

CAPITULO III
PROPIEDADES DEL CONCRETO PERMEABLE

3.1 Generalidades

El concreto es una mezcla de cemento, agua, arena y grava que se mantiene trabajable durante un determinado tiempo, generalmente dos horas y después comienza a endurecer hasta desarrollar la resistencia que soporta la estabilidad de las estructuras.

El concreto fresco, se puede definir como una suspensión concentrada de sólidos en agua; algunos concretos pueden ser desmoldados inmediatamente después de su compactación y resistir pesadas cargas en estado fresco, ser elevados y colocados con bandas transportadoras, bombeados a largas distancias y alturas, ser neumáticamente esparcido, fluir a través de canalones, fluir como líquidos sin segregación en su estado fresco. Esto se puede lograr variando las características reológicas [estudió de los principios físicos que regulan el movimiento de los fluidos] del concreto fresco.

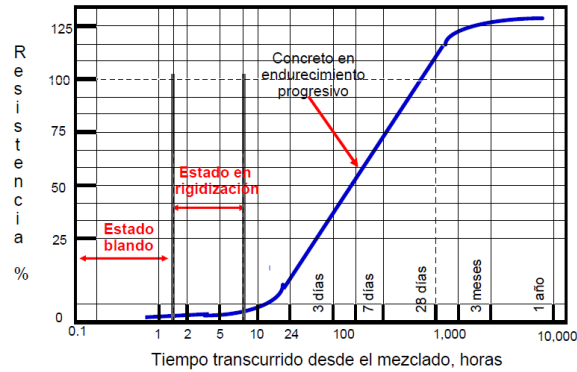
Existen diferentes tipos de concreto basados en su resistencia a la compresión:

- resistencia baja (hasta 200 kg/cm^2)
- resistencia media (> 200 a 400 kg/cm^2)
- resistencia alta (mayor de 400 kg/cm^2)

La calidad del concreto está en función de la calidad de la pasta de cemento, a su vez esta depende de cuatro factores fundamentales:

- relación agua/cemento
- contenido de cemento
- tipo de cemento
- curado

En la siguiente grafica, 3.1 se ilustran los diferentes estados del concreto, con respecto al tiempo transcurrido y la resistencia que se alcanza.



Gráfica 3.1. Estados del concreto¹

Ahora bien, las propiedades de resistencia en el concreto permeable dependen del contenido del material cementante, la relación agua-cemento, el nivel de compactación, la granulometría y la calidad del agregado. Aunque el concreto permeable se ha ocupado por más de 20 años, principalmente como pavimento, sus aplicaciones son de uso limitado, las investigaciones realizadas al respecto, hasta el momento han arrojado poca información relevante en el uso y aplicación de este material en problemas reales. Actualmente existen pocos procedimientos estándares para fabricar y ensayar especímenes de concreto permeable en el laboratorio o campo, por lo que se ha optado de manera práctica, por la aplicación de los procedimientos del concreto.

3.2 Propiedades en estado fresco

El estado fresco del concreto permeable se comprende desde el momento del mezclado del concreto hasta el momento del proceso de endurecimiento inicial, manteniendo las características de trabajabilidad, de tal manera que permiten realizar las operaciones del mezclado, transporte, colocación, compactación y acabado.

3.2.1 Consistencia y peso volumétrico

El revenimiento es la medida de la consistencia del concreto fresco en términos de disminución de altura. Para una proporción dada de cemento y agregado, sin aditivos, cuanto mayor sea el revenimiento, más húmeda es la mezcla, esta propiedad se determina de acuerdo a la norma ASTM C 143.

¹ Curso básico sobre tecnología del concreto, CD-ROM, México, Cemento Apasco, 2005.

Las mezclas de concreto permeable en estado fresco a diferencia del concreto convencional, es mucho más rígida, generando un revenimiento que varía de entre 0 a 1 *cm*.

Por otra parte el peso volumétrico de las mezclas de concreto permeable es aproximadamente 70% del peso volumétrico de las mezclas de concreto convencional, el cual se determina de acuerdo a la norma ASTM C 29, de esta manera el peso volumétrico del concreto depende del porcentaje de vacíos por lo que varía entre los 1600 a 2000 kg/cm^3 .

3.2.2 Relación contenido de huecos de aire-peso volumétrico

El cálculo del contenido del hueco de aire está determinado por el porcentaje de aire del método gravimétrico y es determinado según la norma ASTM C 138, y está relacionado directamente con el peso volumétrico de una mezcla dada de concreto permeable. El hueco de aire depende de varios factores, como pueden ser: granulometría del agregado, contenido de material cementante, relación agua-cemento y energía de compactación, la cual presenta una influencia en el contenido de los huecos de aire, y por consiguiente, en el peso volumétrico correspondiente, proporcionalmente a la mezcla dada de concreto permeable. De acuerdo a una serie de pruebas realizadas en laboratorio, quedo determinado que una sola mezcla de concreto permeable, compactada con 8 niveles diferente de energía producen valores de peso volumétrico que oscilan entre los 1680 y 1920 kg/m^3 . En la figura 17 muestra una estructura típica del concreto permeable que representa la relación de contenidos de huecos de aire-peso volumétrico.

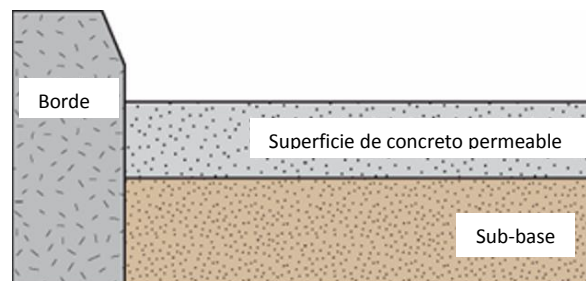
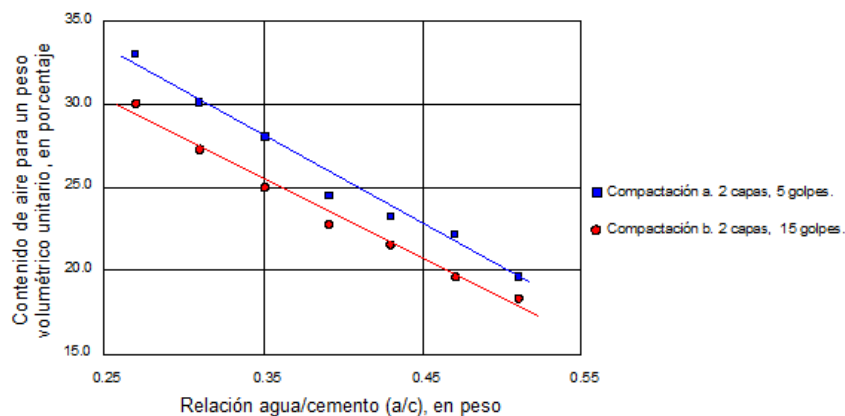


Figura 17. Sección representativa típica del pavimento concreto penetrable.

El comportamiento de resistencia en el concreto permeable aumenta si la porosidad disminuye, por el contrario si la porosidad aumenta la resistencia disminuye. Por medio de pruebas de laboratorio y estudios se ha demostrado que el porcentaje de vacíos para concreto permeable debe estar en un rango de 14% a 31%, pero ya en la práctica, se utiliza un porcentaje de vacíos de 15% a 25%, obteniendo resistencias mayores a 140 kg/cm^2 .

En la gráfica 3.2 podemos observar el contenido de aire en función de la relación agua-cemento, con dos valores diferentes de compactación.



Gráfica 3.2. Relación entre el contenido de aire y la relación agua-cemento para el concreto permeable²

En la mezcla de concreto permeable la energía de compactación tiene una influencia significativa, en el contenido de huecos de aire, la variación de los pesos volumétricos tiene un efecto importante en la resistencia a la compresión.

3.3 Propiedades en estado endurecido

Principales características del concreto permeable en su estado endurecido:

- Resistencia
 - Resistencia a la compresión
 - Resistencia a la flexión
- Módulo de elasticidad
- Contracción

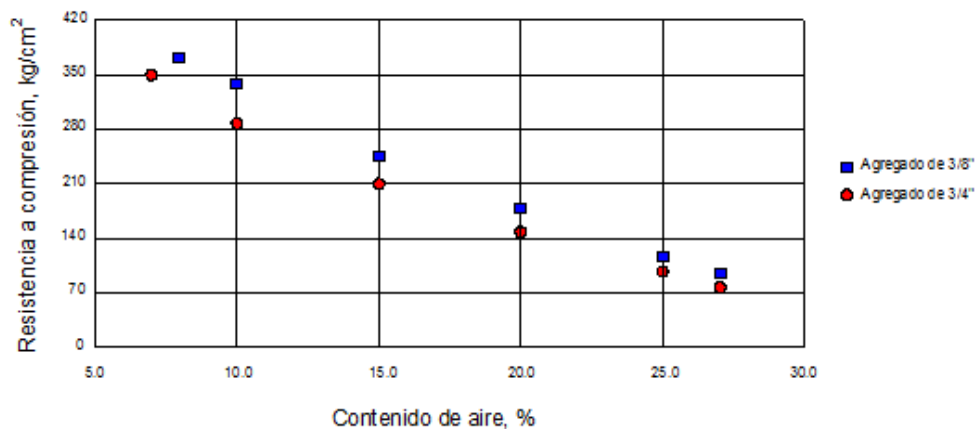
² Concreto permeable, *Op. cit.*, p. 12.

- Permeabilidad

3.3.1 Resistencia a la compresión

La máxima resistencia medida de un espécimen de concreto o mortero a carga axial se le conoce como resistencia a la compresión y se determina de acuerdo a la norma ASTM C 39 y se expresa en kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm^2) a una edad de 28 días y se identifica con la siguiente nomenclatura ($f'c$). Ahora bien, para determinar la resistencia a la compresión, se realizan pruebas de especímenes, mortero y/o de concreto.

La resistencia del concreto a la compresión es una propiedad física fundamental, y frecuentemente encontramos su empleo en los cálculos para el diseño de puentes, edificios y otras estructuras. La resistencia a la compresión de este tipo de concreto está determinada por la resistencia, cuando se ve afectada por la proporción de la matriz y por el esfuerzo de la compactación durante la colocación, para esto Meininger ilustra la relación entre la resistencia a compresión del concreto permeable y el contenido de los vacíos.



Gráfica 3.3. Relación entre la resistencia a compresión a 28 días y el contenido de aire para agregado de 3/8" y 3/4"³

En cuanto a las propiedades de la pasta y de la relación pasta-agregado, es necesario mejorar la resistencia de la pasta alrededor del agregado y la cohesión entre agregado y la pasta, de esta manera mejorará la resistencia del concreto permeable, esta condición se puede lograr variando el tamaño de los agregados u ocupación de aditivos.

³ *Idem.*, p.11.

Por otra parte, la relación agua-cemento de la mezcla de concreto permeable es vital para el desarrollo y la sustentabilidad de la resistencia a la compresión y la consolidación de la estructura de huecos, la relación entre agua-cemento y la resistencia a la compresión del concreto convencional no es significativa. Así mismo, es necesario considerar que entre más alta sea la relación agua-cemento, está puede dar como resultado una adherencia reducida entre las partículas del agregado y puede presentar problemas durante su colocación. Para tal caso es necesario considerar los estudios realizados al respecto en la relación agua-cemento en los cuales se ha mostrado que dicha relación debe oscilar entre los 0.26 a 0.45 proporcionando un buen recubrimiento del agregado y estabilidad de la pasta.

El contenido de material cementante de una mezcla de concreto permeable es importante para el desarrollo de la resistencia a la compresión y estructura de huecos. Si en una mezcla de concreto permeable se presenta un alto contenido de pasta dará como resultado una estructura de porosidad baja. Un contenido de material cementante bajo dará como resultado una capa endurecida de pasta envolviendo al agregado y resistencia a la compresión reducida. El contenido óptimo de cementante depende del tamaño y granulometría del agregado.

Las mezclas de concreto permeable ofrecen una resistencia a la compresión entre 35 a 280 kg/cm^2 , ofreciendo una amplia gama de usos. En la práctica los valores más utilizados rondan alrededor de los 17 kg/cm^2 , esto debido a las características y combinaciones de materiales utilizados, así como las técnicas de colocación y condiciones ambientales.

3.3.2 Resistencia a la flexión

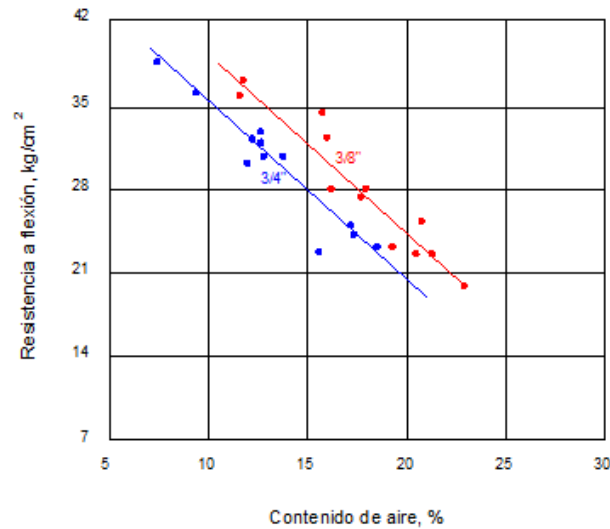
La medida de resistencia a la tracción del concreto, se define como resistencia a la flexión del concreto en donde su función principal radica en medir la resistencia de la falla en una viga o losa de concreto no reforzada y se expresa como el modulo de rotura en kg/cm^2 , se determina mediante los métodos de ensayo ASTM C 78 o ASTM C 293.

El modulo de rotura oscila en los parámetros de 10% al 20% de la resistencia a la compresión, dependiendo del tipo, dimensiones y volumen del agregado grueso utilizado,

sin embargo, la mejor correlación para los materiales específicos es obtenida mediante ensayos de laboratorio para los materiales obtenidos y el diseño de mezclas. El módulo de rotura determinado por la viga cargada en los puntos tercios es más bajo que el módulo de rotura determinado por la viga cargada en el punto medio, en algunas ocasiones tanto como en un 15%.

La resistencia a la flexión es una de las características técnicas más importantes que presenta el concreto permeable, debido a que su resistencia a la flexión es mejor que la del concreto hidráulico ordinario, comúnmente es 30% de la resistencia a la compresión, relativamente más alta que en el concreto ordinario.

En la siguiente gráfica 3.4 se muestra la relación que existe entre la resistencia a la flexión del concreto permeable y el contenido de huecos de aire.

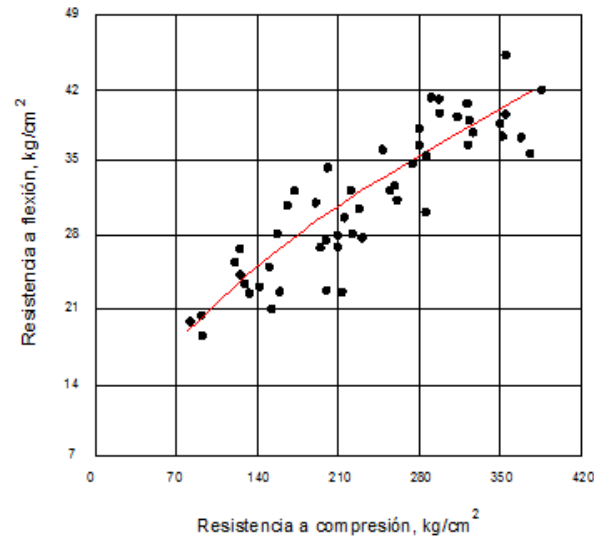


Gráfica 3.4. Relación entre la resistencia a flexión y el contenido de aire con agregados de 3/8" y 3/4" ⁴

La resistencia a la flexión en el concreto permeable generalmente varía entre 10 a 38 kg/cm^2 , dependiendo de múltiples factores, destacando el grado de compactación, porosidad, relación agregado-cemento y relación agua-cemento. Sin embargo el uso de esta propiedad no es importante para el diseño de mezclas de concreto permeable.

⁴ *Idem.*, p. 12

La gráfica 3.5 ilustra la relación que se presenta entre las resistencias a la compresión y a flexión del concreto permeable para una serie de pruebas de laboratorio



Gráfica 3.5. Relación entre la resistencia a flexión y la resistencia a compresión para el concreto permeable⁵

3.3.3 Capacidad de filtración o permeabilidad

La permeabilidad es la capacidad de un material para que un fluido atraviese por él, sin alterar su estructura interna.

La capacidad que presenta un material es cuando un fluido lo atraviesa, se conoce como capacidad de filtración o porosidad, sin embargo es necesario resaltar que al realizar el proceso de filtración la estructura interna del material no se altera y permanece sin ningún cambio en su estructura original. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicamente:

1. porosidad del material
2. densidad del fluido considerado, afectada por su temperatura
3. presión a que está sometido el fluido

Para que un material sea poroso debe contener espacios vacíos o poros que permitan la absorción del fluido, a su vez, tales espacios deben estar interconectados para que el fluido disponga de caminos para pasar a través del material.

⁵ *Idem.*, p. 13



Figura 17. Capacidad de filtración del concreto permeable

Una de las características más importantes del concreto permeable es su capacidad para filtrar el agua a través de su estructura. La capacidad de filtración del concreto permeable está relacionada directamente con el contenido de huecos de aire. Estudios y pruebas han demostrado que se requiere un contenido mínimo de huecos de aire de aproximadamente 15% para lograr una filtración significativa. Puesto que la capacidad de filtración se incrementa a medida que se incrementa el contenido de huecos de aire, consecuentemente, disminuye la resistencia a la compresión, por lo que el proporcionamiento de la mezcla debe satisfacer un equilibrio entre una capacidad de filtración y resistencia a la compresión aceptable.

La permeabilidad del concreto poroso, se puede medir a través de permeámetros de carga variable, el procedimiento más común consisten en obtener la permeabilidad por medio de permeámetros LCS [Leachete Collection System]¹, primeramente se mide el tiempo que tarda en descender el nivel de agua entre dos marcas, fluyendo el agua a través de un pequeño orificio. Por su parte el permeámetro LCS obtiene los resultados óptimos de permeabilidad los cuales son comparados contra distintos estados de permeabilidad de un pavimento. En cuanto al permeámetro cabe destacar que no necesita ningún tipo de calibración previa, pues cuenta con las marcas necesarias para realizar la correspondiente medición del tiempo que tarda en infiltrarse el volumen de agua contenido entre ellas. La permeabilidad de las mezclas se considera escasa o deficiente cuando el tiempo medido está por encima de los 200 segundos y satisfactoria cuando es menor de 100 segundos. El resultado para una mezcla bituminosa porosa recién colocada debe ser inferior a 50 segundos, debiendo estas preferiblemente por debajo de los parámetros 25 a 35 segundos.

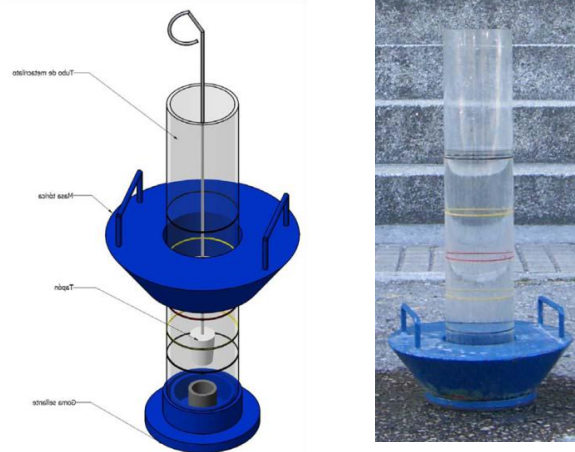
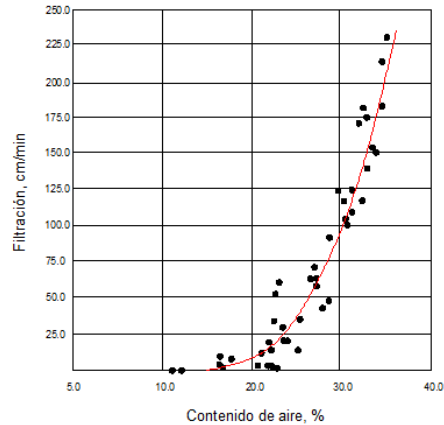


Figura 18.

Permeámetro LCS para efectuar medidas en capas drenantes. Está formado por un tubo transparente cilíndrico de 94 mm., con dos señales de medida separadas entre sí 250 mm, unido a una base de acero que dispone en su centro un orificio de 30 mm.

En la práctica cotidiana se ha observado que las mediciones no son sensibles al estado del pavimento después de la limpieza, pudiendo los efectos parecer muy pequeños, nulos o negativos, por lo que se ha desarrollado varios tipos de sistemas de medición, entre estos encontramos el permeámetro Zarauz, cuya funcionalidad radica principalmente en dejar caer el agua directamente hacia el pavimento desde una cierta altura, filtrándose libremente sobre este. Algunas de las ventajas que encontramos con este método, es que permite tomar dos tipos de medida; por una parte tiempo total de desaparición del agua de la superficie y por la otra, la máxima distancia recorrida por el agua antes de su penetración.

De esta manera podemos decir que los intervalos para el flujo del agua a través del concreto y que más típicamente se encuentran están en el parámetro 0.2 a 0.54 cm/s , para ello la siguiente gráfica 3.5 muestra la relación existente entre la filtración y el contenido de vacíos.



Gráfica 3.6. Relación entre la resistencia a flexión y el contenido de aire con agregados de 3/8" y 3/4"⁶

3.3.4 Cambio de volumen o contracción

Al fenómeno que se presenta cuando el concreto pierde agua se le conoce como cambio de volumen o contracción; en términos generales la contracción en el concreto se presenta como una deformación tridimensional, comúnmente se expresa como una deformación lineal, de esta manera la contracción que se presenta dentro del concreto es ocasionado debido a las reacciones químicas de los ingredientes que conforman el concreto, pudiendo ocasionar alabeo y contracción durante la etapa de endurecimiento, así como la aparición de grietas.

Para evitar una mayor contracción en la estructura del concreto, comúnmente se agrega agua, de tal forma que la hidratación del cemento obtenga su consistencia óptima. El agua libre o excedente, se evapora en poco tiempo, así la velocidad o terminado de secado depende principalmente de la humedad contenida, temperatura ambiental y de la forma y posición donde fue colocado el concreto.

La disminución en el volumen del concreto, se presenta por la pérdida de agua, ocurriendo este cambio con mayor velocidad al principio de su colocación, que al final; con esto, asintóticamente se alcanzan las dimensiones límite.

⁶ *Idem.*, p. 13.

A diferencia del concreto convencional, la contracción en el concreto permeable ocurre con mayor velocidad, sin embargo es mucho menor que la del concreto convencional,

El tiempo de pérdida de una mezcla de concreto permeable dependerá de los materiales utilizados, los valores se deberán encontrar dentro del orden de 0.002, esto según estudios realizados en campo, lo que representa la mitad de contracción que hay en concretos convencionales, esto debido al cementante y agregado. Por otra parte, la contracción y aspereza superficial ocurre en el orden de 50% a 80% durante los primeros 10 días, comparados con el 20% al 30% del mismo período para el concreto convencional. Gracias a esta contracción baja y textura superficial, la mayoría de los concretos permeables se realizan sin juntas constructivas, permitiendo agrietamientos aleatorios.

3.3.5 Absorción acústica

Es una propiedad que presentan ciertos materiales y cuya función principal es absorber energía acústica al disminuir la reflexión de las ondas incidentes; ejemplo de esto tenemos los materiales porosos, ahora bien, la capacidad de aislamiento acústico de un determinado elemento constructivo, fabricado con uno o más materiales, es su capacidad de atenuar el sonido que lo atraviesa. La atenuación o pérdida de transmisión sonora de un determinado material se define como la diferencia entre la potencia acústica incidente y el nivel de potencia acústica que atraviesa el material, así, los materiales más eficientes para aislar sonido, son aquellos que tiene una gran cantidad de poros.

La presencia de múltiples poros interconectados entre si de tamaño considerable dentro del material, hacen que el concreto permeable sea altamente efectivo como material aislante del sonido, por lo que se utiliza como medio para reducir el ruido generado por la interacción de las llantas y el pavimento de concreto, ayudando a minimizar el bombeo del aire entre la superficie de la llanta y la superficie de rodamiento. Situación posible gracias a la absorción del sonido a través de la fricción interna entre las moléculas de aire en movimiento y las paredes de los poros.

El coeficiente de absorción representado por α , como una medida de la capacidad de un material para absorber sonido, de esta manera un coeficiente de absorción de 1.0, representa un material puramente absorbente, por el contrario un material con coeficiente de absorción 0 indicara que el material es completamente reflexivo. En la práctica en concreto convencional, típicamente tiene un coeficiente de absorción de 0.3 a 0.5⁷. Por otra parte el concreto permeable presenta un rango de absorción de 0.1, esto para desempeños de pobres, hasta casi 1.0, para mezclas de un volumen de poros y tamaños óptimos. De esta manera el coeficiente de absorción de esta función de la frecuencia de las ondas de sonido que golpean con fuerza y en consecuencia es importante seleccionar un grosor apropiado del concreto permeable a fin de reducir los sonidos de la frecuencia deseada, en este caso lo recomendable para el oído humano es de 800 a 1200 Hz.

3.3.6 Durabilidad

Es la capacidad de resistencia a la intemperie, a la congelación y descongelación, a la acción de agentes químicos al desgaste, sin la alteración de sus propiedades mecánicas. Al igual que en el concreto convencional, la durabilidad del concreto permeable se refiere a la vida de servicio bajo las condiciones ambientales dadas. Los efectos físicos que influyen desfavorablemente en la durabilidad del concreto son la exposición a sulfatos y ácidos, que dañan tanto la estructura interna como la superficie del concreto poroso, sin embargo no se han llevado a cabo estudios sobre la resistencia del concreto permeable bajo el ataque agresivo por agua conteniendo sulfatos o ácidos, ni bajo condiciones de congelación y deshielo.

3.3.6.1 Resistencia a la congelación-deshielo

El concreto permeable debe tener una buena durabilidad para resistir condiciones ambientales de exposición anticipadas. Aun cuando las condiciones climáticas en nuestro país no son propicias a cambios climáticos extremos, es necesario considerar que durante su diseño el concreto permeable, fue sometido a pruebas estrictas de rendimiento sobre todo para la resistencia de climas invernales, pues bajo estos climas el concreto permeable está

⁷ *Ibidem.*, pág. 15.

expuesto a fuertes condiciones de congelación deshielo, lo cual hace que la estructura del concreto poroso se llene agua y su durabilidad sea escasa⁸.

El intemperismo a la congelación y deshielo es mucho más destructivo cuando el concreto se encuentra húmedo, principalmente en la presencia de descongelación. El deterioro es causado por la congelación del agua y su posterior expansión en la estructura interna del concreto.

La durabilidad y resistencia a la congelación y deshielo del concreto permeable una vez instalado depende del nivel de saturación de los vacíos dentro de la estructura interna del concreto en épocas del año de clima frío. En la práctica, es recomendable un rápido drenado del concreto permeable, para evitar una saturación y es de vital importancia mencionar que pocos concretos permeables han sido construidos en zonas frías, los cuales han estado en servicio por más de 10 años.

Durante el proceso de congelación del agua ocurre una expansión de volumen de la misma, aproximadamente del 9%, trayendo como consecuencia la expansión de los cristales de hielo, acarreado como principal consecuencia el desplazamiento del agua. Lo ideal sería contener poca agua, para no desarrollar presión hidrostática, sin embargo, si los poros de la estructura interna del concreto se saturan cuando inicia la congelación, entonces se acumula una presión hidrostática a medida que avanza la congelación.



Figura 19. Funcionamiento del concreto permeable en un estacionamiento bajo condiciones de congelación y deshielo

Conforme a la norma ASTM C 666, una porción de concreto permeable sin aire incluido completamente saturado tuvo una pobre resistencia a la congelación y deshielo, aunque esta norma no es recomendable para evaluar la resistencia a la congelación y deshielo del concreto permeable, ya que no simula el desempeño en campo. Actualmente, no existe método alguno para evaluar la resistencia a la

⁸ [NORMCA 204]

congelación y deshielo del concreto permeable, por lo que uno de los factores más importantes es la capacidad para drenar cualquier cantidad de agua que entra en la estructura del concreto permeable en condiciones de clima anticipadas a la congelación y deshielo.

Para mejorar la resistencia del concreto permeable bajo condiciones de congelación y deshielo, es recomendable:

- Incorporar un aditivo inclusor de aire en la mezcla de concreto permeable.
- Colocar un tubo de PVC en la base del agregado para capturar toda el agua y permitir que drene hacia fuera por debajo del pavimento.
- Utilizar una capa de 20 a 60 *cm.* de grueso de una base de agregado sin finos debajo del concreto permeable.

La utilización del concreto permeable no es recomendable en ambientes de congelación y deshielo donde el nivel freático se encuentre a un nivel menor de 90 *cm.* de la capa subrasante. Si el concreto permeable se encuentra parcialmente saturado debe tener suficientes huecos para el desplazamiento del agua, y así obtener una buena resistencia a la congelación y deshielo.

3.3.6.2 Resistencia a la abrasión

Todos los pavimentos o superficies de rodamiento están expuestos a un alto desgaste, en cuanto al concreto permeable podemos decir que este debe tener dentro de sus propiedades una alta resistencia a la abrasión, pues se ha observado que tal resistencia está relacionada directamente con la resistencia a compresión del concreto, de esta manera, un concreto con mayor resistencia a la compresión presenta una mayor resistencia a la abrasión, que un concreto con menor resistencia a la compresión.

Como ya se ha mencionado anteriormente la resistencia a la compresión depende de la relación agua-cemento y del curado, para un buen desempeño es necesaria una baja relación agua-cemento y un buen método de curado, logrando una optima resistencia a la abrasión. Otros factores que afectan está resistencia son los agregados incluidos en la mezcla y el

acabado de la superficie o el tratamiento utilizado. Un agregado duro es más resistente a la abrasión que un agregado más blando, mientras que por otro lado una superficie terminada con llama de metal resistirá mejor el desgaste que las superficies que aun no han recibido este terminado.

La aspereza de la superficie y estructura abierta del concreto permeable, resulta un problema de abrasión y desintegración de las partículas de los agregados sobre todo en localidades donde el uso de quitanieves es constante para la limpieza de pavimentos cubiertos por nieve. Por medio de la utilización de pavimentos de concreto permeable se ha observado que permiten un deshielo en menor tiempo.

La mayoría de los pavimentos de concreto permeable tendrán menor cantidad de agregados sobre la superficie a las pocas semanas de haber puesto en servicio la superficie al tránsito urbano. Estas partículas son inicialmente desprendidas de la superficie y son removidas fuera del área del concreto permeable, para que en pocas semanas se obtenga una superficie más estable. Una compactación y un curado adecuado logran reducir la ocurrencia de la desintegración de la superficie.

3.3.6.3 Resistencia a los sulfatos

Una de las sustancias químicas que más afecta a los concretos son los sulfatos, generando una destrucción del concreto permeable o convencional que no fue diseñado adecuadamente. Los sulfatos atacan al concreto reaccionando con los compuestos hidratados en la pasta de cemento, estas reacciones pueden llegar a crear suficiente presión para romper la pasta de cemento, resultando en la desintegración del concreto.

Los agentes agresivos químicos en el suelo o en el agua, como son ácidos, como ya mencione anteriormente los sulfatos, son una preocupación para el concreto convencional e igual para el concreto permeable, pues los mecanismos de ataque son similares. El concreto permeable puede ser usado en áreas de alto contenido de sulfatos y agua contaminada siempre y cuando el concreto esté aislado de estos.

La colocación de concreto permeable sobre una capa de 15 *cm.* con tamaño máximo de agregado de 25 *mm.* proporciona una base para el pavimento, almacenamiento de las aguas de lluvia, y aislamiento para el concreto permeable.