el concreto poroso.

Característica	Rango
Cementante, kg/m ³	270 – 415
Árido, kg/m ³	1190 – 1480
Agua/cemento	0.27 – 0.30
Agregado/cemento	4 a 4.5:1

Tabla 1: Rangos típicos de material [11, 12]

DISEÑO DEL ESPESOR

La figura 2 muestra un esquema de una sección típica de un sistema de pavimento de concreto poroso [13].

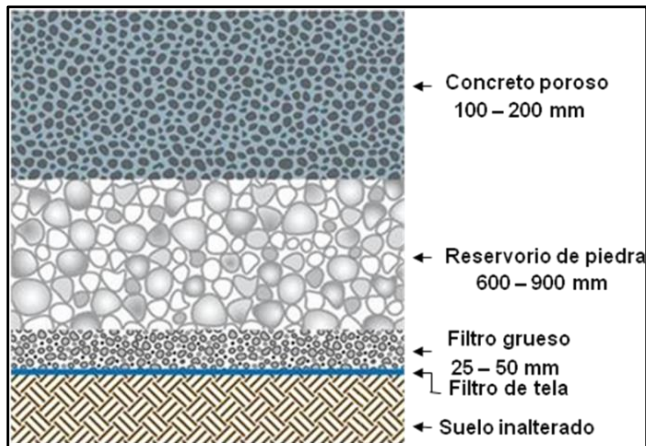


Fig. 2: Sección típica de un sistema de pavimento concreto poroso [13]

Se conforma por una capa de rodadura (de concreto poroso), un reservorio de piedra, un filtro grueso, un filtro de tela o geosintético y el suelo inalterado. Generalmente, para la capa de rodadura se recomienda un espesor de 100 mm para caminos de peatones, 125 mm para tráfico de autos, 150 mm para tráfico de camionetas, y 200 mm para tráfico de camiones; sin embargo, es necesario diseñar el espesor de pavimento de concreto, sobre todo para pavimentos de tráfico de vehículos.

Para diseñar el espesor de pavimento de concreto permeable se debe considerar los requisitos hidráulicos y estructurales. El diseño final debe satisfacer ambos requisitos, es decir, el espesor de pavimento debe soportar la carga de tráfico y los requisitos hidráulicos simultáneamente. De ambos diseños se debe elegir el de mayor espesor.

En el diseño hidráulico, los factores de importancia son el volumen de precipitación

que se espera y la velocidad de infiltración del suelo. Se debe seleccionar un evento de lluvia característica de la zona, así como su duración y período de retorno. En general, se considera un período de retorno de 2 años. Sin embargo, el factor determinante en el diseño hidráulico es la capacidad de infiltración del suelo lo que condiciona la cantidad de escurrimiento superficial resultante. Para que un pavimento de concreto poroso cumpla su función con éxito el suelo debe tener una velocidad de infiltración mínima de 13 mm/hr. Los suelos arenosos y secos que absorben rápidamente el agua, cumplen con este requerimiento, al contrario de los suelos arcillosos. Existen programas de ayuda para el diseño hidráulico del espesor de pavimento aplicables al concreto poroso, entre ellos el de la Asociación de Cemento Portland, la Asociación Nacional de Concreto Premezclado, y la Administración de Carreteras Federales del Departamento de Transportes de Estados Unidos (PCA, Portland Cement Association, NRMCA, National Ready Mixed Concrete Association, y US Department of Transportation, Federal Highway Administration, FHWA) [14-16]. Son guías de diseño que incluyen información técnica y herramientas de análisis que ilustra el comportamiento de sistemas de pavimento poroso en diferentes situaciones y acciones.

Para el diseño estructural, el espesor de pavimento de concreto poroso puede



diseñarse usando los procedimientos del ACI 330R, ACI 325.9R, ACI 325.12R, AASHTO o PCA [17-21], aunque está en desarrollo nuevos métodos de diseño aplicables a pavimentos de concreto poroso. Los nuevos métodos contemplan extender el uso del concreto poroso como pavimentos de vialidades de mayor tráfico y no únicamente para áreas de estacionamientos, como es el caso de alguno de los procedimientos existentes aplicables al concreto convencional. También existen programas de diseño estructural para determinar el espesor de pavimento de concreto poroso, como el "StreetPave" [22] desarrollado por la Asociación Americana de Pavimentos de Concreto (ACPA, American Concrete Pavement Association). Es un procedimiento de diseño para vialidades de tráfico ligero que se basa en el método de la PCA [17]. El programa acepta valores de resistencia a flexión entre 2.1 y 3.1 MPa, y porcentaje de confiabilidad de 50% a 95%, y evalúa el espesor de pavimento usando criterios de fatiga.

CONSTRUCCIÓN

El concreto poroso lo puede suministrar todo contratista de concreto convencional, aunque por sus características especiales requiere de un contratista especializado y con experiencia. La calidad dependerá de la familiaridad del contratista que coloca el concreto, lo cual

impacta en el funcionamiento del concreto poroso. Es necesario tener la experiencia, porque no es un material de construcción comúnmente usado en todas las regiones.

Generalmente, se coloca sobre una capa de piedra, para crear una gran sección de vacíos de aire que permita la infiltración y almacenamiento del agua. Esta capa debe compactarse hasta 92%-96% de su máxima densidad, para que proporcione el máximo soporte manteniendo la permeabilidad. La compactación dependerá de las propiedades del suelo, diseño del pavimento y requisitos de infiltración. Frecuentemente se usan telas para separar el suelo y las capas de piedra.

La subbase debe estar húmeda para evitar que la parte inferior del pavimento se seque demasiado rápido. Debido a la consistencia gruesa y pedregosa del concreto, la descarga de la mezcla es más lenta. La descarga debe ser rápida y continua. Una vez colocado, se usa una regla para nivelar el concreto fresco, para obtener una superficie lisa.

La compactación se hace con un rodillo de tubo de acero inmediatamente después del enrasado. Esto se realiza 15 minutos después de la colocación para evitar el endurecimiento debido a la evaporación. El rodillo debe generar una presión de 4 a 7 T/m² y generalmente abarca todo el ancho del pavimento (ver figura 3). En la colocación de concreto convencional, el enrasado se hace



TECNOLOGÍA PARA
EL CONCRETO

después de la compactación, sin embargo, dado que este procedimiento tiende a cerrar los vacíos de la parte superior del concreto poroso, no se realiza. Esto permite que el pavimento sea completamente poroso, y la superficie de acabado más rugosa. Si se desea prevenir el agrietamiento aleatorio del pavimento, se pueden colocar juntas de control inmediatamente después de la compactación para corregirlas.



Fig. 3: Rodillo de compactación.

Esto se logra con herramientas especiales para juntas o posterior a la colocación con equipos de corte (ver figura 4).

El paso final de la construcción es el curado. Esto es esencial porque la estructura de poro abierto y superficie de apariencia tallada del concreto poroso crea un alto potencial de evaporación.

La humedad es un catalizador fundamental de las reacciones químicas del cemento, el cual produce la resistencia del concreto.



Fig. 4: Rodillo con hoja filosa para juntas.

El curado debe permitir que el concreto endurezca gradualmente hasta alcanzar su máxima capacidad de resistencia a través de una evaporación estable y controlada. Se debe iniciar el curado lo más pronto posible después de la colocación, compactación y colocación de juntas.

El curado puede ser con vapor y después cubrirlo con un plástico por un mínimo de 7 días. Esto mantendrá húmedo al pavimento, lo que promueve el endurecimiento por un período largo de tiempo.

Terminado el período de curado, el concreto poroso puede funcionar adecuadamente con un mínimo de mantenimiento. Para evitar que la estructura de vacíos se obstruya con escombros, se puede aplicar agua a presión o aplicar vacío para restaurar la superficie porosa y permeable (ver figura 5).



Fig.5: Limpieza con agua a presión.

VENTAJAS

El concreto poroso es un material reconocido por la EPA (Environmental Protection Agency) por su buena práctica en el manejo adecuado de las aguas de lluvia con muchas ventajas medioambientales, económicas y estructurales [23-25].

La capacidad de filtración de agua a través de su estructura porosa es una solución al problema de escurrimiento superficial, que se presenta con otras superficies no permeables, como el caso de pavimentos asfálticos. El problema asociado al escurrimiento superficial es el arrastre de agentes contaminantes para el medio ambiente, como lo son los aceites, anticongelantes procedentes de automóviles que son arrastrados por las aguas de lluvia en estructuras no permeables. Una solución a este problema es usar concreto poroso en áreas de

estacionamientos que además elimina la necesidad de construir pozos de retención y de otros métodos de recolección de escurrimientos de aguas de lluvia, promoviendo un uso más eficiente del suelo. Esto también favorece una recarga de los acuíferos. Además, los vacíos de aire del concreto permeable proporcionan un medio para las bacterias aerobias las cuales rompen la mayoría de los contaminantes que se filtran de los autos estacionados.

Todos los concretos, incluido el concreto poroso tiene un color claro que resiste la absorción de calor, el cual disminuye el efecto de isla de calor, un fenómeno que está asociado a las urbanizaciones y al hecho de construir estructuras que tienden a atraer y retener calor, lo cual resulta en un incremento en el nivel de ozono del orden del 30%. Además, al ser mayor el índice de reflexión del concreto es posible reducir los costos de iluminación con respecto a otros tipos de pavimentos.

Las áreas de estacionamiento pavimentada con concreto poroso disminuye la necesidad de construir pozos de retención, porque la misma estructura porosa funciona como área de retención. Este beneficio económico se refleja en la reducción del costo de construcción y mantenimiento de pozos de retención, tubos de drenaje y otros sistemas de manejo de aguas de lluvia.



La superficie de concreto poroso con su textura rugosa beneficia y proporciona la tracción suficiente para los vehículos y previene el hidroplaneo en condiciones de manejo más difíciles como en lluvia y nieve (ver figura 6).



Fig.6: Esgurrimiento nulo en concreto poroso.

El concreto poroso es un material resistente y de alta durabilidad si se diseñan, construyen y mantienen adecuadamente. Los pavimentos de concreto poroso pueden alcanzar resistencias hasta 28 MPa o mayores con diseños de mezclas, diseño estructural y técnicas de colocación adecuadas. La clave del concreto de alto comportamiento será el uso de materiales suplementarios tales como humo de sílice, ceniza volante y escoria de alto horno, los cuales incrementan la durabilidad y disminuyen la permeabilidad y agrietamiento.

CONCLUSIONES

- El concreto poroso es un tipo especial de concreto, que es considerado como un material de construcción sostenible cuya característica es su alta porosidad que permite la infiltración del agua a través de su estructura.
- Su uso principal se ha dado en estacionamientos, zonas de tránsito ligero, paso de peatones, entre sus aplicaciones. Su uso, en las diferentes aplicaciones ha demostrado un comportamiento adecuado para el cual fueron diseñados y construidos, proporcionando un manejo adecuado de las aguas de lluvia, reduciendo el impacto negativo del escurrimiento superficial y del encharcamiento.
- Para conservar adecuadamente su característica de alta porosidad y permeabilidad es necesario mantenerlo periódicamente con chorro de agua o vacío a presión para evitar que se obstruyan los poros.
- Todo contratista de concreto puede suministrar concreto poroso, sin embargo, debe tener experiencia y familiaridad con este tipo de concreto.
- Como la mayoría de materiales especiales, el concreto poroso tiene muchas ventajas tecnológicas.



TECNOLOGÍA PARA
EL CONCRETO

REFERENCIAS

- [1] ACI 522R (2006). "Pervious Concrete". Reported by ACI Committee 522
- [2] ASTM C 150 (2002), Standard Specification for Portland Cement
- [3] ASTM C 595 (2010), Standard Specification for Blended Hydraulic Cements
- [4] ASTM C 1157 (2010), Standard Performance Specification for Hydraulic Cements
- [5] ASTM C 618 (2008), Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete
- [6] ASTM C 1240 (2010), Standard Specification for Silica Fume Used in Cementitious Mixtures
- [7] ASTM C 989 (2010), Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars
- [8] ASTM C33 (2008). Standard Specification for Concrete Aggregates
- [9] ASTM C494 (2010). Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete
- [10] ACI 211.1 3R-02 (2002). Guide for Selection Proportions For Non-Slump Concrete (ACI 211.3R. Reported by ACI Committee 211. Pervious Concrete Mixture Proportioning
- [11] PCA (2004). "Pervious concrete mixtures and properties". CT043 December Vol. 25, No. 3. Concrete Technology Today, PCA.
- [12] Tennis P., Leming M. y Akers D. (2004). Pervious concrete pavements. EB302.02. PCA y National Ready Mixed Concrete Association.
- [13] ACPA (2010). American Concrete Pavement Association. Stormwater management with pervious concrete concrete. www.smscland.org/pdf/StormwaterManagement.pdf
- [14] PCA (2010), <http://www.cement.org/bookstore/profile.asp?itemid=cd063>
- [15] NRMCA (2010), http://www.nrmca.org/newproducts/two_new_pervious_resources.asp
- [16] FHWA (2010), http://www.fhwa.dot.gov/pavement/pub_details.cfm?id=43
- [17] ACI 330R-08 (2008), Guide for the Design and Construction of Concrete Parking Lots.
- [18] ACI 325.9R (1991), Guide for Construction of Concrete Pavements and Concrete Bases.
- [19] ACI 325.12R (2002), Guide for Design of Jointed Concrete Pavements for Streets and Local Roads
- [20] AASHTO (1993), Guide for Design of Pavement Structures
- [21] PCA (1984), Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements, EB109P.



TECNOLOGÍA PARA
EL CONCRETO

EXPERIENCIAS CONCRETAS

Nº6: Concreto Poroso

[22] ACPA (2010), Use StreetPave Online and Version 1.3 Patch Download. American Concrete Pavement Association.
<http://www.acpa.org/StreetPave/index.asp>

[23] Concrete Resources (2008).
<http://www.concreteresources.net>

[24] Concrete Network (2007).
<http://www.concretenetwork.com/pervious>

[25] NRMCA (2004). Freeze-Thaw resistance of pervious concrete. <http://www.nrmca.org>



P Y S CONCRETO



<http://www.pysconcreto.com.pe/>