

# Deformación plástica en capas asfálticas:

## roderas y corrugaciones

MSc. MBA. Ing. Pedro Castro  
LANAMME

### INTRODUCCIÓN

Las roderas y corrugaciones son tipos de deterioros en pavimentos, que se manifiestan como depresiones en la capa de superficie causadas por la deformación plástica de cualquiera de las capas que conforman la estructura de pavimento.

Seguidamente se describirán algunas de las causas para la incidencia de la deformación plástica en capas asfálticas (carpetas y bases); adicionalmente se describirá el fundamento teórico para el diseño de una mezcla asfáltica de baja susceptibilidad a experimentar la deformación plástica.

### TIPOS DE DEFORMACIÓN PLÁSTICA (SÍNTOMAS)

La deformación plástica puede manifestarse a partir de dos tipos básicos:

- Densificación.
- Flujo plástico.

#### Densificación

La densificación o consolidación en una dimensión (reducción de volumen por carencia de resistencia a la compresión) generalmente se manifiesta como una depresión cerca del centro de la carga aplicada, sin deformación a los lados de la depresión (reducción de volumen).

La densificación de capas asfálticas se relaciona con un exceso de vacíos en la capa compactada, sea por una volumetría inadecuada (carencia de ligante asfáltico efectivo o carencia de agregado fino y/o polvo mineral) y/o por deficiencias en la energía de compactación (equipos inadecuados para el espesor de capa compactado, insuficiente número de

pasadas, bajas temperaturas de compactación, segregación térmica, etc).

La densificación se asocia con la formación de roderas, generalmente con una severidad de baja a media.

En forma simultánea con la consolidación puede darse un fenómeno de exudación en zonas de alta carga aplicada.

#### Flujo plástico

El movimiento lateral o flujo plástico (desplazamiento por carencia de resistencia al cortante) generalmente determina deterioros de mayor severidad que la densificación. Se manifiesta como una depresión cerca del centro de aplicación de carga, con deformación lateral en los bordes de la depresión (desplazamiento de volumen).

El flujo plástico se asocia con un insuficiente contenido de vacíos en la capa asfáltica, de manera que el ligante asfáltico efectivo funciona como un lubricante, en vez de elemento adhesivo, favoreciendo el desplazamiento de las partículas de agregado.

El flujo plástico en una capa de superficie se manifiesta a través de roderas (depresión en las huellas), así como por corrugación (desplazamiento de la capa asfáltica en el sentido del tránsito en zonas de frenado, por ejemplo).

Nota: existe un tercer tipo de deformación plástica relacionado con la consolidación del material granular en las

capas de soporte, el cual se asocia con deformación superficial acompañada de un patrón de agrietamiento progresivo cuando la mezcla asfáltica no es lo suficientemente flexible.

### CAUSAS DE LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA (DETONANTES)

Existen tres categorías de causantes para la deformación plástica:

Elementos relacionados con la estructura del pavimento. Uno de los elementos de diseño para estructuras de pavimento flexible (superficie de rueda asfáltica) es la resistencia a la deformación plástica del paquete estructural; así, el dimensionamiento de los espesores de capa depende de la vida útil deseada por resistencia a la deformación plástica de la estructura.

Elementos relacionados con las propiedades de la mezcla asfáltica. La resistencia a la deformación plástica y el contenido de vacíos en sitio (relacionado, a su vez, con la deformación plástica) son elementos a controlar durante el diseño, producción y colocación de capas de mezcla asfáltica.

Elementos relacionados con la aplicación de cargas sobre el pavimento. Son particularmente relevantes la presión de inflado en las llantas de los vehículos, la velocidad de aplicación de carga (la mezcla asfáltica es más resistente al cortante y a la compresión ante cargas rápidas) y la temperatura de servicio (la mezcla asfáltica es más resistente a la deformación plástica cuando la temperatura es baja).

## INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA SOBRE LA RESISTENCIA A LA DEFORMACIÓN PLÁSTICA.

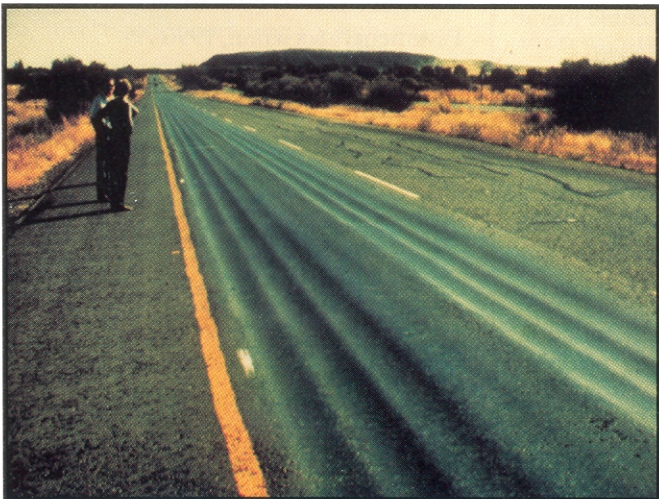
### Elementos de materia prima.

Respecto a las propiedades de la materia prima a incorporar en la mezcla asfáltica, los siguientes son algunos elementos de relevancia en la resistencia a la deformación plástica de la mezcla resultante:

Viscosidad del ligante asfáltico. Bajas viscosidades (ligantes asfálticos blandos a temperaturas altas de servicio) y/o contaminación con combustibles no quemados determinan una mayor susceptibilidad a la deformación plástica. La cantidad de polvo mineral incorporada en la mezcla asfáltica permite incrementar la viscosidad aparente del ligante asfáltico. Debe tenerse el cuidado de considerar, sin embargo, que el uso de ligantes asfálticos de mayor viscosidad y agentes rigidizantes, como polvo mineral, puede ser determinante, adicionalmente, de una mayor susceptibilidad al agrietamiento por fatiga.

Temperatura máxima de desempeño del ligante asfáltico. La temperatura máxima de desempeño, grado superior según la metodología SUPERPAVE de grado de desempeño para ligantes asfálticos, está

Figura 1: Roderas provocadas por flujo plástico en la capa asfáltica.



directamente relacionada con la resistencia a la deformación plástica de un ligante asfáltico. Conforme mayor sea la temperatura máxima de desempeño del ligante, mayores probabilidades habrá de que la mezcla asfáltica no experimente deformación plástica por consecuencia de ligantes asfálticos que, a las temperaturas de funcionamiento del pavimento, experimenten bajas resistencias al cortante y/o presenten una elevada tendencia a experimentar deformación plástica ante la carga (con perjuicio de la recuperación elástica).

Nota: debe tenerse claro que el comportamiento de una mezcla asfáltica depende, entre una gran cantidad de factores, de las características propias de sus materiales: ligante asfáltico y agregado. Sin embargo, la tendencia moderna va orientada a considerar; por otro lado, que conforme las temperaturas de servicio se reducen, se incrementa la relevancia relativa de las condiciones del ligante asfáltico. Así, para temperaturas altas de servicio (circunstancias que favorecen la deformación plástica, dado que la resistencia de la mezcla asfáltica al cortante y a la compresión disminuye conforme la temperatura se incrementa), se considera que el efecto del agregado sobre la resistencia a la deformación plástica es más significativo que el efecto del ligante asfáltico; naturalmente, lo recomendable es que tanto ambos tipos de materia prima (ligante asfáltico y agregado), como el producto resultante (mezcla asfáltica), presenten la menor susceptibilidad a la deformación plástica.

Forma y tamaño del agregado. Agregados angulosos, con textura rugosa (a nivel de micro-textura), con altos contenidos de agregado grueso y con gran tamaño para las partículas

granulares favorecen la resistencia a la deformación plástica. El uso de agregado fino redondeado (caso de la arena) determina una mayor susceptibilidad a la deformación plástica.

### Elementos de diseño de mezcla

Respecto a las propiedades de la mezcla asfáltica de diseño, los siguientes son los elementos claves para incrementar la resistencia a la deformación plástica:

El contenido de asfalto efectivo (contenido de asfalto total menos el contenido de asfalto absorbido) influye directamente en la resistencia a la deformación plástica. Cuando el contenido de asfalto es incrementado, el espesor de la película de asfalto alrededor de las partículas de agregado aumenta proporcionalmente, determinando una pérdida de fricción en la estructura resistente del agregado, esto incide en un decremento de la resistencia a la compresión (densificación) y al cortante (flujo plástico).

Hay un alto grado de relación entre los siguientes parámetros y la resistencia a la deformación plástica: a) vacíos en el agregado mineral (VAM), es decir, las cavidades que quedan llenas con asfalto efectivo y con aire dentro de la estructura de agregado en la mezcla (por volumen), y b) vacíos llenos con asfalto (VFA), o sea la cantidad porcentual (por volumen) de cavidades en la estructura de agregado llenas con asfalto efectivo. Un cumplimiento simultáneo de los requisitos de VAM y VFA permite contar con un contenido de asfalto efectivo alto (lo cual favorece la durabilidad de la mezcla asfáltica), a la vez que se obtiene una cantidad de vacíos de aire apropiada para favorecer la resistencia a la deformación plástica (hay espacio en la estructura granulométrica para alojar el ligante asfáltico efectivo sin pérdida de fricción entre las partículas de agregado).

El contenido de vacíos en la mezcla de diseño (VTM) es muy importante para restringir la deformación plástica.

Contenidos de vacíos muy bajos (por debajo de 3.0%) favorecen el flujo plástico, contenidos de vacíos muy altos (por arriba de 5.0%) favorecen la densificación.

### Elementos de la compactación en sitio.

- Contenidos de vacíos en sitio muy bajos favorecen el flujo plástico, mientras que contenidos de vacíos en sitios muy altos favorecen la densificación.

- Contenidos de vacíos en sitio de más de 10.0% son evidencia de una mala densificación, relacionada con carencia de energía de compactación, control inadecuado de temperatura de compactación, y/o un diseño de mezcla inadecuado. En tales circunstancias, hay alta tendencia a la densificación sobre las huellas.

- Contenidos de vacíos en sitio de 6.0% a 8.0% son determinantes de que, luego de varias estaciones de alta temperatura (en climas cálidos), se alcancen niveles de vacíos en sitio de 3.0% a 5.0%. En tales circunstancias, hay una moderada tendencia a la densificación sobre las huellas.

- Contenidos de vacíos en sitio de 3.0% a 5.0% son indicativos de un adecuado proceso de densificación y un acertado diseño de mezcla, con poca tendencia a la densificación.

- Contenidos de vacíos en sitio por debajo de 3.0% son evidencia de una sobredensificación durante la etapa constructiva. Una mezcla que puede ser compactada a este nivel obedece, necesariamente, a un inapropiado diseño de mezcla. Estos contenidos de vacíos determinan una alta tendencia al flujo plástico y/o exudación de ligante asfáltico.

### CONCLUSIONES

La deformación plástica es un fenómeno de deterioro en pavimentos que se manifiesta a partir de roderas y corrugaciones en la superficie de rueda. Existen dos mecanismos fundamentales a

partir de los cuales se manifiesta la deformación plástica en una capa asfáltica:

- a) densificación o consolidación (por carencia de resistencia a la compresión) y
- b) movimiento lateral o flujo plástico (por carencia de resistencia al cortante).



Figura 2: Corrugación provocada por flujo plástico en la capa asfáltica.

En resumen, la estrategia de control de la deformación plástica se basa en:

- Selección apropiada de la materia prima: ligante asfáltico de poca deformación ante la carga a las temperaturas altas de desempeño (alta resistencia al cortante) y con posibilidad de recuperar las deformaciones experimentales de manera elástica; y agregado, de forma angulosa, con alta rugosidad (a nivel de micro-textura) y con un alto contenido de agregado grueso (aunque con cierto contenido de agregado fino y polvo mineral, de manera que sea factible lograr un nivel de vacíos en sitio apropiado).

- Diseño de mezcla volumétrico de acuerdo con los requisitos normados para la vacíos en la mezcla (VTM), vacíos en el agregado mineral (VAM) y vacíos llenos con asfalto (VTM).

- Diseño de mezcla en función de la resistencia a la deformación plástica. Existen una gran cantidad de procedimientos de ensayo y técnicas de modelación que permiten evaluar la resistencia a la deformación plástica de la

mezcla de diseño.

- Control de calidad eficiente: control de uniformidad en la materia prima y en la mezcla resultante, y en los procesos productivo y constructivo (la compactación apropiada es particularmente relevante).

En una próxima entrega se discutirán los procedimientos de laboratorio y especificaciones para la evaluación de la tendencia a la deformación plástica en mezclas asfálticas.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

National Highway Institute; Highway Materials Engineering: asphalt materials and paving mixtures; Course N° 12123, 1990.

Roberts, Freddy y otros; Hot mix asphalt materials, mixture design and construction, II ed.; National Asphalt Pavement Association, 1996.