

La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú

The permanent deformation in the mixtures asphalt and the consequent deterioration of pavements asphalt in Perú

Néstor Huamán Guerrero,¹ Carlos M. Chang Albitres²

Resumen

En los últimos 10 años el Perú ha impulsado una política favorable para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, habiéndose ejecutado más de 15,000 kilómetros de carreteras con pavimentos asfálticos, según reportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, organismo encargado de la red vial nacional.

Ante esta realidad existe la imperiosa necesidad de mejorar la tecnología de los pavimentos asfálticos en el Perú para que alcancen la vida útil para la cual fueron diseñados. La deformación permanente es una de las fallas más preocupantes en el deterioro de pavimentos, siendo necesario conocer con sus causas fundamentales a fin de tomar las previsiones del caso en las etapas de elaboración del proyecto, construcción, y mantenimiento futuro.

Por esto es primordial que se realicen diversos ensayos y análisis en el Perú utilizando equipos de laboratorio y de campo especializados que nos permitan evaluar la estructura de pavimento para evitar la deformación permanente. Esto conlleva a la necesidad de desarrollar nuevas especificaciones técnicas para mezclas asfálticas que dependiendo de los resultados del análisis, puedan incluir el uso de modificadores como polímeros, polvo de caucho, y la aplicación de la tecnología SUPERPAVE para una mejor caracterización de los materiales constituyentes de la mezcla asfáltica con el propósito de incrementar la durabilidad de los pavimentos asfálticos..

Palabras claves

Deformación permanente, mezcla asfáltica, comportamiento reológico, ahuellamiento, agrietamiento por fatiga.

¹ Ingeniero Civil. Magíster. Docente URP

² Ingeniero Civil. Magíster. Doctor. Docente en la Universidad de Texas en el El Paso, EUA

Abstract

In the last 10 years Peru has promoted a favorable policy for the construction of Road Works across the entire territory, having executed more than 15,000 kilometers of roads with asphalt pavements, according to reports by the Ministry of Transport and Communications, the entity responsible for national road network.

Faced with this reality there is an urgent need to improve the technology of asphalt pavements in Peru so that they reach the life for which they were designed. Permanent deformation is one of the failures of most concern in pavement deterioration, being necessary to know their fundamental causes in order to take measures during the development of project, construction, and future maintenance.

Therefore it is urgent to conduct several tests analysis in Peru using specialized laboratory and field equipments to evaluate the pavement structure to prevent permanent deformation. This leads to the need for developing new technical specifications for asphalt mixes which depending on the results of the analysis, can include the use of modifiers such as polymers, rubber powder and the application SUPERPAVE technology for better characterization of the constituent asphalt mixes with the purpose of increasing the durability of asphalt pavements.

Key words

Permanent deformation, asphalt mix e, rheologic behavior, rutting, cracking due to fatigue.

La deformación permanente puede presentarse en las diferentes capas que componen la estructura del pavimento, inclusive a nivel de la subrasante, y las causas que la originan son diversas. Es por ello que la elaboración de un proyecto de pavimentos asfálticos debe ser integral y muy cuidadosa en cuanto a la calidad de los materiales seleccionados, el diseño de la mezcla asfáltica, y el diseño estructural del pavimento, siendo necesario realizar un estudio detallado del tráfico, del tipo de suelos que conforman la subrasante; condiciones de drenaje, clima, y otros factores externos como son los procesos constructivos.

En el Perú como en otros países, la deformación permanente en sus diferentes formas es una de las fallas más importantes e incidentes en el comportamiento de los pavimentos asfálticos; motivo por el cual es importante elaborar un estudio bibliográfico dirigido a identificar las principales causas que generan este tipo de falla; puesto que su conocimiento contribuirá a tomar las precauciones necesarias para evitar el deterioro prematuro de los pavimentos por esta causa.

Antecedentes geográficos del territorio peruano

Está demostrado que la durabilidad de los pavimentos asfálticos está influenciada directamente por el clima del lugar donde está ubicado, además de otros parámetros como magnitud y frecuencia de las cargas de tránsito, propiedades de los materiales que lo conforman, características de la

subrasante, humedad, proceso constructivo, entre otros. Estos parámetros en su conjunto afectan sensiblemente el desempeño del pavimento y su potencial de desarrollar fallas por deformación permanente.

En este contexto es muy importante considerar que la Geografía del Perú es una de las más complejas y diversas. El Perú se encuentra situado en la parte central y occidental de América del Sur. Está conformado por un territorio de una superficie continental de 1.285.215,60 km² de superficie, lo que representa el 0.87% del planeta, que se distribuyen en región costera 136.232,85 km² (10,6%), región andina 404.842,91 km² (31,5%) y región amazónica 754.139,84 km² (57,9%).

El pico más alto del Perú es el Huascarán en la Cordillera Blanca, con una altura de 6.768 msnm; la zona más profunda es el cañón de Cotahuasi, incluso superando al famoso Cañón del Colorado; el río más largo de Perú es el río Ucayali afluente del río Amazonas con 1.771 km de longitud; el lago navegable más alto del mundo es el Lago Titicaca en Puno/Perú y Bolivia con 8.380 km² y la isla más grande del litoral peruano es la Isla San Lorenzo en Callao con 16.48 km². Es el tercer país más grande de Sudamérica.

La variedad de climas en el Perú

El hecho de estar el Perú cerca de la línea ecuatorial indicaría que su clima debería ser eminentemente tropical, sin embargo dos factores alteran notablemente el clima. En primer lugar la existencia de la elevada Cordillera de los Andes paralela en América del Sur al Océano Pacífico y, en segundo lugar, la fría Corriente Peruana o de Humboldt que se manifiesta de sur a norte hasta la latitud 5° y que choca con la Corriente del Niño en las costas de Piura y Tumbes hasta la latitud 3.2°, al sur de la línea ecuatorial. Estos accidentes, más el anticiclón del Pacífico sur en esta parte del continente, originan una disminución de las temperaturas promedio anuales de unos diez grados centígrados en la costa y una gran variedad de climas simultáneos en todo el país el cual ha situado al Perú como el país con mayor variedad de climas en el mundo: 28 de un total de 32 zonas climáticas posibles.

Definitivamente esta variedad de climas coexistentes en el Perú hace más compleja la aplicación correcta de la tecnología de los pavimentos asfálticos; resultando un reto para los estudiosos de esta especialidad. Las ocho regiones naturales del Perú que inciden en las diferentes zonas climáticas son:

- Costa o Chala: Se localiza entre el Océano Pacífico hasta los 300m de altitud desde la frontera de Ecuador hasta la frontera con Chile.
- Yunga: Corresponde desde los 500m de altitud hasta los 2 500 m sobre el nivel del mar.
- Quechua: Se extiende desde 2 500m hasta 3 500m de altitud sobre los dos flancos de la cordillera
- Suni: Se halla situado entre 3 500m y 4 100m sobre el nivel del mar.

- Puna: Se encuentra entre 4 100m y 4 800m de altitud ocupando el área geográfica de las altas mesetas andinas
- Jalca o Cordillera: Situados a más de 4800m sobre el nivel del mar
- Selva Alta o Región Rupa Rupa: Se extiende entre 500m y 1 500m de altitud sobre el flanco oriental de la Cordillera de los Andes.
- Selva Baja o Región Omagua: Comprende la gran llanura amazónica cuyo territorio está por debajo de los 500m.

La Figura 1 muestra el mapa del Perú y su ubicación en Sudamérica.

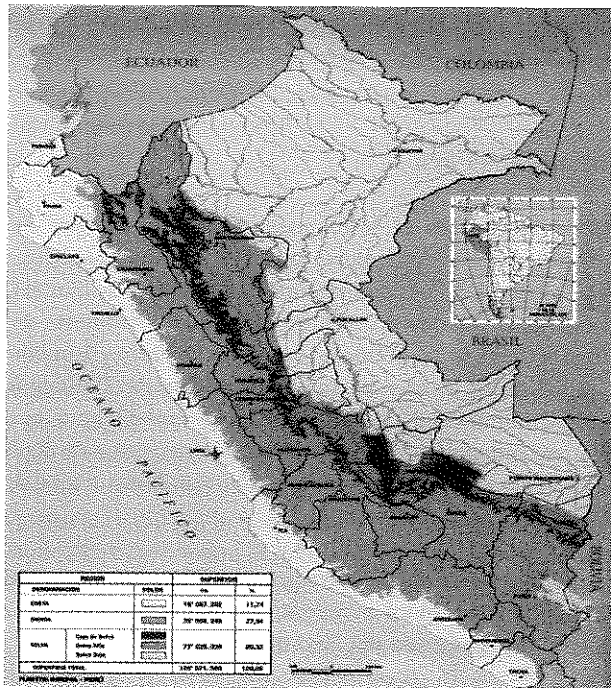


Figura 1. Mapa Geográfico del Perú - Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre

La deformación permanente

Desde el punto de vista mecanicista, existen dos tipos de falla principales en las mezclas asfálticas, que son la deformación permanente y el fisuramiento por fatiga. La deformación permanente es generada por deformación plástica del concreto asfáltico y/o por deformación de la subrasante.

Cuando a un material granular se le inducen ciclos de carga y descarga, parte de la deformación total (ξ_t) que se genera es recuperada y se le conoce como la deformación resiliente, (ξ_r). Aquella deformación que no se recupera se acumula con cada repetición del ciclo y se le denomina deformación permanente (ξ_p).

La Figura 2 ilustra estos conceptos.

En un pavimento estas deformaciones, de ser excesivas, generan hundimientos o desplazamientos que se manifiestan en la superficie como ahuellamiento e inclusive asentamientos de ser gran magnitud. La deformación "permanente" es también generada por la acumulación de pequeñas deformaciones que ocurren en cada capa debido a la aplicación de carga; siendo esta deformación irre recuperable

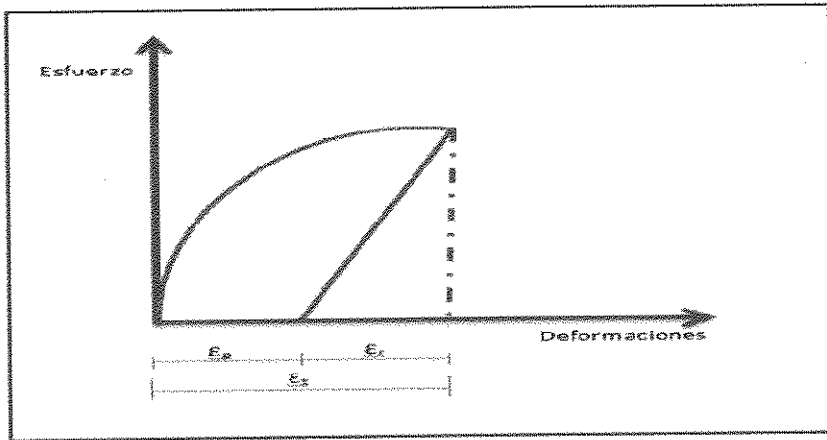


Figura 2. Gráfico ilustrativo sobre la Deformación Permanente (N. Huamán. 2008)

El asfalto es un material que tiene un comportamiento elástico - lineal a temperaturas bajas y frecuencias de carga altas, pero muestra propiedades visco-plásticas a temperaturas mayores, por ejemplo cuando sobrepasan los 40°C. Debido a este comportamiento las cargas repetidas del tránsito generan deformación permanente en la capa asfáltica, especialmente cuando es sometida a altas temperaturas como es el caso de la costa y selva peruana cuyas temperaturas del pavimento son mayores inclusive a los 60°C. En carpetas asfálticas, la deformación permanente ocurre debido al flujo viscoelástico ó viscoplastico de la mezcla asfáltica. La capacidad de una mezcla de resistir este tipo de deformación depende de diversos factores, entre los cuales, la consistencia del ligante asfáltico y la volumetría de la mezcla (agregados y ligantes). El ancho de carriles y la velocidad del tránsito también pueden inducir a la deformación permanente. La distribución lateral de la zona de rodadura está influenciada por la velocidad del tránsito, ancho de carril y profundidad de las huellas. Las velocidades bajas del tránsito, las cuales corresponden a frecuencias de carga más bajas, también contribuyen directamente al desarrollo de deformaciones permanentes en las capas bituminosas.

Todas las mezclas asfálticas presentan distintas propiedades reológicas, dependiendo de las propiedades de cada asfalto, la proporción de los diferentes componentes, la distribución de tamaño de partículas, la angularidad de los agregados y la densidad. Las propiedades de estas mezclas asfálticas también variarán con el tiempo debido al envejecimiento del ligante. El comportamiento de las mezclas asfálticas con respecto a las deformaciones permanentes depende del tipo de ligante utilizado, así como de la composición de la mezcla, forma y tamaño de las partículas, calidad de los agregados, y de aditivos si es que son empleados.

La deformación plástica de la mezcla asfáltica tiende a aumentar en climas cálidos, y también puede darse por una compactación inadecuada de las capas durante la construcción, por el uso de asfaltos blandos o de agregados redondeados.

La temperatura del asfalto del pavimento en servicio es un factor que afecta significativamente a la deformación permanente; no sólo las temperaturas máximas, sino también los gradientes de temperatura pueden tener una influencia sobre la deformación permanente.

Ahuellamiento por falla de la subrasante

Son causadas por un excesivo esfuerzo repetido en las capas interiores, sean base o subbase. Aunque los materiales "duros" pueden reducir este tipo de ahuellamientos, es considerado un problema como estructura compuesta, más que de los materiales en sí. Esencialmente, la estructura de pavimento no es capaz de soportar las cargas actuantes y se deforma. También puede ser causado por un inesperado debilitamiento de una de las capas generadas por la intrusión de humedad que ocasiona la deformación en las capas inferiores como se observa en la Figura 3.

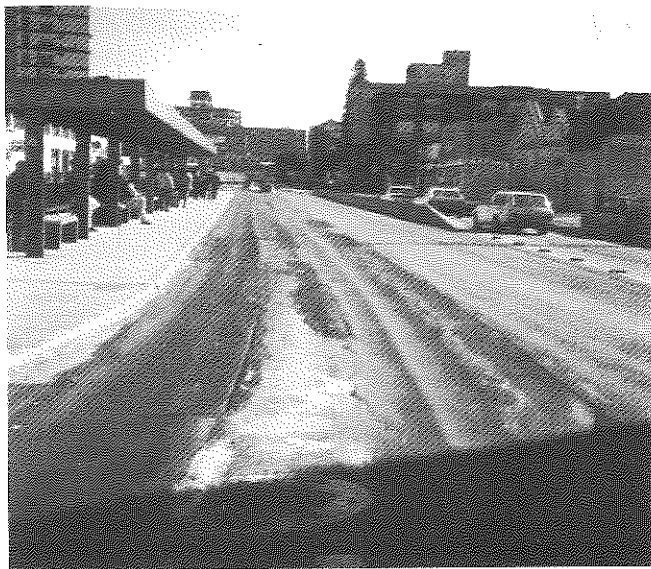


Figura 3. Falla por Ahuellamiento de la Subrasante. (Bariani L, Goretti L, Pereira J, Barbosa J. 2009).

Las cargas excesivas de tráfico provocan debilitamiento de la estructura del pavimento. Los hundimientos por ahuellamiento varían de 750 mm. hasta los 1000 mm. Si se hiciera un corte vertical, la deformación de pavimento indicaría, que el espesor del pavimento permanece constante pero las capas granulares (base o subbase) presenta deformaciones. Si la estructura del pavimento es muy rígida en vez de deformarse ocurrirán fisuras por fatiga de un lado a otro en las huellas de los neumáticos.

Ahuellamiento por falla de la capa de mezcla asfáltica

Es el tipo de ahuellamiento que es la que más preocupa a los diseñadores de mezclas asfálticas, se produce debido a la incapacidad de una mezcla asfáltica "blanda" de soportar cargas pesadas, acumulando deformación plástica en cada pulso de carga pesada, que tiene como resultado el ahuellamiento en la capa de asfalto.

El ahuellamiento en una mezcla "blanda" ocurre típicamente durante el verano, cuando el pavimento se encuentra sometido a temperaturas de servicio altas que sobrepasan los 60°C, esto podría sugerir que las huellas son causadas por los rayos solares, pero es más correcto pensar, que se origina por la falta de resistencia de la mezcla asfáltica que depende de los agregados pétreos y el ligante asfáltico empleados.

El ahuellamiento es producto de la acumulación de pequeñas deformaciones permanentes y para incrementar la resistencia de la capa de mezcla asfáltica es necesario que se comporte más como un sólido elástico a altas temperaturas; para que cuando reciba carga el material recupere su posición original. Para prevenir el ahuellamiento es conveniente utilizar asfaltos más "duros" y seleccionar agregados de forma cúbica y superficie rugosa para que tengan un alto grado de fricción interna. Así, cuando la capa de mezcla asfáltica reciba la carga, los agregados y el asfalto trabajen como un sólido elástico, volviendo a su forma original cuando se retire la carga, evitando de esta forma la deformación permanente. Existen equipos de laboratorio y procedimientos de análisis que pueden emplearse durante la etapa de diseño para evaluar si un pavimento es susceptible a la deformación permanente.

A continuación se presenta una breve discusión al respecto con el objeto de anticiparse y prevenir fallas por deformación permanente en pavimentos en servicio.

Medidor de ahuellamiento de rueda cargada: MARC - PERÚ

Existen una serie de equipos utilizados en que nos permiten evaluar si un diseño de mezcla asfáltica podría presentar deformación permanente en servicio. Con la finalidad de asegurar un mejor comportamiento de las mezclas asfálticas y predecir la respuesta del pavimento ante la presencia de las cargas se desarrolla en el Perú el equipo Medidor de Ahuellamiento de Rueda Cargada -MARC. Este equipo es el resultado de la Tesis de Maestría "Desarrollo e Implementación de un Equipo Medidor de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas" (Huaya, 2007). El MARC permite medir la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente al ahuellamiento, y analizar el comportamiento de mezclas con distintos tipos de asfalto y agregados.

Los resultados obtenidos con este equipo demostraron que el Ensayo Marshall no es suficiente para caracterizar el comportamiento de las mezclas asfálticas respecto a su resistencia a la deformación permanente o ahuellamiento. Asimismo se pudo comprobar que de los parámetros significativos en la tendencia de la mezcla al ahuellamiento es el contenido de vacíos. El equipo MARC puede además medir con mayor claridad la influencia de otros parámetros como son las variaciones en la granulometría y textura de los agregados.

Recomendaciones de la guía de diseño de pavimentos mecanístico empírico (MEPDG) con respecto a la deformación permanente

La metodología empírico-mecanicista para el diseño de pavimentos (MEPDG) de AASHTO publicada en el 2008, es el resultado de varios años de investigación, y su implementación está en proceso en varios países.

Esta nueva guía combina aspectos empíricos y mecanicistas. Los componentes mecanicistas permiten determinar la respuesta del pavimento ante situaciones "críticas" de cargas de tránsito y clima, utilizando modelos matemáticos para predecir el desempeño. Los componentes empíricos relacionan la respuesta del pavimento predecida con los modelos matemáticos con indicadores del desempeño medidos en campo (deterioros e IRI); verificando que no sobrepasen los límites tolerables definidos para cada indicador y para una determinada confiabilidad.

Es así que el procedimiento MEPDG calcula mecanísticamente la respuesta del pavimento (v.g., tensiones, deformaciones y deflexiones) asociadas a cargas de tránsito, condiciones ambientales, y acumula el "daño" producido en la estructura de pavimento durante el período de diseño. Empíricamente, relaciona utilizando

funciones de transferencia y modelos de regresión, el daño a través del tiempo con deterioros típicos, como son fisuras, ahuellamiento, e IRI en pavimentos asfálticos, agrietamiento, escalonamiento, e IRI en pavimentos de concreto con juntas, y punzonamiento, ancho de grietas, e IRI en pavimentos de concreto continuamente reforzados.

Un ejemplo de la calibración del procedimiento de MEPDG en el caso de Texas se describe en el trabajo "Implementación de la Guía de Diseño Mecánico de Pavimentos NCHRP 1-37 en Texas" (Chang, Freeman, 2007), del que se destaca lo siguiente:

a. Los modelos de respuesta del comportamiento del pavimento usados por la nueva guía de diseño de pavimentos se basan en las características propias del pavimento y modelos representados a través de funciones de transferencia que evalúan la estructura con respecto a la ocurrencia de ciertos tipo de fallas. Estos modelos se utilizan para predecir estados de esfuerzo - deformación en las diferentes capas que componen el pavimento debido a la acción de cargas de tráfico y condiciones medio-ambientales. Para calibrar estos modelos se requiere conocer las propiedades de los materiales, las características estructurales del pavimento, información del tráfico, condición ambiental, y datos verificados en campo sobre el comportamiento-respuesta del pavimento. Estos datos deben ser representativos de las condiciones locales de cada región en donde se construirá la estructura de pavimento. Por lo tanto, la calibración y validación de los modelos de comportamiento es crítica para un diseño exitoso. Los modelos de comportamiento estructural involucran fundamentalmente fallas por fatiga y por ahuellamiento.

b. Las condiciones medio-ambientales tienen un efecto muy importante en el comportamiento del pavimento. Estas condiciones afectan las propiedades mecánicas de los materiales y, por sí mismos originan esfuerzos de tensión-deformación conduciendo a falla del pavimento. La nueva guía de diseño mecánico-empírico constituye el primer esfuerzo por considerar en el análisis del pavimento los efectos medio-ambientales de una manera mecánica.

c. Un análisis de sensibilidad fue realizado para identificar las variables que tienen mayor influencia en los distintos tipos de falla del pavimento, como por ejemplo piel de cocodrilo, ahuellamiento, y fisuras longitudinales. La Figura 4 muestra una comparación del ahuellamiento predicho por modelos mecánicos y ahuellamientos medidos en campo.

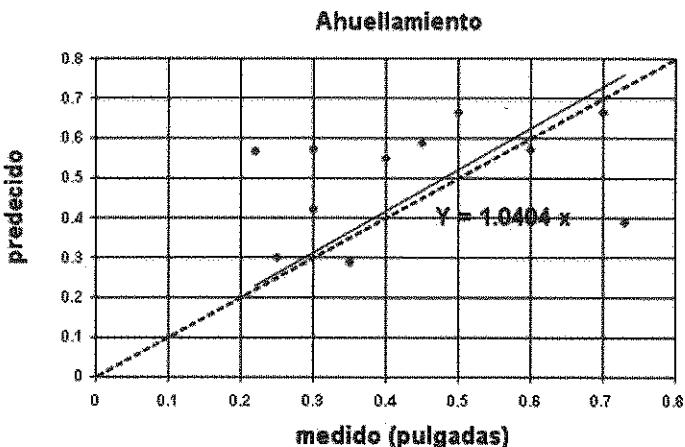


Figura 4. Ahuellamiento predicho por los Modelos Mecánicos versus Mediciones de Campo (Chang, Freeman, 2007)

d. Un análisis de sensibilidad realizado indica que las propiedades de las capas del asfalto tienen comparativamente una mayor influencia en la respuesta de la estructura del pavimento que las otras capas. Características de la mezcla asfáltica como el módulo de resiliencia y la granulometría del agregado son de gran influencia en la respuesta estructural del pavimento.

CONCLUSIONES

Del trabajo realizado se concluye lo siguiente:

- En el caso de la deformación permanente se requiere tener especial cuidado en el diseño de la mezcla asfáltica. La selección del tipo de ligante asfáltico debe realizarse de acuerdo a la zona en donde será colocada la mezcla asfáltica, para minimizar la influencia de la temperatura y su deformabilidad; entre menos susceptible a la temperatura sea el ligante asfáltico, más resistente a la deformación plástica será la mezcla a altas temperaturas, más aún cuando esta sobrepase los 60°C; por este motivo se prefieren asfaltos con viscosidad alta y baja susceptibilidad a la temperatura.
- De acuerdo a la geografía del Perú, estas altas temperaturas se presentan en las zonas de selva alta y baja; así como en la franja costera de aproximadamente 3,000 kms. a lo largo del Océano Pacífico, especialmente en la estación del verano, alcanzando temperaturas hasta de 40°C bajo sombra. Estas altas temperaturas hacen que las carpetas asfálticas "trabajen" a temperaturas muy altas, haciéndolas proclives a la falla por deformación permanente de mezcla asfáltica.
- Utilizar los criterios mínimos y máximos acerca del contenido de vacíos en la mezcla, y asegurarlo tanto en la compactación de los especímenes, como en la fase de construcción del pavimento. Dentro de los parámetros volumétricos, en ocasiones se recomienda disminuir el contenido de asfalto de las mezclas, mediante el manejo de la granulometría del agregado y valores bajos en el contenido de vacíos. Los contenidos óptimos de asfalto se deben respetar durante la fabricación de la mezcla en planta.
- Como el ahuellamiento en la mezcla asfáltica se produce por la acumulación de pequeñas deformaciones permanentes, se recomienda incrementar la resistencia contra el deslizamiento de las mezclas no sólo utilizando cemento asfáltico más viscoso, sino que el pavimento se comporte más como un sólido elástico a altas temperaturas del pavimento. Así, cuando se aplique la carga, el cemento asfáltico actuará como una banda de goma y volverá a su posición original en lugar de deformarse. En este aspecto se ha demostrado que el mástico asfáltico que está conformado por el cemento asfáltico y el filler debe recubrir el área de los agregados lo suficiente para lograr la debida cohesión de la mezcla asfáltica en su conjunto, lo cual también contribuye a evitar el envejecimiento prematuro del asfalto

RECOMENDACIONES

Ante la necesidad de evitar que se produzcan fallas por deformación permanente en los pavimentos asfálticos, los autores en base a las experiencias obtenidas en el desempeño de la especialidad, recomiendan se tomen las siguientes acciones:

1. Tener mayor celo en la selección, diseño, y verificación de la calidad de los agregados con que se fabrican las mezclas asfálticas, considerando que éstos conforman el esqueleto estructural del pavimento y por lo tanto su capacidad para resistir las cargas actuantes de los vehículos en tránsito tiene relación directa con la durabilidad del pavimento. Las Especificaciones Técnicas Generales EG 2000 publicadas en el Perú el año 2000 y que se encuentran vigentes deben incorporar los resultados de las investigaciones recientes; en particular lo referente a los requerimientos de los agregados por

clasificación convencional y Superpave que se encuentra en las Tablas entre la 410-1 y 410-8 de este documento (más aún cuando se limita su uso a la altitud sobre el nivel del mar a los 3,000 metros).

- En cuanto a los cementos asfálticos, si bien es cierto que la Tabla 400-1 de las EG2000, como se observa en la Figura 5, norma el uso de estos ligantes asfálticos según la temperatura media anual de la zona y en función a su clasificación por penetración, esta norma no es suficiente para aplicarse en proyectos locales. Por este motivo se recomienda realizar estudios de investigación sobre el uso de asfaltos modificados en departamentos como Loreto, Ucayali, San Martín, Madre de Dios en la zona de selva y en toda la zona costera de los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna; regiones en las que por su condición climática puede ser necesario el uso de modificadores (N. Huamán. CILA Costa Rica 2005)

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 - 50 ó 60-70 ó Modificado	60-70	85 - 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Figura 5. Tabla 400-1 de las EG-2000 para la selección del tipo de cemento asfáltico clasificado por penetración y en base a la temperatura media anual

Bajo este contexto es necesario que en el Perú se clasifiquen también los asfaltos por grado de desempeño (performance grade PG) de acuerdo al Superpave, puesto que la clasificación por penetración no evalúa satisfactoriamente el desempeño del asfalto considerando su comportamiento reológico. Este nos permitirá tener especificaciones técnicas mejoradas que redundarán en una mayor durabilidad de los pavimentos asfálticos puesto que los ligantes asfálticos seleccionados responderán mejor a las exigencias medio-ambientales de la zona donde se ejecutará la obra.

- Es imprescindible y urgente que las instituciones públicas y privadas del Perú que orientan sus actividades a esta nueva tecnología adquieran equipos de laboratorio que permitan mejorar la selección de los materiales y efectuar diseños de mezcla que aseguren un mejor comportamiento del pavimento ante las deformaciones permanentes. Esto implica la impostergable necesidad de que se actualice la normatividad vigente en la que se incluyan nuevas especificaciones técnicas y nuevos ensayos de laboratorio que permitirán evaluar la utilización de asfaltos modificados con polímeros o con polvo caucho utilizando el Sistema Superpave. Este es un esfuerzo común que requiere de investigación para la adecuación de normas y nuevos ensayos a nuestra propia realidad.
- Es indispensable que las Universidades del Perú que cuentan con Facultades de Ingeniería Civil; incluyan en sus programas cursos de ingeniería de pavimentos, así como que adquieran equipos de laboratorio de última generación que les permita formar profesionales en esta especialidad a través de trabajos de investigación.
- Se recomienda la capacitación a nivel nacional e internacional de los profesionales de la actividad pública y privada que trabajan en la especialidad de pavimentos; esto puede lograrse con el apoyo del Estado invirtiendo para implementar nuevas tecnologías en nuestro país. Igual actitud debe tomar la empresa privada, puesto que de esta manera los pavimentos construidos tendrán un mejor desempeño, ahorrando inversiones futuras en rehabilitación temprana, y contribuyendo de esta manera al desarrollo económico y social del país.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARIANI L, GORETTI L, PEREIRA J, BARBOSA J, "Pavimentación Asfáltica. Formação Básica para Engenheiros". Brasil (2009).
- CHANG C, FREEMAN T, "Implementación de la Guía de Diseño Mecánico de Pavimentos NCHRP 1-37^a en Texas", (2007).
- HUÁÜYA O, CHANG C, "Evaluación del Riesgo Potencial de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas Utilizando el Equipo MARC", FIC. UNI, Perú (2007).
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, "Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras EG 2000", Perú (2000).
- HUAMÁN N. "Los Pavimentos Asfálticos y la Tecnología de Punta", XIII Congreso CILA, Costa Rica (2005).
- HUAMÁN N. "El Estado del Arte de los Pavimentos Asfálticos", Perú (2008).