

Análisis de la aplicación de Base tipo Drenante en la Red Vial de la ciudad de Guayaquil

Enviado abril 2018 – Revisado mayo 2018 – Publicado Junio 2018

“Eduardo Santos”^a, “Manuel Gómez De La Torre”^a, “Patricia Villa”^a, Julio Vargas^a, Abraham Peñafiel¹

^{1 a} Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Universidad de Guayaquil

eduardo.santosb@ug.edu.ec, manuel.gomezdelatorreg@ug.edu.ec, angela.villar@ug.edu.ec,
julio.vargas@ug.edu.ec, abrlepen@hotmail.com

Resumen El presente trabajo se enmarca en la problemática del deterioro vial de la ciudad de Guayaquil debido a la presencia de la fuerte estación lluviosa de recurrencia anual; en base a la revisión bibliográfica realizada, se tiene como antecedente, que el deterioro de las vías en zonas lluviosas se podría deber a un inadecuado drenaje de la estructura de la carpeta de rodadura.

La metodología del presente trabajo se basó en la recopilación de información, normas locales e internacionales del sistema constructivo de carpeta de rodadura conocido como "tipo de base drenante", para posteriormente plantear la utilización de este sistema localmente como una alternativa para la carpeta de rodadura. En base a la experiencia local se analizaron aspectos relevantes del diseño y proceso constructivo a ser evaluado, discutido por los diferentes organismos regionales involucrados en esta temática como: universidades, colegios profesionales, constructores entre otros, con el propósito de que a futuro se implemente en Guayaquil este sistema constructivo, como una alternativa nueva que no sólo priorice el tema estructural de la capacidad del pavimento sino también el adecuado drenaje de la estructura del mismo.

Como alternativas se presenta el análisis de dos esquemas planteados para la ciudad de Guayaquil, con carpeta asfáltica y con carpeta de rodadura de adoquín, donde se evalúa la capacidad de drenaje en la época invernal y se plantea la implementación de la metodología Base Drenante para ambos casos.

Palabras clave

base drenante, drenaje, pavimento

Abstract

This paper is written in accordance to the problematic of road deterioration in Guayaquil city due to the presence of the strong annual recurrent rainy season.

Based on a bibliographical review, that deterioration of roads in rainy areas could owe to an inadequate drainage of the structure of the pavement. The methodology of this work were based on the compilation of information about pavement drainage that allows us to choose a suitable methodology called "open graded base type", to the later propose of implement this construction system locally as an alternative to the pavement.

Based on the local experience, relevant and necessary aspects were revised to make a proposal of a constructive methodology to be evaluated and discussed at local level by the different regional organizations: universities, professional colleges. The methodology was strength for an implementation of a new alternative of construction system that not only prioritizes the structural theme of pavement capacity but also the proper drainage of the structure.

As alternatives, we present an analysis of two schemes for Guayaquil city, Open graded base type with asphalt pavement and Open graded base type with a paving block, where the drainage capacity were evaluated in the winter season and finally in the last part were analyzed the steps of implementation of "open graded base type" methodology locally.

key words

Graded base, drainage, pavement.

1. Introducción

Mediante recientes recorridos por las calles y avenidas de la ciudad de Guayaquil (ver figura 1) después de la época invernal del presente año (2017) se pudo evidenciar el deterioro de la red vial de forma general ante el impacto de las lluvias, por lo que es necesario buscar alternativas de diseño vial que puedan considerar algún efecto, inherente a la época lluviosa, en la estructura del pavimento y su servicialidad.



Figura. 1. Tramo deteriorado de calle Noguchi, Guayaquil en invierno del 2017. (Ref. Diario el Universo 02/mayo/2017).

Esta investigación pretende analizar una alternativa de diseño vial que contribuya a la solución ante el recurrente daño vial que se presenta en las calles y avenidas de la ciudad de Guayaquil, ante la presencia de los períodos lluviosos que ocurren cada año en la estación invernal, los cuales varían en intensidad y duración.

Por siglos los ingenieros viales han conocido que la acción del agua acelera el deterioro y destrucción del pavimento, y la respuesta ha sido: “que un buen drenaje es una necesidad básica de los pavimentos”, sin embargo de lo anterior, el buen drenaje de los pavimentos es algo muy limitado. [1]

En el diseño hidráulico del pavimento, tradicionalmente se han estudiado y diseñado los elementos básicos de flujo de agua superficial o sistemas de drenaje superficial formados por cunetas, alcantarillas y el escurrimiento superficial sobre la calzada facilitado por el bombeo lateral de la vía, los cuales utilizan el concepto de flujo uniforme.[2]

Sin embargo la ausencia de un apropiado sistema de drenaje del agua **infiltrada a través del pavimento** ha sido conocido como la causante de la reducción de la vida de servicio del pavimento. Harry R. Cedergren 1974.[1]

El Flujo subterráneo y la infiltración a través del pavimento se consideran mediante el uso de la ley de Flujo de Darcy. Ésta ley ha sido utilizada desde el año 1865 para establecer las condiciones de flujo en el suelo y se basa en las siguientes suposiciones: Flujo tipo permanente, el suelo es un medio poroso y homogéneo y la condición del flujo es laminar.[3]

El Caudal de infiltración según la ley de Darcy es: $Q=Kia$

Dónde: Q = Flujo de infiltración (m³/s),

k = Coefficient of permeability (m/s)

i = Pendiente de gradiente hidráulico (m/m)

A = Área transversal de circulación de flujo (m²)

Permeabilidad es el término utilizado para establecer la capacidad del suelo de retener agua, mientras que el coeficiente de permeabilidad es un término de ingeniería utilizado para definir una relación de flujo de agua en el suelo. El coeficiente de permeabilidad, se define como la tasa de flujo a través de un área unitaria con un gradiente hidráulico. Este coeficiente facilita al ingeniero un estándar para comparar la capacidad de flujo de los diferentes materiales. [4]

Harry R. Cedergren 1974, resalta que el agua que se aloja en la capa de la base actúa como una cuña de presión (ver figura 2) al no poderse evacuar por la deficiente capacidad de drenaje de la misma (y de las capas adyacentes), por lo cual esta cuña de agua en el interior de la base actúa en el pavimento o capa de rodadura de abajo hacia arriba, lo cual termina fisurando el pavimento y acelerando el deterioro del mismo. [4]

La mayor parte de los métodos de diseño de pavimento se han basado en la práctica de construir pavimentos suficientemente fuertes para resistir el efecto combinado de la carga de tráfico y del agua. Sin embargo estos métodos no siempre han considerado el efecto potencial destructivo del agua retenida dentro de la estructura del pavimento. Como resultado, ha crecido el interés en la necesidad de eliminar el agua de la estructura del pavimento proveyendo un drenaje rápido del agua infiltrada de la superficie del pavimento.[5]

El principio general de los pavimentos permeables es tener una capa de base con la capacidad de flujo suficientemente alto (Coeficiente de permeabilidad alto) para recoger la escorrentía que se infiltra y conducirla verticalmente a través del mismo y lateralmente hacia los subdrenes laterales, con el fin de que el agua infiltrada salga del pavimento y evitar el fenómeno de cuña cuando el agua es retenida.

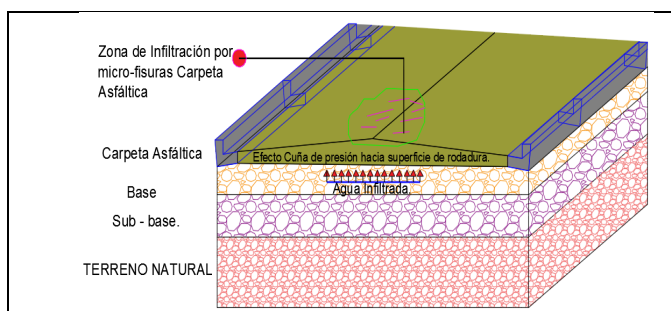


Fig 2. . Efecto Cuña de Presión

Para un eficiente drenaje del agua, la capa de base tipo drenante debe estar diseñada con una óptima combinación de espesor y permeabilidad horizontal. Generalmente no es factible evitar que se sature en algún momento la capa de base, sin embargo el diseño de la capa de base tipo drenante debe satisfacer 3 condiciones: 1. Proveer una adecuada permeabilidad; 2. Transmitir el agua infiltrada durante la lluvia con flujo parcialmente saturado o en condición saturado pero de corta duración, poca horas o antes que finalice la lluvia; 3. Proveer una adecuada estabilidad estructural para soportar la capa de rodadura y la carga del tráfico de diseño; para lo cual es necesario determinar el módulo de resiliencia de la capa de base drenante utilizada.

La medición de las propiedades de drenaje de los materiales desempeña un rol importante en determinar la capacidad de drenaje y eficiencia. La porosidad y la porosidad efectiva del agregado compactado son las características físicas principales de la eficiencia del drenaje. Porosidad efectiva, coeficiente de permeabilidad y porcentaje de saturación son datos de entrada para determinar el tiempo de drenaje. Por lo cual es recomendable tomar datos confiables del coeficiente de permeabilidad mediante pruebas de laboratorio de muestras directas del sitio.

Evaluation of Drainable Bases under Asphalt Pavements. [6]

El módulo de resiliencia es una propiedad de un material que mide la respuesta elástica del material bajo cargas repetidas. [7]

El módulo de resiliencia ha sido ampliamente utilizado especialmente en material de base de granulometría abierta. La utilización de capas de base de granulometría abierta como base drenante ha conducido a resolver problemas debido a su baja estabilidad. En función de mejorar las propiedades de este material y el funcionamiento de la estructura del pavimento, varios tipos de estabilizantes han sido utilizados, como son el asfalto y el cemento.[6]

El asfalto poroso (pavimento macadam), se ve similar al asfalto convencional, pero es relativamente poroso. Este puede consistir en un asfalto de graduación abierta sobre una base de agregado de granulometría abierta

El Pavimento de concreto poroso contiene una mezcla de agregados y cemento Portland. La porosidad se logra mediante la omisión de agregados finos.

Pavimento de Bloques de concreto tipo celular con drenaje interno por los espacios entre bloques, pueden ser prefabricados o fundidos en sitio con celdas abiertas a la infiltración. Una mezcla de semillas de césped o agregados porosos usualmente se utilizan para llenar los espacios entre las celdas de los bloques. [8]

Varios tipos de esquemas de pavimento de bases drenante estabilizas con cemento y asfalto son presentadas por medio de las recomendaciones de las normas de la FHWA.[4]

En 1988, La Agencia Federal de Autopistas de los Estados Unidos (FHWA) condujo un estudio de campo (Demonstration Project No. 975, Permeable Base Design and Construction) en 10 estados (California, Iowa, Kentucky, Michigan, Minnesota, New Jersey, North Carolina, Pennsylvania, West Virginia, and Wisconsin) para determinar un criterio para el diseño y los problemas constructivos para realizar Bases Drenantes. Actualmente son alrededor de 20 Estados los que están utilizando Base Drenante.[4]

Actualmente existen en otros países procedimientos de diseño implementados por lo cual se dispone de los principios de diseño y metodologías constructivas a ser utilizados por agencias estatales e Ingenieros viales; por ejemplo el proyecto demostrativo de Pavimento Drenante realizado por la agencia estatal de los Estados Unidos, FHWA "Demonstration Project No. 87, Drainable Pavement System". cuya publicación está compuesta de: diseño de drenaje, diseño de materiales drenantes, procedimientos de construcción y mantenimiento.[4]

La Base drenante, de acuerdo a las recomendaciones de la FHWA debe de tener la capacidad de remover el agua infiltrada que no puede impedirse que entre a la estructura del pavimento, para lo cual el sistema de drenaje debe considerar de un sistema de tuberías de drenaje longitudinal como se muestra en la figura 3.

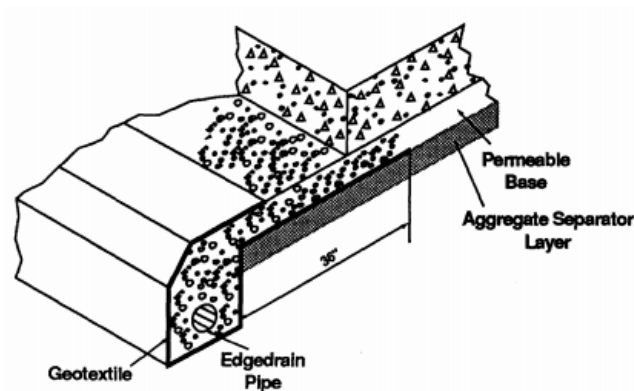


Fig. 3. Elementos de un Sistema de drenaje de pavimento.[4]

Un estudio comparativo a partir de las experiencias en las tuberías de drenaje longitudinal en 10 estados de los Estados Unidos fue realizado por la FHWA para identificar las experiencias de drenaje más exitosas. El proyecto experimental No12, “Rehabilitación del drenaje de pavimentos de concreto”, investigó variados sistemas de drenaje y realizó ensayos de campo para determinar el efecto de los sistemas de drenaje longitudinal de la estructura del pavimento. La filosofía básica del diseño del drenaje longitudinal y experiencia de los participantes fue estudiado y discutido por medio de un reporte práctico denominado “Rehabilitación del drenaje de pavimentos de concreto”.[9]

El objetivo específico de la presente ha sido analizar el concepto de diseño vial “Base Drenante”, y evaluar su posible implementación en la ciudad de Guayaquil; para esto se presenta una guía de los aspectos más relevantes a ser discutido del proceso constructivo y se cita los principales normas y procedimientos expedidos por la FHWA y la AASHTO para este tipo de Bases.

Adicionalmente se desea evaluar la capacidad de drenaje de los diseños típicos viales en Guayaquil y evaluar los diferentes elementos que contribuyan a un eficiente drenaje de la vía, considerando los siguientes elementos: las cunetas, bombeo lateral, alcantarillas, subdrenes y la permeabilidad de las diferentes capas.

En la Sección II se presenta la metodología utilizada en la investigación, en la sección III se presenta el análisis de resultados y Finalmente, las conclusiones más relevantes son presentadas en la sección IV.

2. Metodología

Ante la problemática del deterioro vial de la ciudad de Guayaquil debido a la presencia anual de la fuerte estación invernal caracterizada por las lluvias, la recopilación de la información se desarrolló de forma específica en la literatura referente a las condiciones del drenaje de la carpeta de rodadura; la metodología de esta investigación abordó cuatro fases:

- 1) Ante la problemática del deterioro de las vías por el agua infiltrada en el pavimento a través de fisura juntas o del mismo pavimento y que es retenida en la capa de base; en primer lugar se realizó una revisión bibliográfica de los conceptos básicos de la hidráulica aplicados al agua infiltrada a través de la capa de rodadura, evaluando las investigaciones y manuales que establecen criterios de diseño y construcción para un adecuado drenaje vial a través del concepto de “Base de graduación abierta tipo drenante”. Cabe indicar que esta tecnología es bastante nueva y por tanto la literatura es limitada y dispersa y las publicaciones son en diferentes idiomas especialmente en inglés.

- 2) Se realizó el análisis del drenaje vial de acuerdo a los hallazgos encontrados por Harry R. Cedergren 1974 [1], en donde se presenta una investigación del estado de las vías de los Estados Unidos entre los años 1970 y 1973. Para la discusión se plantea una analogía para la ciudad de Guayaquil considerando la premisa propuesta por Harry R. Cedergren 1974 [1]; “la mayor fuente de ingreso de agua en la estructura del pavimento es precisamente el agua o humedad de la carpeta de rodadura que se infiltra verticalmente, a través de la carpeta, sumado al agua que se infiltra por las fisuras y juntas de la misma”.

Según se ve en la figura 4, el principio de la metodología propuesta por R. Cedergren 1974 [1] se basa en la continuidad del flujo que ingresa a la estructura da la vía hasta la salida de la misma, que se describe a continuación: 1. Ingresar la humedad del pavimento por la capa de rodadura de forma vertical desde A hasta B, 2. Luego recorre un corto trayecto vertical a través de la base drenante de B a C, 3. Posteriormente recorre, de forma horizontal, el agua hacia los subdrenes de la base, desde C hasta D, 4. Finalmente los subdrenes descargan en la tubería de salida hacia la cuneta, desde D a E, asegurando de esta forma que la humedad de la estructura del pavimento sea desalojada del sistema.

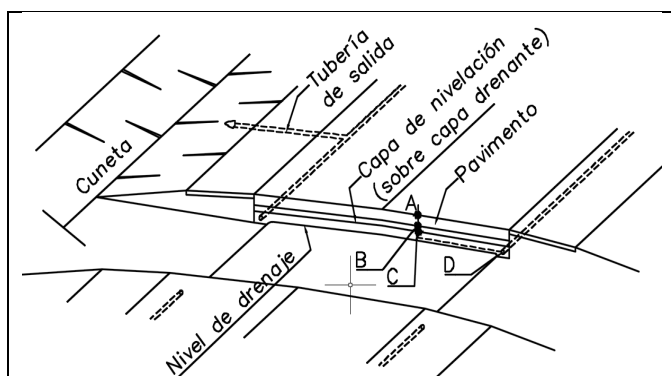


Fig 4. Esquema de drenaje de “Base drenante propuesta” [1]

Mediante la presente investigación se quiere motivar el análisis de la experiencia local, acerca del drenaje de las vías, para propiciar una discusión a nivel general por diferentes organismos regionales como: universidades, colegios profesionales e instituciones gubernamentales afines ante la problemática de un inadecuado drenaje utilizado en las vías urbanas y la alternativa de la aplicación de este tipo de metodología propuesta por R. Cedergren 1974 [1] que considera el correcto ciclo de drenaje del agua desde el ingreso hasta la salida de la humedad de la carpeta asfáltica.

Este trabajo evalúa la capacidad de drenaje en los diseños de carpeta de rodadura en el área urbana de la ciudad de Guayaquil, presentando la experiencia local en los diseños típicos de pavimento y la configuración del drenaje del mismo. Se presenta el análisis de dos esquemas o escenarios propuestos: con carpeta asfáltica y con carpeta de rodadura de adoquín; donde se detectó las falencias de cada uno y las posibles causas de su deterioro en la época invernal.

- 3) Finalmente se puntualizaron los aspectos más relevantes del proceso constructivo y limitaciones locales para la construcción de carpetas de rodadura tipo base drenante para las vías del sector urbano de la ciudad de Guayaquil en base a varios factores como: forma de construcción, nivel freático e impacto social; donde se ha tratado que a más de constituir un

diseño de la vía apegado a las normas del MTOP sirva como un documento de consulta referente la necesidad de implementar normativas locales para los procedimientos constructivos a seguirse para carpetas de rodadura que considere de forma explícita un adecuado drenaje de la estructura del pavimento.

Cabe indicar que en nuestro país no se ha normado una especificación técnica para la construcción de base libremente drenante, y no se ha establecido ensayos para control de calidad del material, empleándose métodos empíricos donde se cree que con un determinado número de pasadas de un rodillo liso sin vibración se obtiene el efecto de trabazón mecánica que se desea dar al material sin ocasionar desgaste en el mismo, pero no se puede determinar mediante pruebas de laboratorio el grado de trabazón mecánica que se administre a la capa trabajada, sin embargo mediante la normativa local se puede determinar el grado de compactación en una base convencional que se relaciona entre la densidad seca máxima establecida en campo vs. la densidad de laboratorio realizada mediante pruebas próctor estándar y/o pruebas próctor modificado, dependiendo de la energía de compactación que requiera el material.

3. Resultados

La Base Tipo1 para carpeta de rodadura de asfalto representada en la figura 5 es la que se usa con más frecuencia en la ciudad de Guayaquil; la Base Libremente Drenante con respecto a la Base Tipo1, especificada por el MTOP, por ser una base de granulometría abierta es más permeable (debido al tipo de granulometría) pero a la vez más porosa que una base convencional, por ende para su empleo podría ser aconsejable el uso de geotextil no tejido para evitar con esto el taponamiento de los espacios vacíos entre los agregados.

Esquema 1: Carpeta de rodadura de asfalto

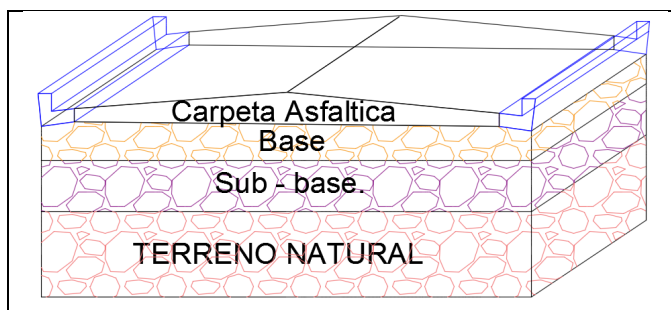


Fig 5. Sección de Pavimento Flexible

Un procedimiento constructivo para colocar una base drenante sería abrir una cajera, compactar el fondo, realizar las pruebas de compactación pertinentes, con la aprobación de la Fiscalización o Supervisión de la Obra y cubrir con geotextil el fondo y las paredes.

El geotextil colocado debe anclarse a los bordes de la cajera, pero sin sellar la capa superior de base drenante; Esta base drenante tendrá que ser apisonada mecánicamente por un rodillo sin vibración el cual realice el número de pasadas suficiente sobre los agregados sin que se produzca trituración de los mismos (según recomiende la norma), generalmente se acostumbra a realizar cinco ciclos de pasadas (cinco pasadas de ida y cinco pasadas de regreso), que deben ser controladas; De ser el caso de no requerirse los cinco ciclos, por notarse trituración en los agregados deberá pararse al rodillo liso sin vibración.

Posteriormente se colocará un sello (filler) que puede ser de arena asfáltica en un espesor de una pulgada (de acuerdo al diseño) el cual actuará como sellador de la superficie, para que la capa de hormigón asfáltico se asiente sobre una superficie uniforme. Como recomendación antes de colocar la carpeta asfáltica podrían realizarse ensayos de carga estática no repetitiva para verificar que el módulo de reacción de la sub-rasante o el valor del K combinado entre la sub-rasante y la sub-base es superior al establecido en el diseño de pavimento, lo que garantizaría la vida útil del mismo, ya que con esta prueba sujetamos a la estructura del pavimento a diferentes tipos de carga, y posteriormente medimos las deformaciones, siendo las mismas el parámetro de control que nos indicará si nuestro pavimento soportaría las cargas de tráfico sin llegar a tener una deformación permanente.

Se resalta a continuación las recomendaciones más relevantes de acuerdo a Cedergren 1987, para la etapa constructiva:

- Evitar que el agua contaminada ingrese al material de base porque obstruiría los poros con material fino.
- Evitar el uso de la vía en etapa de construcción para no afectar el material de estabilización en caso de usar cemento como aglomerante.
- Si existiera aguas subterráneas en el proceso constructivo o niveles freáticos altos deberán tener un tratamiento especial (mediante la implementación de subdrenes) para evitar que el flujo de agua afecte la carpeta asfáltica.

El diseño de pavimento se deberá basar en las disposiciones técnicas recomendadas por la AASTHO-93 para diseño estructural de pavimento con base drenante y subdrenes.

En el caso de que se vaya a construir una calle nueva se recomienda tomar en cuenta el nivel freático del suelo, debido a que en muchas zonas de Guayaquil el nivel freático está muy cerca de la superficie, lo cual no permitiría el drenaje de la base, por lo que se debería considerar elevar el nivel de la carpeta asfáltica mediante relleno sobre el terreno natural, lo suficiente para generar el adecuado drenaje. Para el caso de nivel freático alto se deberían discutir alternativas para elevar el nivel de la vía como se ha venido realizando en las urbanizaciones nuevas para la clase media y alta.

Otra opción que se ha analizado es el caso de vías existentes con problemas de drenaje debido a que el nivel freático se encuentre al nivel de la base, se deberá evaluar la posibilidad de elevar el nivel de la vía sobre la carpeta existente, para lo cual la carpeta existente se utilizaría como sub-base y sobre ésta construir la base tipo drenante con la debida metodología constructiva de empate del pavimento viejo con la nueva base mediante trabajos de escarificación y colocación de un geotextil separador entre el pavimento viejo y la base drenante. En este caso, en la ubicación de la cuneta de la carpeta vieja se podría construir el subdrén de la base drenante, con este subdrén se encausaría la humedad de la base, la cual debería descargar cada cierta distancia hacia una cuneta nueva diseñada para transportar el agua lluvia superficial y la aportada por el subdrén. Mediante este procedimiento se lograría elevar el nivel de la base sobre el nivel freático logrando evacuar el agua mediante los subdrenes laterales; sin embargo en esta alternativa se deberá evaluar la afectación social por la elevación del nivel de la carpeta de rodadura, así como una comparación entre las alternativas basadas en costos de reparaciones frecuentes comparado con la inversión que representa la implementación

de la base drenante.

Esquema 2: Carpeta de rodadura de Adoquín (figura 6)

La gran permeabilidad que presenta este tipo de pavimento respecto a los pavimentos convencionales de asfalto y de concreto constituye una gran ventaja para evitar la acumulación del agua pluvial sobre la superficie del pavimento. Pero asimismo puede significar un problema para el buen funcionamiento del paquete estructural que se encuentra por debajo de los adoquines, que por concepción se diseñan en un estado seco, por lo que se hace necesario tomar en cuenta el comportamiento, la durabilidad y performance del paquete estructural desde el punto de vista de la infiltración a la cual va a estar sometido. [4]

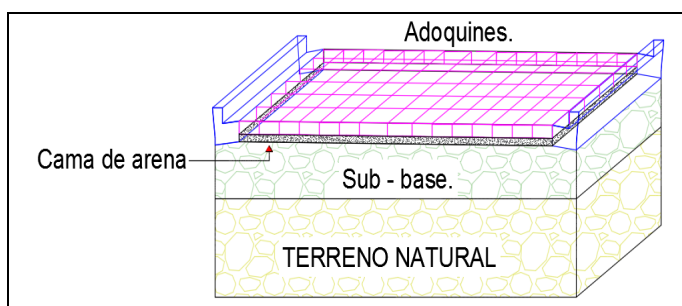


Fig 6. Sección de Pavimento Articulado

Diferentes autores coinciden en que la causa principal de las fallas de este tipo de pavimento es la inadecuada selección del material de la capa de base, por lo que el diseño de los pavimentos de adoquines requiere una estructura de pavimentos distinta a la especificada para los pavimentos convencionales de asfalto y de concreto, debido a la mayor tasa de infiltración que presentan; los resultados de la investigación de E. Palacios 2016 [10] indican que el material de base requiere aproximadamente una permeabilidad de 527 cm/seg, mientras que lo que se especifica y se viene colocando en las calles de Piura Perú, en obra, es un material con 0.042 cm/seg, por lo que se puede suponer que ésta es una de las causas de los asentamientos y hundimientos que presentan los pavimentos adoquinados de la ciudad de Piura. [10]

Sin embargo del análisis de los resultados obtenidos de las experiencias de otros países y realizando una analogía a la ciudad de Guayaquil, podríamos decir que localmente se diseña la base de tipo convencional de carpeta de rodadura de adoquín por ejemplo en las zonas regeneradas, con muy poca capacidad de drenaje y en ausencia de subdrenes, por lo que el agua infiltrada en la base no tendría posibilidad de drenar. Los pavimentos urbanos de la ciudad de Guayaquil se especifican generalmente al comportamiento estructural de los pavimentos, es decir a su resistencia mecánica; pero no hacen referencia alguna acerca de las características de los materiales que conforman las diferentes capas de la carpeta estructural desde el punto de vista de su capacidad de drenaje.

Si bien el método de diseño de la AASHTO incluye un coeficiente de drenaje en el diseño del pavimento, este coeficiente es considerado como un factor de diseño para los espesores de la capas del pavimento, debido a que aumentan el número estructural de diseño, pero en ningún caso toma en cuenta las características ni composición del material empleado en cada capa, por lo que no se puede decir que este método de diseño considera parámetros de permeabilidad de los materiales. [10]

4. Discusión

5. Del análisis realizado se define que la mayor fuente de ingreso de agua en la estructura del pavimento es proveniente de aguas lluvias y la humedad de la carpeta de rodadura la misma que se infiltra en forma vertical; además se considera que el ingreso del agua se realiza por la fisuras y las juntas de la misma y que al no poder evacuar el agua que permanece en la base actúa como una cuña, causando que la cuña de agua en el interior de la base actúa en el pavimento o capa de rodadura lo que termina fisurando el pavimento y acelerando el deterioro del mismo.
- 6.
7. Producto del análisis bibliográfico realizado, este trabajo se presenta como documento de discusión, consulta o referente para la implementación de un procedimiento constructivo novedoso a seguirse sobre carpetas asfálticas y se espera que en próximas investigaciones se consideren ensayos para control de calidad del material, determinación del grado de compactación establecida en campo vs la densidad de laboratorio establecida mediante prueba proctor estándar y/o prueba proctor modificado dependiendo de la energía de compactación que requiera el material.
- 8.
9. En el caso que se vaya a construir una calle nueva se recomienda tomar en cuenta el nivel freático del suelo, debido a que en muchas zonas de Guayaquil (especialmente en el sector sur) tiene el nivel freático alto lo que no permite el drenaje de la base, el efecto del nivel freático alto implica que no hay forma de que el agua salga de la estructura de pavimento; al elevar el nivel de rasante para incorporar la capa de base drenante se lograría una altura hasta que se produzca el flujo pero es necesario garantizar la salida de ese caudal infiltrado.
- 10.
11. Para el caso de vías existentes, el problema es más complicado, porque al elevar el nivel de rasante afectaría a las casas aledañas, las cuales, cuyo nivel quedaría por debajo del nivel de la calzada, siendo propensas a inundaciones debido a que el agua de lluvia se acumularían en las zonas más bajas.
12. Se propone que en cada caso se evalúe la implementación adecuada de la base drenante con subdrenes laterales en la calzada y que estos tengan descarga en el sistema de sumideros de la vía, de tal manera que se evite la inundación en las casas aledañas.

Referencias bibliográficas

- [1] H. R. Cedergren, *Drainage of highway and airfield pavements*. R.E. Krieger Pub, 1987.
- [2] V. Te Chow and J. G. Saldarriaga, *Hidráulica de canales abiertos*. McGraw Hill, 1994.
- [3] Henry Darcy, "Les fontaines publiques de la ville de Dijon: exposition et application ... - Henry Darcy - Google Libros," 1856. [Online]. Available: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=DOWbgyt_MzQC&oi=fnd&pg=PA1&dq=H.+Darcy,+Les+Fontaines+Publiques+de+la+Ville+de+Dijon,+Paris:+Dalmont,+1856.++&ots=sTtZc_ZC6a&sig=IGeRc1HgFlZoOnshEDqCXxvEOH8#v=onepage&q&f=false. [Accessed: 06-Oct-2017].
- [4] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION OFFICE OF ENGINEERING D.P., "Drainable Pavement Systems, Participant Notebook," Washington D.C., 1992.

-
- [5] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION OFFICE OF ENGINEERING, "Technical Guide Paper on SubSurface Pavement Drainage," 1990.
 - [6] R. Y. Liang, "Evaluation of Drainable Bases under Asphalt Pavements," OHIO, Department of Transportation, May 2007.
 - [7] G. Claros, W. R. Hudson, and K. H. Stokoe II, "Modifications to Resilient Modulus Testing Procedure and Use of Synthetic Samples for Equipment Calibration," *Transp. Res. Rec.*, 1278.
 - [8] M. Scholz and P. Grabowiecki, "Review of permeable pavement systems," Nov. 2007.
 - [9] F. Highway, "Drainable Pavement Systems Participant Notebook," Washington D.C., 1992.
 - [10] Edwin Palacios-Elías, "Determinación de la Tasa de Infiltración de los... - Google Académico," UNIVERSIDAD DE PIURA, 2016.
-