



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“CAPACIDAD DE DRENAJE Y RESISTENCIA A LAS PRECIPITACIONES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA APLICACIÓN EN ZONAS PLUVIALES”: una revisión de la literatura científica entre 2009-2019

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Civil**

**Autor:**

Giovanni Paolo Bustillos Vargas

**Asesor:**

Mg. Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, quienes me han apoyado en este trayecto incondicionalmente; a mis abuelos, quienes me cuidaron siempre sin esperar nada a cambio; a mis tíos, los que creyeron en mí desde un principio; y a mis hermanos y primos, quienes me ayudaron a madurar para ser un mejor ejemplo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por la salud que me ha provisto para recorrer este camino; a mi familia, por estar de mi lado siempre; y a los docentes y compañeros que tuve a lo largo de este sendero, de todos aprendí algo valioso que servirá para mi vida a futuro.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>6</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>8</b>
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES.....</b>	<b>19</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Registro de artículos revisados .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 2: Inducción de categorías .....</b>	<b>16</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1: Año de publicación de artículos.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2: Distribución de tipos de documentos utilizados.....</b>	<b>15</b>

## RESUMEN

El siguiente trabajo busca el análisis de información para lograr cubrir la necesidad de conseguir la viabilidad de uso de pavimentos flexibles en zonas tropicales, teniéndose en cuenta que este tipo de pavimento tiene un menor coste presupuestal que la alternativa utilizada actualmente: los pavimentos rígidos. Se puede lograr ello utilizando materiales adicionales que mejoren las características o ejecutar procedimientos que optimicen su empleo. Para ello, se ha utilizado distintas fuentes de información, obteniéndose artículos científicos y tesis publicadas entre los años 2009 y 2019. La elegibilidad de los documentos ha sido mediante el uso de palabras clave y análisis previo. La información recabada propone alternativas de solución a la problemática en cuatro vías diferentes, desde aplicación de materiales, pasando por previsión de condiciones climáticas y manejo de las mismas, y finalizando con estrategias que se usen para mejorar las capacidades de un pavimento flexible normal.

**PALABRAS CLAVES:** Pavimento flexible, drenaje, precipitación, clima.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La construcción de redes viales en el Perú ha alcanzado un nivel de desarrollo bastante elevado en estos últimos años, teniéndose en cuenta los distintos factores climáticos que condicionan la construcción de los mismos. Sin embargo, en la zona tropical del país este desarrollo no es tan evidente debido al constante deterioro de las carreteras construidas. Uno de los principales motivos es el efecto de las precipitaciones sobre el pavimento, teniéndose en cuenta que esta afectación actúa principalmente sobre la profundidad del nivel freático bajo las carreteras y el agua superficial infiltrada en el subsuelo (Leiva, Camacho, & Aguiar, 2016). Es por ello que se utiliza principalmente el concreto para la construcción de infraestructura vial en esta zona del país. Sin embargo, a simple vista, se aprecia un nivel de deterioro similar al experimentado con el pavimento flexible, lo que constituye un problema en sí mismo, siendo la solución al deterioro rápido muy ineficiente.

El desarrollo del pavimento flexible impermeable, que resiste mejor las condiciones climáticas anteriormente descritas se encuentra en desarrollo desde el año 1970, con principal énfasis en la contaminación del agua, luego se tiene la investigación para la mejora de capacidades de drenaje urbano, evitándose así el incremento desmedido de los niveles freáticos elevados a causa de precipitaciones causadas por tifones (Senior, 2013). Así, los niveles freáticos no causarían que las cargas generadas por tráfico en distintas zonas de las carreteras en cuestión sean lo suficientemente altas para lograr el deterioro paulatino de las mismas. Cada capa del pavimento sufre grandes niveles de estrés debido a las cargas descritas, lo cual no es deseable en el rendimiento esperado del pavimento flexible, causando un desgaste natural más rápido y daños irreversibles a largo plazo (Qiao, 2015).

Del mismo modo, el daño causado por las precipitaciones, como se describió anteriormente, es por los aumentos intempestivos de niveles freáticos, causando una inestabilidad inicial en el suelo tratado correctamente para construcción de carreteras, el comportamiento que adopte el suelo con elevados niveles de agua en su contenido no es predecible, por lo que se presta para diferentes casos, desde forados hasta el lavado interno de materiales (Chandak, Tapase, Sayyed, & Attar, 2017). Para la mitigación de

estos problemas se suele utilizar el pavimento poroso, el cual mejora las capacidades de absorción de agua, sin embargo, es poco efectivo cuando sufre constantemente los embates de las precipitaciones, además de una resistencia general menor a la media frente a la abrasión.

Se puede decir que integrar las capacidades de drenaje necesarias para el desarrollo óptimo de la desviación de aguas y mejorar el aspecto de la resistencia a las precipitaciones, es posible, sin embargo, las soluciones empleadas normalmente no lo integran de forma armoniosa. Se sabe que el drenaje de un sistema de pavimentos beneficia al momento de tener una cantidad de agua sostenida durante un período de tiempo (Rokade, Agarwal, & Shrivastava, 2012), lo que requiere un nivel de porosidad en el pavimento que permita el paso del líquido al interior del pavimento. Por otro lado, el proceso de impermeabilización para resistir de manera efectiva las precipitaciones requiere el bloqueo del paso de líquidos al interior de la estructura del pavimento, lo que constituye un efecto contrario al caso anteriormente mencionado. Esto conlleva a una disyunción en el modo de tratar con estas problemáticas, lo que dificulta la integración de las alternativas de solución, sin embargo, se sabe que la resistencia a las precipitaciones no es provista únicamente por la impermeabilización, es necesario un nivel de drenaje adecuado a las condiciones climáticas que evite el deterioro del sub suelo de las carreteras y no comprometa los materiales superficiales de las mismas.

Es por ello que el objetivo principal del trabajo de investigación es la determinación de los procesos necesarios a seguir para conseguir el reforzamiento de las capacidades de drenaje y la resistencia a situaciones pluviométricas adversas al pavimento flexible para viabilizar el uso de este último en las zonas con mayor índice de lluvias en todo el territorio peruano, adaptándose a los reglamentos existentes y la integridad de los materiales necesarios para esta comprobación. Entonces, se podrá responder a la interrogante planteada que es utilizada como eje central de la investigación, la cual busca el conocimiento de procedimientos a aplicar para mejorar las características del pavimento flexible en las condiciones anteriormente mencionadas.

Esta investigación se encuentra basada en la necesidad impertérrita de obtener un material apto para la aplicación en carreteras que sea duradero y efectivo, además de

una alternativa económica en comparación con el pavimento rígido existente, el cual tiene una duración similar e incorpora un método constructivo que demanda una mayor cantidad de tiempo entre fases, cosa especialmente mala en zonas del país que no cuentan con tiempo necesario para el desarrollo integral de cada uno de los procesos. El pavimento flexible es una alternativa más rápida en proceso constructivo, puesta en servicio y mantenimiento, por lo que, de lograrse el tratamiento necesario, se convierte en una solución íntegra y viable para la aplicación completa en regiones tropicales y pluviales del país.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Los estudios previos utilizados en el desarrollo de esta investigación tienen como patrón común el análisis de pavimentos flexibles en diferentes condiciones climáticas y estados de estrés máximo experimentado por los materiales frente a inundaciones y niveles freáticos altos, se incluye también los estudios de drenaje y mejoramiento de condiciones de resistencia del pavimento flexible. Una parte mayoritaria de los documentos empleados son artículos científicos y de revisión, añadiéndose a ellos tesis maestras que aplican los estudios realizados en condiciones controladas a distintas partes del mundo entre los años 2009 y 2019, no limitándose únicamente al idioma español como lengua disponible para artículos, agregándose gran cantidad de estudios en inglés (Estados Unidos y Gran Bretaña) y portugués (Brasil y Portugal). Se ha procurado la inclusión de investigaciones que cumplan con los puntos necesarios para un trabajo formal, sean la estructura IMRD, los objetivos, una metodología correspondiente y conclusiones pertinentes.

Se ha hecho uso de bases de datos especializadas como SciELO, ScienceDirect y Dialnet, así como los repositorios universitarios y de revistas científicas a través del uso de Google Académico como punto de encuentro para la obtención de un total de 22 documentos, de los cuales se seleccionaron 20 para el uso requerido por la investigación..

La estrategia de búsqueda aplicada ha sido mediante el uso de las palabras clave: pavimento flexible, precipitación, drenaje y factores climáticos; recalcando que se usaron las variantes de los distintos idiomas para las palabras buscadas, limitando en todos los casos las fechas de publicación descritas anteriormente para el cumplimiento del trabajo como una revisión sistemática, además se ha procurado la inclusión de idiomas con los que el autor de la revisión puede interactuar de forma correcta, siendo estos el español, inglés y portugués. No se ha discriminado las tesis para la obtención de una visión más aplicada de los efectos de estudios necesarios para el desarrollo del trabajo.

Por otro lado, dos artículos fueron descartados de la recopilación inicial de los documentos necesarios debido a la ausencia de datos e información correspondiente a los pavimentos flexibles, intercambiándose y comparándose con otros materiales que poco tienen que ver con la idea principal de la investigación.

Los trabajos de investigación y artículos empleados son de distintas nacionalidades seleccionadas por el autor del artículo por la capacidad de dichos países de confrontar el problema pluviométrico de los pavimentos flexibles, incluyendo publicaciones de universidades y centros de investigación especializados alrededor del mundo. De este modo, se utilizaron trabajos de Gran Bretaña, Estados Unidos, India, Hong Kong, Colombia, Costa Rica, Argentina, Brasil, Portugal y Suecia, siendo todos ellos investigaciones científicas como tesis y artículos; y artículos de revisión; además se tuvo en cuenta que la mayoría de estos trabajos corresponden a los años 2014 y 2017, destacándose estos años del rango establecido en el título de la investigación. Los datos pertinentes han sido extraídos manualmente de los mismos artículos y tesis leídos previamente y corroborados en la base de datos o repositorios de los que fueron extraídos.

### CAPÍTULO III. RESULTADOS

Para este apartado se ha procedido a la revisión exhaustiva de los artículos seleccionados para la investigación desarrollada, teniéndose en cuenta la importancia que cada uno de los aportes supone para el enriquecimiento del trabajo presente. Es así que se presenta los artículos tomados en cuenta en este análisis:

**Tabla 1: Registro de artículos revisados**

N°	BASE DE DATOS	Autor / Autores	Año	Título de artículo de investigación
1	Dialnet	Reyes, Freddy; Torres, Andrés; Castaño, Federico; Herrera, Jorge; Ruiz, Alejandra; Rojas, Liliana	2011	Comportamiento hidráulico, beneficios y limitaciones de la aplicación de un SDGA a una estructura de pavimento flexible
2	Google Académico	Siddhartha, Rokade; Agarwal, P. K.; Shrivastava, Rajnish	2012	Drainage and flexible pavement performance
3	Google Académico	Wang, Yuhong; Wang, George; Han Ahn, Yong	2012	Impact of climate conditions of effectiveness of asphalt pavement preservation techniques
4	Google Académico	Senior, Vanessa	2013	Diseño de mezclas asfálticas drenantes tibias, a partir de la mezcla de cemento asfáltico AC 60-70 con Licomont BS-100 para diferentes niveles de precipitación
5	Google Académico	Qiao, Yaning; Flintsch, Gerardo; Dawson, Andrew; Parry, Tony	2013	Examining effects of climatic factors on flexible pavement performance and service life
6	Google Académico	Rodríguez, Tomás; Riccardi, Gerardo	2014	Dinámica del escurrimiento superficial en calles de una cuenca urbana sometida a intensas precipitaciones en la provincia de misiones (sic)
7	Digitala Vetenskapliga Arkivet	Salour, Farhad; Erlingsson, Sigurdur	2014	Impact of groundwater level on the mechanical response of a flexible pavement structure: a case study at the Torpsbruk test section along county road 126 using Falling Weight Deflectometer
8	Centre pour la communication scientifique directe	Shamsabadi, Salar Shahini; Hashemi Tari, Yasamin Sadat; Briken, Ralf; Wang, Ming	2014	Deterioration forecasting in flexible pavements due to floods and snow storms

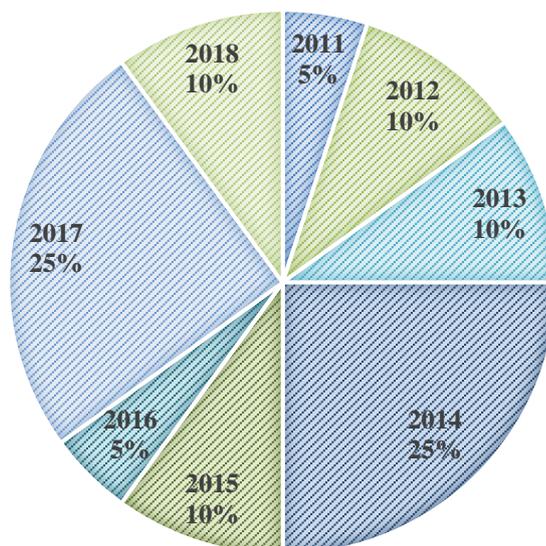
9	Google Académico	Wang, Yuhong; Huang, Yu; Rattanachot, Wit; Lau, K. K.; Suwansawas; Suchatvee	2014	Improvement of pavement design and management for more frequent flooding caused by climate change
10	Google Académico	Azevedo, Joana; Capitão, Silvino; Rasteiro, Deolinda; Picado-Santos, Luís	2014	Analysis of the evolution of flexible pavement conditions based on LTPP SPS-5 sections
11	Google Académico	Pereira Lizano, Ariana	2015	Determinación y análisis de los factores climáticos críticos para el diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica
12	Google Académico	Qiao, Yaning	2015	Flexible pavements and climate change
13	SciELO	Leiva Villacorta, Fabricio; Aguiar Moya, Joésé Pablo; Camacho Garita, Edgar	2016	Simulación de variables climáticas en ensayos de daño acelerado de pavimentos a escala natural
14	Google Académico	Yang, Xu; You, Zhanping; Hiller, Jacob; Watkins, David	2017	Sensitivity of flexible pavement design to Michigan's climatic inputs using pavement ME design
15	Google Académico	Chandak, Piyush; Tapase, Anand; Sayyed, Sabir; Attar, Abdulrashid	2017	A state-of-the-art review of different conditions influencing the behavioral aspect of flexible pavement
16	Google Académico	Rahman, Mostaqur; Uddin, Majbah; Gassman, Sarah L.	2017	Pavement performance evaluation models for South Carolina
17	ScienceDirect	Gudipudi, Padmini; Underwood, B. Shane; Zalghout, Ali	2017	Impact of climate change on pavement structural performance in the United States
18	Google Académico	Pedroso de Oliveira, Jessamine; Fracaro Pedrotti, Taciane; Dessuy, Thainá; Santana, José; Simões, Carlos	2017	Estudo da influência da umidade excessiva e possíveis soluções em pavimentos flexíveis
19	Google Académico	González Mayorga, William Fernando	2018	Análisis de sensibilidad en el diseño de un pavimento flexible a partir del coeficiente de drenaje
20	Google Académico	de Brito Ferreira, Aulus; Carneiro Neto, Mozart Mariano	2018	Estudo de caso de patologias e recuperação de pavimentos flexíveis

*Tabla 1: Distribución ordenada por año de publicación de los diferentes trabajos de investigación utilizados como referencia para la elaboración del trabajo. Elaboración propia.*

Para describir las características de las publicaciones empleadas, se realizó una clasificación porcentual de los años de publicación, así como el tipo de artículo empleado, obteniéndose lo siguiente:

De un universo de veinte artículos seleccionados, los años 2014 y 2017 aportan la mitad de trabajos requeridos para la investigación, dejando a los otros años con dos publicaciones seleccionadas, a excepción de 2011 y 2016, las cuales aportan sólo un artículo por cada una. Cabe resaltar que, a pesar que la investigación ha sido delimitada entre los años 2009 y 2019, no se ha tomado en consideración ninguna publicación perteneciente a los años 2009, 2010 y 2019.

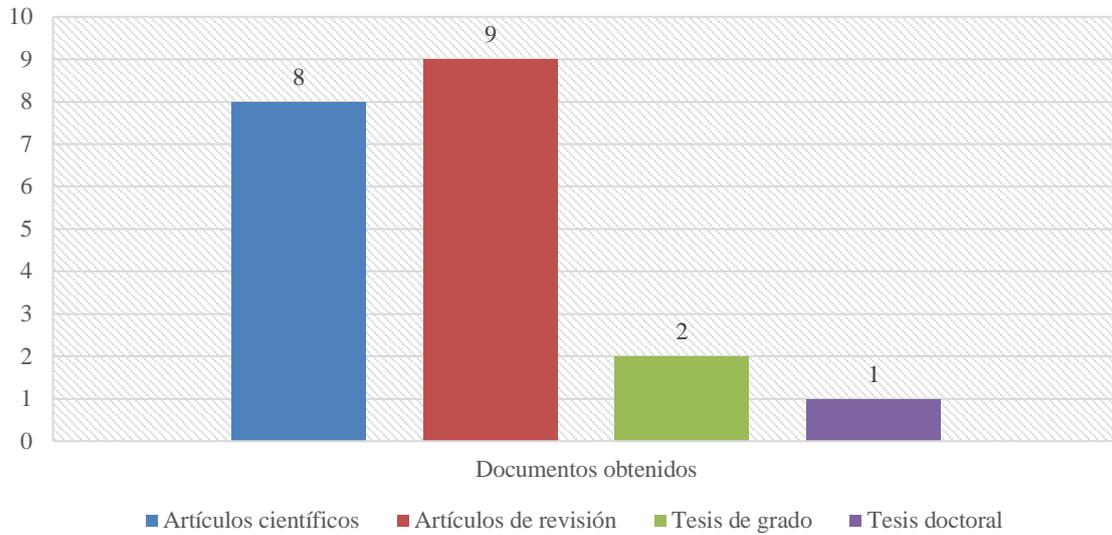
Figura 1: Año de publicación de artículos



*Figura 1: Distribución de fechas de publicación de artículos utilizados como base para la investigación. Elaboración propia.*

Es importante conocer el tipo de documento que se consulta para la recopilación de información pertinente en la investigación, por lo cual se presenta la categorización de las publicaciones obtenidas, la cual señala que el 45% de los documentos son artículos de revisión, siendo estos la mayoría de los mismos, el 40% se trata de artículos científicos, los cuales incluyen información experimental y el 15% son tesis, de las cuales el 10% está compuesto por tesis de grado y el 5% restante por tesis doctorales.

Figura 2: Distribución de tipos de documentos utilizados



*Figura 2: Organización de los diferentes documentos de consulta para el desarrollo de la investigación. Elaboración propia.*

Luego de la revisión exhaustiva de los documentos presentados, se ha realizado la extracción de puntos importantes de los estudios que pueden ser utilizados como base para responder la pregunta de investigación, agrupando las ideas en categorías que buscan facilitar la búsqueda de soluciones al problema planteado inicialmente.

**Tabla 2: Inducción de categorías**

Categorías	Aportes
<p>Uso de materiales específicos para mejora de propiedades de pavimento flexible</p>	<p>Se debe emplear condiciones para describir comportamiento de materiales en diferentes capas del pavimento, dichos materiales pueden constituirse en modelos lineales elásticos, no lineales elásticos, viscoelásticos y elastoviscoelásticos, teniéndose en cuenta que es imposible que los valores de módulos elásticos permanezcan constantes en la vida útil de diseño. (Chandak, Tapase, Sayyed, &amp; Attar, 2017)</p> <p>Al utilizar azul de metileno como componente activo en el pavimento flexible se presenta una permeabilidad secundaria y la infiltración de agua se logra en pocos minutos, facilitando el trabajo de drenaje en la estructura. (Reyes, y otros, 2011)</p> <p>El uso de Licomont BS-100 aunado al cemento asfáltico normalizado AC 60-70 logra una integración más completa en temperaturas bajas, añadiendo densidad y mejorando la impermeabilidad del mismo. (Senior, 2013)</p> <p>Es viable optar por el asfalto PMF (premezclado en frío) en lugar de la mezcla bituminosa normal como revestimiento principal para pavimento flexible, siendo una alternativa más económica y es menos susceptible a patologías causadas por el contacto constante con agua. (de Brito &amp; Carneiro, 2018)</p>
<p>Aplicación de procedimientos especiales para mejoras de drenaje y resistencia a precipitaciones</p>	<p>El coeficiente de drenaje se basa en características drenantes de las vías y los análisis pluviométricos de la zona, teniendo en cuenta el cambio de condiciones climáticas constantes. (González, 2018)</p> <p>La superposición de capas más gruesas tiende a mejorar el rendimiento de los pavimentos flexibles, excepto en la ruptura longitudinal. (Azevedo, Capitão, Rasteiro, &amp; Picado-Santos, 2014)</p> <p>Es recomendable la inspección periódica de tuberías de subdrenajes como parte clave del mantenimiento de pavimentos flexibles que incluyen drenaje subterráneo, debido a la facilidad de obstrucción de dichas tuberías. (Rokade, Agarwal, &amp; Shrivastava, 2012)</p> <p>Una forma de controlar los problemas relacionados con el agua en pavimentos flexibles es la instalación de sistemas de drenaje sub superficiales compuestos de camas drenantes hechas de material granular debajo de la capa de rodadura. (Pedroso, Fracaro, Dessuy, Santana, &amp; Pires, 2017)</p>

<p>Modelos que colaboran con la previsión de deterioro de pavimentos flexibles</p>	<p>Se puede utilizar una aproximación estadística basada en regresión haciendo uso de parámetros como precipitaciones, tráfico y condición inicial de estructura de pavimento. (Shamsabadi, Hashemi Tari, Birken, &amp; Wang, 2014)</p> <p>Es posible el uso de modelos de simulación hidrológico-hidráulico basados en escurrimiento superficial para la determinación de efectos de precipitaciones en pavimentos flexibles de manera fehaciente. (Rodríguez &amp; Riccardi, 2014)</p>
<p>Manejo de condiciones climáticas para optimizar el uso de pavimentos flexibles en zonas tropicales</p>	<p>Las temperaturas máximas del pavimento flexible se registran a 25 mm. de profundidad del pavimento, no en la superficie, por lo cual se requiere considerar las condiciones críticas en esa profundidad, tanto para calor extremo, como para precipitaciones extremas. (Perera, 2015)</p> <p>Se puede optar por un mantenimiento anticipado a las estaciones en las cuales exista una mayor presencia de precipitaciones, sin embargo, el exceso de las mismas reduce el tiempo de servicio del pavimento, por lo cual los trabajos de mantenimiento no deben ser aplicados de forma constante. (Qiao, 2015)</p> <p>Es necesario un mantenimiento periódico debido al cambio brusco de temperatura provocado por la transición del calor a la precipitación, el cual reduce el tiempo de servicio del pavimento flexible en un 20% aproximadamente. (Qiao, Flintsch, Dawson, &amp; Parry, 2013)</p>

*Nota: De los veinte artículos consultados se ha usado trece para la categorización, los artículos restantes confirman la validez de la información mostrada. Tabla 2 de elaboración propia.*

Se infiere que las principales soluciones a la pregunta de investigación engloban diferentes planes de acción que, de trabajarse de manera individual, lograrán la viabilidad de uso de pavimento flexible en zonas tropicales. No obstante, al tomar en cuenta todas las categorías presentadas para el desarrollo de redes viales se incrementa la probabilidad de controlar diversas situaciones e imprevistos producto de diferentes factores que reducen actualmente el tiempo de vida del material.

## CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Una forma de conseguir la mejora de propiedades de resistencia a las precipitaciones para el pavimento flexible es la utilización de diferentes materiales específicos que permitan enfrentar el problema del agua de dos formas distintas: impermeabilizar al máximo el pavimento de tal manera que el desgaste en condiciones de precipitación sea menor incluso con la vía en uso intensivo o conseguir que el pavimento flexible obtenga la capacidad máxima de drenaje sin comprometer su integridad estructural, lo cual deriva el trabajo de evacuación de agua al sistema de drenaje de las carreteras.

La maximización de densidad del pavimento flexible está condicionada a la temperatura de preparación del material, utilizando temperaturas bajas se logrará una mayor adhesión, consiguiéndose niveles de impermeabilización más altos.

La previsión de precipitaciones y cambios climáticos en general es una buena forma de evaluar el comportamiento de una red vial de forma anticipada, de tal manera que se puede realizar distintos controles al momento de la aplicación del pavimento para hacer frente a las condiciones del clima, además se debe tener en cuenta la composición utilizada para el pavimento.

El exceso de mantenimiento a los pavimentos flexibles, lejos de asegurar su funcionamiento correcto, es contraproducente, debido a factores de integridad de base, sub base y otros, comprometiendo la estructura hasta la pérdida de un 20% de tiempo de servicio.

Sintetizando las ideas anteriores, es preciso decir que las capacidades de drenaje se ven potenciadas mediante la integración de los procedimientos expuestos, tanto en tratamiento de materiales, como en la previsión de situaciones y mantenimiento/limpieza constante de drenajes, teniéndose así una alternativa sólida para utilización en zonas tropicales.

## REFERENCIAS

- Azevedo, J., Capitão, S., Rasteiro, D., & Picado-Santos, L. (2014). ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF FLEXIBLE PAVEMENT CONDITIONS BASED ON LTPP SPS-5 SECTIONS.
- Chandak, P., Tapase, A., Sayyed, S., & Attar, A. (2017). *A State-of-the Art Review of Different Conditions Influencing the Behavioral Aspects of Flexible Pavement*. Springer International Publishing.
- de Brito, A., & Carneiro, M. (2018). ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS E RECUPERAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS.
- González, W. (2018). Análisis de sensibilidad en el diseño de un pavimento flexible a partir del coeficiente de drenaje.
- Leiva, F., Camacho, E., & Aguiar, J. (2016). Simulación de variables climáticas en ensayos de daño acelerado de pavimentos a escala natural. *Infraestructura Vial*, 20-29.
- Pedroso, J., Fracaro, T., Dessuy, T., Santana, J., & Pires, C. (2017). ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA UMIDADE EXCESSIVA E POSSÍVEIS SOLUÇÕES EM PAVIMENTOS FLEXÍVEIS. *CONGRESSO REGIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA EM ENGENHARIA*.
- Perera, A. (2015). *Determinación y análisis de los factores climáticos para el diseño de pavimentos flexibles en Costa Rica*. San José: Universidad de Costa Rica.
- Qiao, Y. (2015). Flexible pavements and climate change: impact of climate change on the performance, maintenance, and life-cycle costs of flexible pavements. *The University of Nottingham*.
- Qiao, Y., Flintsch, G. W., Dawson, A., & Parry, T. (2013). Examining Effects of Climatic Factors on Flexible Pavement Performance and Service Life. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 100-108.

- Reyes, F., Torres, A., Castaño, F., Herrera, J., Ruiz, A., & Rojas, L. (2011). Comportamiento hidráulico, beneficios y limitaciones de la aplicación de un SDGA a una estructura de pavimento flexible. *Infraestructura Vial*, 17-21.
- Rodríguez, T., & Riccardi, G. (2014). Dinámica del escurrimiento superficial en calles de una cuenca urbana sometida a intensas precipitaciones en la provincia de misiones (sic).
- Rokade, S., Agarwal, P. K., & Shrivastava, R. (2012). DRAINAGE AND FLEXIBLE PAVEMENT PERFORMANCE. *International Journal of Engineering Science and Technology*.
- Senior, V. (2013). *DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS, A PARTIR DE LA MEZCLA DE CEMENTO ASFÁLTICO AC 60-70 CON LICOMONT BS-100 PARA DIFERENTES NIVELES DE PRECIPITACIÓN*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Shamsabadi, S., Hashemi Tari, Y., Birken, R., & Wang, M. (2014). Deterioration Forecasting in Flexible Pavements Due to Floods and Snow Storms. *7th European Workshop on Structural Health Monitoring*.