

CAPITULO V. “PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEABLE”.

TRABAJOS PRELIMINARES.

El suelo natural encontrado en cualquier proyecto deberá de muestrearse y someterse a pruebas para permeabilidad y capacidad de carga. Cuando en los suelos existentes predomina la arena, las condiciones de graduación no favorecen la permeabilidad.

Se ubica y se traza el área en donde vamos a aplicar el nuevo pavimento de concreto permeable. En los casos en donde haya que demoler algún pavimento existente, tendremos que estar seguros de retirar la estructura anterior también, o sea la base que normalmente se compone de grava cementada, asfalto y tepetate compactado. En algunos casos tiene riegos de asfalto; estos materiales estorbarán la infiltración del agua por lo que será muy importante retirarlos.

También se deberán marcar los niveles de piso terminado hasta donde debe quedar nuestro nuevo pavimento de concreto permeable terminado.



Una vez terminado el trazo y las demoliciones, de ser necesarias, procederemos a excavar el terreno hasta la profundidad deseada. Una vez que tenemos definido el espesor del pavimento de concreto permeable y de la base que vamos a usar podemos determinar a qué profundidad hay que excavar el terreno. El ideal es que la excavación se haga hasta encontrar el terreno natural, en ese punto se aplica una vibro compactación con el objeto de estabilizarlo y nivelarlo, no dejando áreas flojas que pudieran deformarse durante el proceso de construcción.

Una nivelación adecuada debe dejar pendientes aceptables hacia los pozos o canales de absorción. Terminado esto se debe compactar el terreno por medios mecánicos.

También se deberán delimitar las áreas de instalación del pavimento de concreto permeable con algún tipo de cimbra, esto se hace cuando hay que dejar fronteras o juntas con algún otro pavimento existente o juntas frías para el propio colado de estos pisos. En los casos en que haya que colar un pavimento de concreto permeable junto a un pavimento tradicional, habrá que proteger a éste con una película plástica ya que el agua que penetra por el piso del pavimento de concreto permeable puede deformarlo.

En algunos casos no hay que excavar sino construir guarniciones para contener la base y el pavimento de concreto permeable, estas piezas se podrán hacer también con concreto hidráulico común.

Los pozos de absorción permiten la acumulación de un mayor volumen de agua de lluvia la cual, a través de éstos, podrá ser encausada al subsuelo gracias a la presión hidrostática del agua. Para determinar el número de pozos debemos conocer la permeabilidad del terreno y la cantidad de agua que pueda llegar a este desde otros lados. En la mayoría de los casos hasta hoy presentados, hemos determinado que un pozo por cada 40 m² es suficiente.

El tamaño de éstos varía desde 1.00 x 1.00 x 1.00 metro, hasta pozos de 0.60 x 0.60 x 0.60, mientras más profundo es un pozo de absorción, seguramente más rápido se infiltrara el agua al subsuelo.

A estos pozos se les llaman también “Pozos indios” y tienen la ventaja adicional de que no hay que ademarlos o recubrir sus paredes para evitar que se colapsen. Se rellenan con grava, tezontle o con materiales de demolición libres de polvo y arena. Debemos recordar que en el proceso constructivo del pavimento de concreto permeable no debe usarse arena ya que es un material fino que se lavará con el agua pudiendo provocar baches.

En algunas ocasiones es recomendable usar canales para conducir el agua hacia los pozos.



Son muretes que se construyen para contener la base. Pueden ser hechos con mezcla de concreto, tabique, adoquines o inclusive material de desecho producto de la demolición si es que la hubo.

Estos muros contenedores no siempre son necesarios ya que muchas veces las guarniciones, o la propia excavación, son suficientes para la contención del relleno. Se usarán sólo en aquellos casos en donde exista la posibilidad de que la base, por efecto de la vibración, la pendiente y la carga sobre el pavimento, pueda dispersarse, ya que si esto sucediera, ocasionaría la aparición de huecos en la base del pavimento permeable y estos podrían ocasionar fracturas o baches.

Los muros contenedores deberán ser colocados de manera que contengan el relleno. Su altura podrá ser igual a la del relleno o rebasarlo por no más de dos cm. Deberán desplantarse cuando menos 10 cm. por debajo del lecho inferior del relleno.

TERRACERIAS.

La uniformidad del soporte de la subrasante, en lugar de la resistencia, es el mejor criterio para una adecuada selección de la subrasante. El pavimento de concreto permeable tiene una losa que distribuye las cargas sobre una gran área similar a la del pavimento de concreto convencional; esta distribución de cargas disminuye la presión en la subrasante y elimina la necesidad de grandes espesores de la subrasante.

Ya que la uniformidad del soporte de la subrasante es esencial en la función de los pavimentos, esto debe garantizarse tanto en condiciones secas como húmedas de la subrasante. Una adecuada construcción del pavimento de concreto permeable facilita estos requerimientos, específicamente cuando están expuestos al agua de lluvia. Lo que podría provocar la ocurrencia de pérdidas en el soporte de la subrasante en suelos arenosos. Sin embargo, el tipo de problemas en un soporte de la subrasante es variable y pueden resultar de la presencia de limo y arcilla, los cuales son altamente compresibles, tienen poca cohesión o se expanden en condiciones húmedas.

Estas condiciones en los suelos pueden ser analizados individualmente para otros valores en los soportes y pueden ser modificados, reemplazados o bien colocar un material permeable adicional en menos de 15.25 cm (6 pulgadas) encima de un suelo inadecuado.



Dependiendo del tipo de suelo, la subrasante debería compactarse entre 90 y 95 % de la densidad determinada por AASHTO T-9951 ó AASHTO T-18052. El modulo de reacción de la subrasante (K) [lb/in³] debería estar determinado con las condiciones del suelo existente y estableciendo los requerimientos de diseño.

Antes de la colocación del pavimento, la subrasante o sub-base debería ser compactada de acuerdo a las especificaciones y a las condiciones de humedad. El pavimento de concreto permeable tiene una humedad mínima libre y si la subrasante o sub-base está en condiciones secas, el tiempo de colocación se acelerara y se reducirá el desempeño del pavimento.

El tiempo de colocación es importante para cumplir con la humedad de la subrasante sin la presencia de la resistencia libre del agua como en los métodos del pavimento de concreto convencional.



La base es la estructura que mantiene al pavimento permeable sobre el terreno. Las capas quedan establecidas de acuerdo al uso de cada pavimento, en calles, estacionamientos grandes u obras de mucho tráfico, será necesario aplicar una base de grava y una sub base de boleos de 1 ½" hasta 3", en casos de obras de poca carga solo será necesario una capa de base de ¾".

La base es la capa que viene justo por debajo de la carpeta del concreto hidráulico permeable, se hace con grava limpia de ¾" pudiendo hacerla con distintos tipos de piedra, siempre y cuando se cumpla la característica de no contener arena.

Esta base, por no contar con un material como la arena, que lo haga homogéneo, descompone las cargas que se le aplican al pavimento en todas direcciones, en forma heterogénea, favoreciendo que la carga transmitida al terreno sea mínima ya que la reparte por todos lados.

La sub base se hace con agregados pétreos en diámetros mayores, de 1 ½" hasta 3" y 4" que se instalan directamente sobre el terreno compactado. Esta capa normalmente es más gruesa que la de grava para otorgar una cimentación adecuada al pavimento terminado.

Por lo anteriormente descrito, es muy difícil que un pavimento hidráulico permeable se deforme por efecto de las cargas, como las que transmiten autos y camiones. El tamaño de los agregados para estas bases será desde tres cuartos de pulgada en adelante. Se debe compactar y nivelar muy bien por medios mecánicos.

Se requiere de un material limpio además de estar libre de materiales deletéreos. El espesor máximo de capas será de 20.32 cm (8 in), y será compactado con un equipo vibratorio a una densidad a una densidad mínima del 92 % de la densidad seca máxima según lo establecido. La subrasante estará en condiciones húmedas (dentro del +- 3% del contenido de agua óptimo, de acuerdo con la prueba de compactación modificada).

Otros materiales importantes son el geo-textil y la geo malla, estos materiales se usan para contener de una manera mucho más eficaz los terrenos que presentan poca sustentación, como las arcillas expansivas. Los geo textiles son telas que tienen una gran resistencia a la flexión y que permiten contener los materiales en su sitio ayudando en gran manera a su estabilidad.

Se aplican directamente sobre el terreno compactado mecánicamente y sobre esta se aplica la sub base, que servirá también para fijarla en su sitio. Es de notarse la gran resistencia a la tensión que dan estas telas aportan, lo que mejora enormemente la estabilidad de los suelos o bases.

Estos materiales no son caros pero no se usan siempre en obras de concreto hidráulico permeable, solo los usamos en terrenos mejorados por medios mecánicos o con problemas de elasticidad ya que aportaran un buen medio de contención, como sucede con las arcillas expansivas, pero pueden afectar también

de manera negativa, aunque no en todos los casos, porque pueden atenuar la velocidad de permeabilidad.

En la actualidad se reconocen cuatro funciones principales:

- ✚ Separación, al evitar o minimizar la mezcla de materiales de diferentes granulometría.
- ✚ Filtración y drenaje, al evitar la migración de partículas de suelo y permitir el libre flujo de agua y gases.
- ✚ Refuerzo, al soportar tensiones, estabilizar la masa de suelo y proteger geomembranas.
- ✚ Impermeabilizantes, al formar una barrera que impida el paso de fluidos y partículas de suelo.



ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO.

Algunos sitios bien planeados proporcionan un adecuado sistema de agua. El gobierno requiere que estos sistemas mejoren la calidad de las descargas de agua. Los requerimientos de la mezcla así como las técnicas de colocación son regularmente actualizados y los contratistas deben de consultar regularmente los manuales y las especificaciones de los materiales para los últimos por menos antes de la colocación del concreto. Las operaciones a seguir están directamente relacionadas con la calidad de la subrasante, la adecuada proporción de la mezcla, la colocación, el acabado y el curado.

Las propiedades de la mezcla permeable requieren especial cuidado en el mezclado y la transportación. Para producir una mezcla de consistencia adecuada, las proporciones deben ser correctamente ajustadas para la humedad de los agregados. El peso inicial de los materiales en la mezcladora debe tener una secuencia tal que minimice los apelmazamientos (grumos, bolas) del material de la mezcla. Los camiones revolventes para ayudar a la descarga deberán tener más abiertas las aperturas o bien los canalones deberán ser lo más ancho posible dando un revendimiento de cero. Las unidades descargaran por la parte de atrás y la parte de enfrente deberá estar lo más elevado posible para ayudar a la descarga.

El uso de un aditivo retardante / reductor de agua ayudara en las operaciones de colocación provocando que el fraguado inicial de mezcla sea mas tardío cuando se manejen grandes tiempos en la colocación. Durante la transportación el producto se mezclara a una baja velocidad. La descarga de la mezcla deberá completarse una hora después de que se haya agregado el agua a la mezcla. Un ambiente con alta temperatura provocara un efecto directo en el fraguado inicial por lo que se deberá tener cierto cuidado. De acuerdo con experiencia, se dice que este tipo de concreto no se recomienda para bombeo dado que no es práctico de factible.

Los procedimientos de colocación adecuados son muy importantes porque conducen a un buen desempeño del pavimento permeable. También es necesario que se cuente con gente experimentada en ese campo.

La descarga del material deberá ser lo más rápido posible y continúa. Si llega a ser interrumpido, la mezcla permanecerá en el canalón, la cual tendrá que removerse y ser depositada en el piso.



El uso de equipo mecánico de esparcimiento mejorara la producción y reducirá la contaminación de los materiales de la subrasante. Si este equipo no está disponible, la distribución será manual. La siguiente operación es para nivelación o compactación del material. Hasta la fecha los procedimientos de colocación tiene incluido un enrasador y un rodillo. Tanto el enrasador como el rodillo no tienen la capacidad para compactar la mezcla.

La utilización de una frecuencia alta en el vibrado del concreto empleando el equipo mecánico de colocación puede causar en la mezcla una densificación y con ello eliminar la estructura permeable si continua el vibrado.



La vibración puede causar a la pasta cementante una fluidez tal, que llene la parte baja de la estructura permeable del concreto dejando en la superficie los agregados. Esto reducirá la resistencia del concreto en la superficie y debilitara la permeabilidad en la porción baja del pavimento. Los métodos de enrasamiento mecánico con rodillos o con regla, producen un bajo esfuerzo de compactación; en un pavimento colocado, la relación del peso unitario en los resultados es ligeramente menor que el peso unitario teórico.

Después de la colocación mecánica, no se requieren operaciones de acabado adicional. Ningún acabado adicional, dañara la integridad de la superficie y las características superficiales del pavimento permeable. La ligera niebla en la superficie por el calor y el viento previo a la cubierta del polietileno mejorara la adherencia de las partículas en la superficie.

La mezcla del agregado del cemento portland se puede transportar de la planta o mezclar en sitio y debe ser utilizada en el plazo de una hora, después de agregar agua a la mezcla, a menos que sea aprobado por un especialista si se requiere de un tiempo mayor a 90 minutos, utilizar un estabilizador de hidratación el cual debe ser especificado.

El concreto se depositara cerca de su posición final, de tal forma que el concreto fresco se incorpore a la masa de concreto colocado previamente. La práctica de descarga sobre el subsuelo, tirado o traspaleo previa a la colocación final no se permite.

CARPETA CON CONCRETO PERMEABLE.

A menos que sea aprobado por el dueño y el ingeniero, el contratista, proveerá solo equipo mecánico el cual se deberá colocar en la cimbra. El concreto hidráulico permeable será puesto de acuerdo a los requerimientos de la estructura y no rebasara mas de ± 9.525 mm. ($\pm 3/8$ pulgadas) en 3.05 m (10ft). Automáticamente después del enrasamiento y de la compactación, no se permitirá otro acabado.

Las cimbras pueden ser de madera o acero y tendrán la profundidad del pavimento. Deberán ser lo suficientemente resistentes y estables para soportar equipo mecánico sin tener alguna deformación, desarrollando las operaciones de compactación y esparcimiento.

Las juntas transversales de contracción serán instaladas en intervalos de 6.1 [m]. Se instalaran a una profundidad de 6.35 mm. Del espesor del pavimento.

Las juntas longitudinales serán colocadas en el punto medio del ancho del carril de la construcción del ancho del carril excede los 4.57 m. Estas juntas pueden colocarse con concreto plástico o con una cortadora. Si se utiliza una cortadora, el procedimiento es rápido ya que el pavimento endurece lo suficiente para prevenir los desvíos. Normalmente se hacen las juntas después del curado.

Las juntas transversales de construcción solo pueden ser instaladas, siempre que se haya terminado el tramo de construcción, de otra manera el concreto nunca empezara a endurecer. Para garantizar el vinculo de los agregados con la construcción de las juntas, se debe tener un adecuado agente de adherencia para colocar el concreto fresco al ya existente, el cual será cepillado o esparcido al límite de la superficie del pavimento existente.

Las juntas de aislamiento se usaran solo cuando haya algún bloque o losa u otras estructuras contiguas.



CURADO Y BALIZAMIENTO.

El procedimiento de curado normalmente utilizado es el de cubrir la superficie expuesta con un material de polietileno o bien por algún otro material a cubrir de 6 mm. Y comenzara a cubrir después de 20 minutos de haber hecho la colocación final. Previo a la cubierta se tendrá una niebla o una ligera niebla en la superficie, garantizando la resistencia normal obtenida en la superficie del concreto y esto es debido a la temperatura, viento y humedad. La cubierta abarcara los limites, asegurándose con piedras o tierra, para prevenirla de las condiciones de tráfico o del viento.

Se debería cuidar el procedimiento de curado desde la niebla hasta la cubierta ya que de otra manera se removerán los agregados superficiales y se reducirá la durabilidad.



El tiempo de curado dependerá del material cementante usado y del porcentaje de resistencia de diseño. Sin el adecuado curado, el pavimento permeable de concreto puede alcanzar solo el 40% de la resistencia de diseño, volviéndolo susceptible del deterioro superficial. Se deberá mantener la cubierta de plástico durante dos o tres días como mínimo y hasta 7 días de ser posible, esta

precaución ayudará a mejorar las condiciones mecánicas del material y obtendrá una mayor resistencia.

Aunque a mezcla para el pavimento se entrega ya con un colorante adicionado se puede aplicar una capa final de impregnación que lleva un colorante. Esta capa final ayudará a mejorar la adherencia de las piedras superficiales y también mejorará mucho el aspecto del piso ya terminado.

Esta capa con el tiempo se ira desgastando en la parte superficial del pavimento dejando el contorno con color lo que dará un aspecto muy atractivo a toda la superficie, pero se puede volver a impregnar la superficie sin ningún problema.

Cualquier tipo de pintura se puede utilizar para realizar los balizamientos necesarios para dar las indicaciones hacia los conductores y peatones; estos se pueden realizar con el equipo que se utiliza para balizar el asfalto.

