

CAPITULO I
ASPECTOS GENERALES DEL CONCRETO
PERMEABLE

1.1 Antecedentes

Hablar del concreto permeable, es remitirnos al siglo XIX, donde tenemos los primeros antecedentes, su utilización principalmente fue en la construcción de edificios, así como tal el concreto permeable puede concebirse como un concreto especial, pues no requiere de agregados finos, “conocido comúnmente como arena. Puede ser natural u obtenido por medio de trituración o combinación de ambas. Debe pasar totalmente a través de la criba G 9.5 ($\frac{3}{8}$ ”)¹.

El concreto permeable hace su aparición en el medio de la construcción bajo diferentes maneras, aplicándose en muros colados, en obras como soporte de cargas, así también en edificios de gran altura; paneles prefabricados y bloques cuadrados al vapor y, es a finales de los años 30's del siglo pasado que la Scottish Special Housing Association Limited adopto el uso de concreto permeable de manera oficial para la construcción de viviendas.

Durante la posguerra, a mediados de los años 40's, cuando más de la mitad de las ciudades europeas quedaron devastadas, producto de la guerra, surge la imperiosa necesidad de desarrollar nuevas alternativas en los materiales de construcción, para reconstruir las ciudades afectadas de manera rápida, eficiente y económica, por lo que el concreto permeable fue una solución.

En el caso particular de Alemania, país que fue destruido en su mayoría y quedando sin infraestructura urbana, el concreto permeable fue parte de la solución en la reconstrucción de lo que hoy en día es la Alemania modernista. Por otra parte, debemos considerar que en la Europa de la posguerra si algo era escaso eran los materiales de construcción, pues no había los medios necesarios para la fabricación de materiales de construcción, por lo que el concreto permeable fue una solución a dicho problema, ya que para su elaboración requería de unos cuantos insumos.

No solo en Europa el concreto permeable se uso como solución para edificaciones, pues en las regiones árticas el concreto permeable fue ocupado para la construcción de edificios domésticos públicos e industriales, ya que los materiales convencionales utilizados en la

¹ José Luis García Rivero. *Manual técnico de construcción*. 3ª. ed., México, APASCO/Holcim, 2006, pág. 83.

construcción ocasionaban muchos inconvenientes, tales como altos costos de transporte, riesgos de incendio y malos aislantes térmicos, como son el tabique, la madera y el concreto simple respectivamente.

Pero es a partir de la década de los 90's que empieza el desarrollo e investigación con mayor profundidad del concreto permeable, hoy en día básicamente es aplicado en pavimentos, guarniciones y banquetas, entre otros múltiples desarrollos, las propiedades físicas de este material han contribuido a lograr una mitigación del medio urbano en el cual es instalado este concreto. Con esto se busca revertir daños que por mucho tiempo se han hecho al medio, para esto, la ingeniería civil propone la aplicación del concreto permeable, como una solución a múltiples problemas ocasionados al medio ambiente, principalmente en zonas asfaltadas al no permitir el filtrado de agua que recargue los mantos freáticos.

El desarrollo del concreto permeable en México es relativamente nuevo, la investigación realizada acerca de este nuevo material ha sido llevada a cabo principalmente por empresas cementeras, más que por instituciones de educación superior. Dentro del mercado nacional actualmente encontramos concretos permeables elaborados por concreto, sin el requerimiento de resinas o aditivos. Aunque también se encuentran concretos elaborados con estos últimos componentes, esta tecnología ha sido utilizada en zonas residenciales de la Ciudad de México, donde el hundimiento de la ciudad es considerable debido a la explotación de los mantos acuíferos.

El crecimiento desmesurado y sin control de la población en el Valle de México, crean cada año nuevos problemas, la escasez de agua es una de las más grandes preocupaciones que enfrentan los habitantes no sólo de la Ciudad de México y su área metropolitana, sino de todo el país, dicha problemática se agrava aún más por la pavimentación desordenada de caminos, andadores, estacionamientos y áreas que rodean las edificaciones con concreto impermeable, lo que da como resultado fugas e inundaciones del vital líquido producto de las lluvias.

Poco o nada se ha hecho caso en cuanto a la realizar obras civiles que permitan la recolección de agua de lluvia, de ahí que la aplicación del concreto permeable se presente como una solución atractiva a la fuga de agua y a los problemas asociados de contaminación de esta.

El crecimiento de la población junto con la urbanización tiene un impacto significativo en el medio ambiente y en otros problemas, tales como:

- aumento en la temperatura ambiental
- disminución de la calidad del aire
- aumento de fuga de agua
- patrones alterados del clima
- pérdida de la belleza estética/carácter de la comunidad
- reducción de los terrenos de siembra y la consecuente escasez de alimentos
- deforestación.

Esta última está vinculada a consecuencias ambientales negativas como lo es la pérdida de biodiversidad, calentamiento global, erosión del suelo y desertificación.

1.2 Definición Técnica

El concreto permeable por sus características singulares y especiales lo podemos definir como un concreto hidráulico y poroso, esto quiere decir que sus principales características físicas están hechas de un alto contenido de vacíos a diferencia del concreto convencional, cuyas propiedades están dadas principalmente por agregados finos, agregados gruesos, agua y cemento. La consistencia del concreto permeable se nutre del cemento Portland, “es un material inorgánico finamente pulverizado, que al agregarle agua, ya sea solo o mezclado con arena y grava, asbesto u otros materiales similares tiene la propiedad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, en virtud de reacciones químicas



Fig. 1. La estructura vacía del concreto permeable permite fácilmente el paso del agua. (Fuente, Nacional Ready Mixed Concrete Association, USA)

durante la hidratación y que, una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad.”² La propiedad de porosidad se obtiene mediante un alto contenido de vacíos interconectados, que varían en tamaño de 2 a 8 mm. El concreto permeable tiene 15-25% de estructura vacío, lo que permite el paso de 120-320 litros de agua a través de cada metro cuadrado, con una tasa de flujo típica de 3.4 mm/s ($200L/m^2/min$) o más (ver fig. 1.). Esta tasa de flujo es mayor que el generado durante cualquier evento de lluvia, lo que permite al agua fluir a través de este. Por lo tanto, cuando se usan pavimentos de concreto permeable, el agua de lluvia se filtra al suelo debajo, recargando la capa freática natural en lugar de fugarse y causar erosión. El primer raudal de una tormenta, esto es, los primeros 25 mm a 35 mm de agua de lluvia, se lleva el 90 por ciento de contaminantes encontrados en el pavimento, los cuales pueden contaminar corrientes y ríos, puesto que normalmente se les permite fluir a las vías fluviales sin tratamiento previo.

Volviendo a las características del concreto permeable, encontramos que, el contenido de vacíos puede variar de 15% a 35%, y se pueden alcanzar resistencias a la compresión entre 28 a $280 kg/cm^2$., normalmente este tipo de concreto contiene poco o nada de agregados finos y una mayor cantidad de pasta cemento, con el fin de cubrir las partículas de agregado grueso y sin perder la interconectividad de vacíos. “La capacidad de drenaje de un pavimento de concreto permeable varía con el tamaño del agregado y la densidad de la mezcla, pero generalmente varía en el rango de 81 a $730 L/min/m^2$ ”³.

1.3 Uso y Aplicación

El uso y aplicación del concreto permeable es variado, bien podemos decir que es un producto ecológico y ofrece diversas aplicaciones, principalmente en: plazas, fuentes, parques, estacionamientos, ciclopistas, además de contribuir con la estética del entorno y el mejoramiento del medio ambiente, preservando el desarrollo de microorganismo y principalmente como conductor del agua. El concreto permeable por su alta resistencia a la flexión ofrece una gran durabilidad. Sin embargo, es importante decir que para cada una de las aplicaciones depende el espesor de este⁴, así por ejemplo tenemos que:

² Normas mexicana NMX-C-414-ONNCCE.

³ Concreto permeable, México, Instituto mexicano del cemento y del concreto, 2008, pág. 1.

⁴ www.concreto permeable.com/aplicaciones.html.

Uso	Espesor en cm.
Vialidades de tráfico pesado	15
Áreas de carga y patios de maniobras	15
Vialidades de tráfico medio	12
Vialidades de tráfico ligero	10
Estacionamiento vehicular ligero	8
Andadores de uso peatonal, banquetas, explanadas	6
Ciclopistas	6

Por otra parte la aplicación es muy variada, se puede utilizar como pavimento de superficies vehiculares o muros de contención, pero también se ha encontrado una gama de aplicaciones como son:

- “pavimentos permeables para áreas de estacionamiento
- capas rígidas de drenaje bajo áreas exteriores de grandes centros comerciales
- pisos de invernaderos para mantener el piso libre de agua estancada
- aplicaciones en muros estructurales en donde se requieren características de peso ligero o de mejor aislamiento térmico, o ambos
- pavimentos, muros y pisos en donde se desean mejores características de absorción acústica
- capas de base para calles de la ciudad, carreteras municipales, caminos particulares y aeropuertos
- capas de superficie para áreas de estacionamiento, canchas de tenis, áreas de zoológicos, graneros y establos para animales
- terraplenes de puentes
- plataformas en torno de albercas
- estructuras de playas y muros marinos
- lechos de sedimentos de plantas para el tratamiento de aguas negras
- sistemas para almacenamiento de energía solar
- arrecifes artificiales en donde la estructura abierta de concreto permeable semeja la estructura de los arrecifes”⁵

⁵ *Concreto permeable*, pág. 3.



Fig. 2



Fig. 3



Fig. 4

Diferentes aplicaciones del concreto permeable

Para la aplicación del concreto permeable es necesario contar con un área permeable, que permita que el agua de lluvia se infiltre libremente al subsuelo, dejando como ventaja la reducción o total eliminación de drenaje pluvial. Los sitios recomendados para la colocación del concreto permeable, son áreas de alta permeabilidad, suelos con una gran conductividad hidráulica y que no tienen pendientes mayores al 5%.

Por otra parte el concreto permeable, no es un concreto reforzado por el alto riesgo de corrosión del acero de refuerzo debido a la estructura porosa del material, dejando solo útil para las aplicaciones ya mencionadas.

1.4 Ventajas

El concreto permeable es un nuevo material de construcción innovador con muchas ventajas económicas, ambientales y estructurales. Son múltiples las razones que hacen que los pisos y pavimentos elaborados con concreto permeable sean de mucha mayor calidad que los de concreto hidráulico, de esta manera podemos resaltar:



Fig. 5. Concreto permeable, donde se observa la ausencia de finos

1. La ausencia de finos. Los concretos sin finos transmiten las cargas en forma heterogénea a diferencia de los concretos convencionales que lo hacen en forma homogénea. En los concretos sin finos la transmisión de cargas se realiza por puntos de contacto, originando que las cargas sean repartidas en forma aleatoria, dando como resultado que éstas sean distribuidas en una superficie mucho mayor.

2. Los aditivos al reaccionar con el cemento potencializa su poder de pegado logrando un súper concreto. Se han hecho pruebas en las cuales, al agregar el aditivo a un concreto hidráulico normal, se ha logrado un incremento de más del 100 % en su resistencia a la compresión.

3. Los huecos presentes en estos concretos dan como resultado:

- Una mayor elasticidad.
- Comportamiento superior frente a los cambios de temperatura, disminuyendo los movimientos de contracción y expansión.
- Pavimentos más frescos y ligeros

La transmisión heterogénea de las cargas provoca que la superficie sobre la cual éstas se reparten, sea varias veces mayor al producto de la repartición de cargas en un piso hecho con un concreto convencional o con asfalto. Aunado a esto, las bases diseñadas para los pisos permeables son más económicas, más eficientes y no generan baches.

Una ventaja adicional, provocada por la repartición heterogénea de cargas es que casi nunca hace falta mejorar el terreno natural.

Se ha desarrollado una fórmula llamada “Factor de Vacíos” que permite conocer la resistencia a la compresión de los pisos de concreto permeable cuando son analizados mediante el uso de cilindros o corazones. Aplicada en forma convencional permite establecer un punto de comparación entre ambos tipos de concretos⁶.

1. El “Factor de Vacíos” se obtiene al dividir el peso del concreto convencional (aprox. $2,400 \text{ kg/m}^3$) entre el del concreto permeable (aprox. $1,750 \text{ kg/cm}^3$).
2. El resultado se multiplica por la “f’c” obtenida al ensayar la muestra.

⁶ Concretos permeables y ecológicos: concretos permeables, sistemas para la recuperación y aprovechamiento del agua pluvial por medios de pesos y pavimentos porosos. México, Cocreto, p. 14 (formato PDF)

Ejemplo:

$$\frac{\text{Peso del concreto convencional}}{\text{Peso del concreto permeable}} = \frac{2400 \text{ kg/m}^3}{1750 \text{ kg/m}^3} 1.3714 \text{ (factor de vacíos)}$$

$$\text{Resultado de la prueba de laboratorio } f'c = 252 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c \text{ para el concreto permeable } 252 * 1.3714 = 345.60 \text{ kg/cm}^2$$

Este factor es aplicable tanto a pruebas a compresión como a tensión. Con esta información podrán hacerse los cálculos correspondientes para el diseño de pavimentos.

Ventajas económicas:

- la reducción de drenaje pluvial en estacionamientos y calles de tránsito ligero, evitando encharcamientos en la superficie
- ahorro en el mantenimiento del área donde se instala el concreto permeable, sin la necesidad de utilizar equipos para drenar
- eliminación parcial o total de sistemas de alcantarillado en zonas residenciales
- reducción de costos de transportación y energía durante la producción y colocación
- facilidad de obtener los agregados, agua y cementantes en cualquier localidad o región
- la creación de nuevas compañías que se especialicen en la transportación colocación y explotación de los insumos, para su producción
- mayor tiempo de vida y menor costo de mantenimiento en comparación con otro tipo de pavimentos



Fig. 6



Fig. 7

Eliminación total o parcial de drenaje en áreas urbanas

Beneficios ambientales⁷:

- retención de contaminantes, tales como aceites, anticongelantes y otros líquidos derivados del petróleo, que un momento dado podrían desembocar en lagos, ríos y océanos
- facilita el uso de geotéxtils para la retención de aceites, evitando la contaminación de las capas inferiores del



Fig. 8. Ideal para uso arquitectónico de áreas verdes.

- suelo. Aprovechando estos hidrocarburos como alimento de bacterias y hongos, los cuales biodegradan los aceites en componentes más simples
- reducción de la contaminación de agua de lluvia, ocasionando la disminución en el tratamiento de esta.
- permite la infiltración del agua de lluvia hacia el subsuelo reduciendo la cantidad de agua en los sistemas de drenaje
- creación de nuevas técnicas de construcción sustentable, basadas en la reducción de contaminantes
- reduce la captación de radiación solar, disminuyendo la temperatura del medio donde se encuentra instalado gracias a la estructura de poro abierto
- facilita la captación de agua y aire de los árboles en áreas que se encuentran pavimentadas con este material
- ideal para el uso arquitectónico y diseño de áreas verdes en estacionamientos y áreas pavimentadas

Ventajas estructurales:

- proporciona una tracción mayor a los vehículos y evita la hidroplaneación, “fenómeno físico que sucede cuando las llantas pierden contacto con la superficie del asfalto y flotan sobre una película de agua. El conductor pierde de inmediato el control de la dirección y el frenado del auto. Esto puede suceder bajo condiciones de lluvia o de

⁷ [Información del estudio realizado por EPA, 2004. Para mayor referencia véase anexo]. [www.perviuspavement.org/Benefit, porcentaje 20 enviromental.htm](http://www.perviuspavement.org/Benefit_porcentaje_20_enviromental.htm).

encharcamiento de agua. A mayor velocidad, mayor es la probabilidad de que el auto hidroplanee”⁸, durante condiciones difíciles de conducción, por ejemplo lluvia y nieve

- permite el deshielo con mayor velocidad
- una durabilidad de 20 a 40 años siempre y cuando se haya realizado una correcta instalación
- dureza alta debido al poco contenido de agua
- menor contracción de sequía, sin la necesidad de cortar el concreto
- no provoca grietas y en caso de existir no tiene ningún efecto significativo en la integridad estructural del pavimento
- alcanza resistencias superiores a 3000 *PSI*⁹ y aún más con diseños especiales de la mezcla, diseños estructurales, y técnicas de la colocación
- utilizar otros tipos de cementantes como humo de sílice, ceniza volante y escoria de horno da como resultado una mayor durabilidad, disminución de grietas y permeabilidad

Las ventajas que ofrece este nuevo material son múltiples, pues al utilizar este concreto es posible mantener el control de inundaciones de manera natural sin la necesidad de drenaje o sistemas sofisticados de alcantarillado pluvial, reducción de costos a largo plazo durante la etapa de construcción y mantenimiento, para proporcionar superficies más seguras en época de lluvias o nevadas.

1.5 Desventajas

Para extender las aplicaciones del concreto permeable, se requiere una mayor investigación y verificar su desempeño en varios ambientes. Aunque es utilizado en climas templados, hay preocupación acerca del desempeño a bajas temperaturas, y problemas de durabilidad bajo congelación y deshielo.

⁸. *Manual de manejo*. México, Secretaria de Transportes y Vialidades, 2009.

⁹ Se denomina psi (del inglés Pounds per Square Inch) a una unidad de presión cuyo valor equivale a 1 libra por pulgada cuadrada.

El concreto permeable al igual que otros materiales de construcción presenta desventajas tales como:

- el diseño está enfocado para la sustitución de áreas impermeables eficaces, no para el manejo de precipitaciones excesivas.
- no debe ser colocado en superficies expuestas a aguas negras, debido a que puede llegar a contaminar las aguas subterráneas
- su uso es limitado a calles con tránsito ligero, debido a que ofrece poca resistencia al desgaste
- no se recomienda su uso cuando el suelo tenga una pendiente mayor al 20%
- en climas fríos se presentan múltiples problemas, tales como la prohibición de esparcir sal o arena ya que tapan los poros y arrastrarían los cloruros a las aguas subterráneas
- congelamiento de la salida de infiltración
- un costo mayor que otros pavimentos durante su etapa de instalación
- la aplicación errónea de productos para el mantenimiento pueden dañar el concreto permeable
- pérdida de permeabilidad con el paso del tiempo, debido a que se van tapando los espacios vacíos con material fino, por lo que se requiere de un mantenimiento a base de agua a presión
- nula colocación de acero de refuerzo pues presentara corrosión, ocasionado por la filtración de agua



Fig. 9. Una buena instalación provee un buen funcionamiento del concreto permeable

Esto no quiere decir que el concreto permeable sea un material de usos limitados, pero su buena funcionalidad radica en una buena instalación. Se han observado casos con éxitos, donde se ha aplicado, sin embargo, en otras áreas los espacios vacíos se han tapado en corto tiempo esto debido a la inexperiencia del contratista, malos preparativos de la base y subbase, o un diseño

inapropiado según el sitio.

1.6 Recomendaciones

Para tener un óptimo funcionamiento del concreto permeable es necesario, verificar la permeabilidad de los suelos se recomienda una capacidad de filtración de 13 *mm/hr*, y una capa de suelo de 1.2 *m* o más, la superficie de concreto permeable no debe ser puesta en servicio, hasta que toda la tierra removida con pendiente hacia el pavimento permeable haya sido estabilizada por medio de vegetación, para evitar la colmatación del sistema, son esenciales los controles estrictos de la erosión y sedimentación durante la etapa de construcción, debe realizarse mantenimiento periódico a la superficie de concreto permeable y el tránsito de construcción debe ser dirigido hacia fuera del área del pavimento permeable durante su colocación para evitar compactación de las capas del suelo subyacente y la pérdida de la capacidad de infiltración.