

FEBRERO 2021



**CIID**

**Investigación, Innovación y Desarrollo**

Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo en  
Infraestructura y Seguridad Vial

**UNA POLÍTICA  
PÚBLICA PARA  
DISEÑO DE  
PAVIMENTOS**

**Dr. Paul Garnica Anguas**

# Introducción

## UNA POLÍTICA PÚBLICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

**L**as agencias de transporte planifican, diseñan, construyen, operan y mantienen sus activos de infraestructura, especialmente los pavimentos, para satisfacer la demanda de transporte y mantener economías saludables. Estas agencias se esfuerzan por contener los costos prolongando la vida útil de los activos y protegiéndolos del deterioro causado por los vehículos de transporte de carga. Sin embargo, en la práctica no es fácil diseñar y aplicar políticas que sean eficaces y extiendan la vida útil de los activos viales (ITF, 2018).

En México, el movimiento por carretera sigue siendo clave en la distribución de mercancías a las distintas regiones del país, dada la gran flexibilidad del servicio de autotransporte para adaptarse a las necesidades de los clientes, y la amplia cobertura lograda por la red de carreteras. Se estima que el monto trasladado por este medio de transporte en 2017 fue de 541 millones de toneladas, equivalente al 84% del total del movimiento interno.

En este contexto, existe una compleja interacción entre los derechos de los transportistas a utilizar las carreteras, la obligación de los responsables de estas de mantener la calidad de la infraestructura, el objetivo del transportista de reducir sus costos de operación mediante las prácticas que mejor se adapten a sus necesidades, el poder del planificador/autoridad de carreteras para imponer reglamentos, la importancia del transporte de carga en la economía nacional y los presupuestos normalmente limitados del administrador de carreteras. Esto plantea un problema interesante con múltiples agentes que interactúan entre sí y que tienen como objetivo principal trabajar por el uso racional de la infraestructura, sin socavar los beneficios que el transporte de carga aporta a la economía (ITF, 2018).

En estas circunstancias, predecir la durabilidad de los materiales y sistemas estructurales en los pavimentos es una tarea complicada. Uno de los elementos clave del diseño del pavimento es el tránsito vehicular, principalmente el de carga. Una correcta caracterización del tránsito es fundamental para poder predecir el deterioro del pavimento con mayor confiabilidad y asegurar un desempeño adecuado durante la vida útil del activo.

## Caracterización del Tránsito Vehicular

En México, existe un Estudio Estadístico Nacional de Campo, realizado por la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT, que desde 1990 ha recopilado información sobre las cargas por eje de los principales tipos de vehículos de carga que circulan por la red federal libre de peaje. Dada la congruencia en calidad de la información y en cobertura especial de este informe, se han utilizado datos del período 2005-2017 para preparar espectros de carga.



**Un espectro de carga** es la distribución normalizada de la carga de un determinado tipo de eje (simple, doble, tándem, trídem). Las Figuras 1 y 2 muestran los espectros de carga para ejes simples, dobles, tándem y trídem construidos con datos de dos estaciones en el país.

Estos espectros ejemplifican los niveles de sobrecarga existentes, en particular los que se producen en los corredores hacia los Estados Unidos. La línea vertical representa el límite de carga por tipo de eje en toneladas.

Entre las muchas características de los espectros de carga, cabe destacar las siguientes:

- Cada punto de un espectro de carga representa el porcentaje de ejes de un determinado tipo que circulan con un determinado nivel de carga.
- El espectro de carga caracteriza el tránsito pesado en el tramo de carretera en el que se realiza la medición. El seguimiento en el tiempo permite evaluar la evolución de la distribución de la carga, aspecto que está relacionado con la intensidad de las actividades económicas en una región dada.
- Los valores máximos permiten identificar los niveles de carga más comunes, que pueden asociarse a los vehículos que circulan vacíos o totalmente cargados.
- También permiten identificar los tramos de la carretera en los que los niveles de carga superan las normas, así como el porcentaje de sobrecarga.
- Se puede definir un patrón de tránsito para vehículos de carga similares. También se pueden establecer espectros regionales.
- Pueden utilizarse para diseñar y revisar la capacidad estructural de un pavimento con datos realmente representativos de una red de carreteras.
- Son indicativos de la gravedad que puede esperarse para varios modos de deterioro de carreteras en el tiempo. Esto puede ser de especial interés para los responsables de la conservación de una red en términos del desempeño.

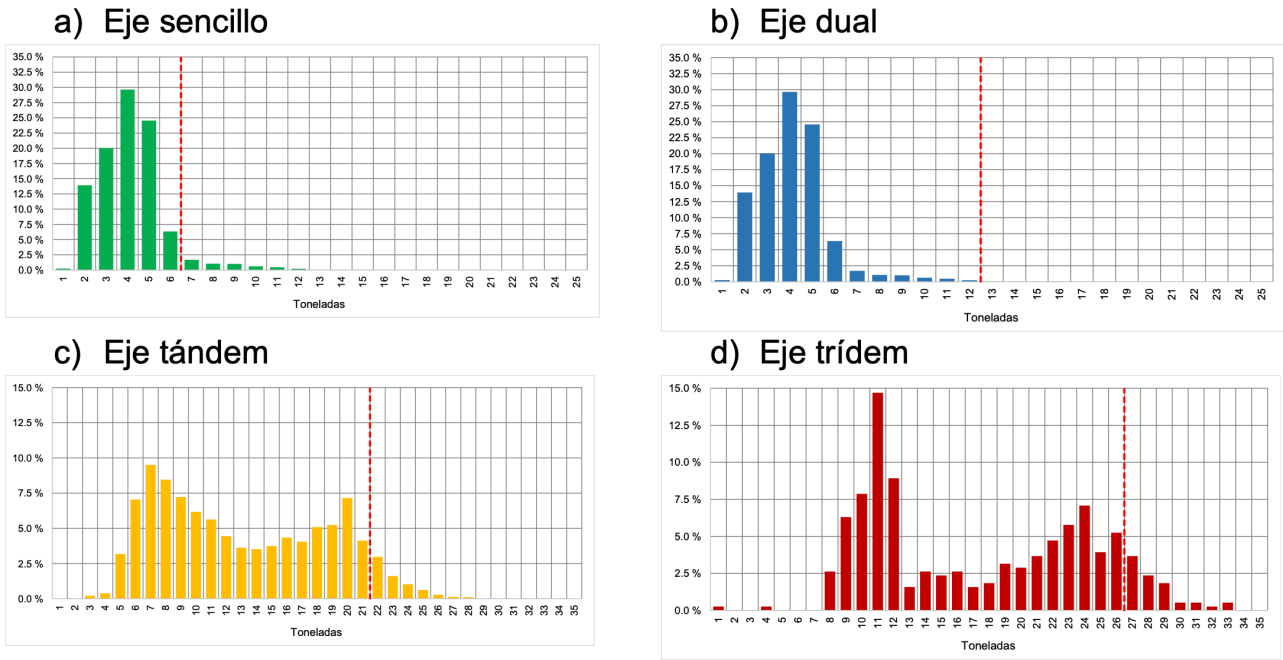


Figura 1 - Espectros de carga construidos con datos de una estación de pesaje ubicada en uno de los principales corredores viales (estación 1).

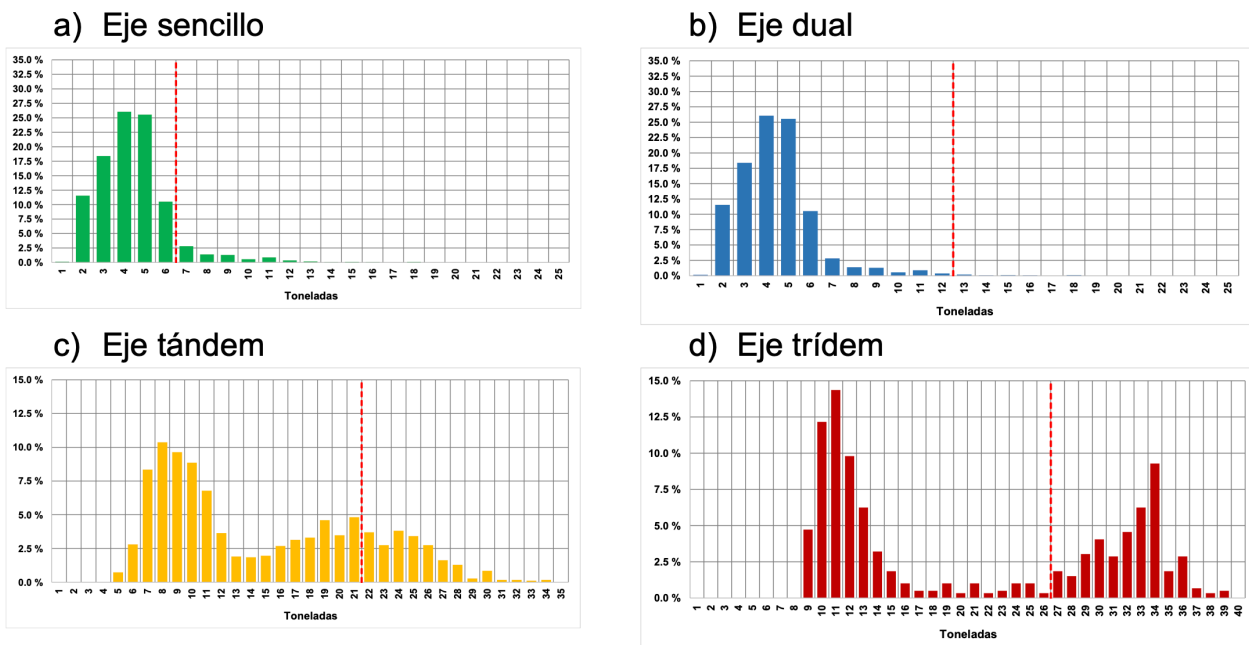


Figura 2 - Espectros de carga construidos con datos de una estación de pesaje ubicada en uno de los principales corredores viales (estación 2).

# Ejercicio de Cálculo de Costos

Se ha realizado un ejercicio sencillo para ilustrar la utilidad de esta información en la mejora del diseño de pavimentos. Así, se proponen y se costean secciones estructurales utilizando el IMT-PAVE v. 3.0, una herramienta de diseño mecanicista desarrollada por Dr. P. & Hernández, 2013. El IMT-PAVE puede aplicarse para estimar la vida funcional de un pavimento utilizando espectros de carga y acumulando el daño causado por cada nivel de carga para todos los ejes vehiculares durante un cierto período de tiempo.

La Figura 3 muestra el costo estimado de estas secciones estructurales de pavimento asfáltico, con un ancho de 10 m y 1 km de longitud, condiciones de diseño de "carga legal" y "con sobrecarga", y diferentes valores de tránsito diario promedio anual, TDPA. Para estos cálculos, se estableció una función de costos basada en los precios internacionales difundidos por la OECD (OECD, 2005). Como se observa, el sobrecosto de construcción aumenta con el TDPA, siendo del 7.36% para un escenario de 20,000 vehículos por día y de hasta el 36% para el caso de 200,000 vehículos por día.

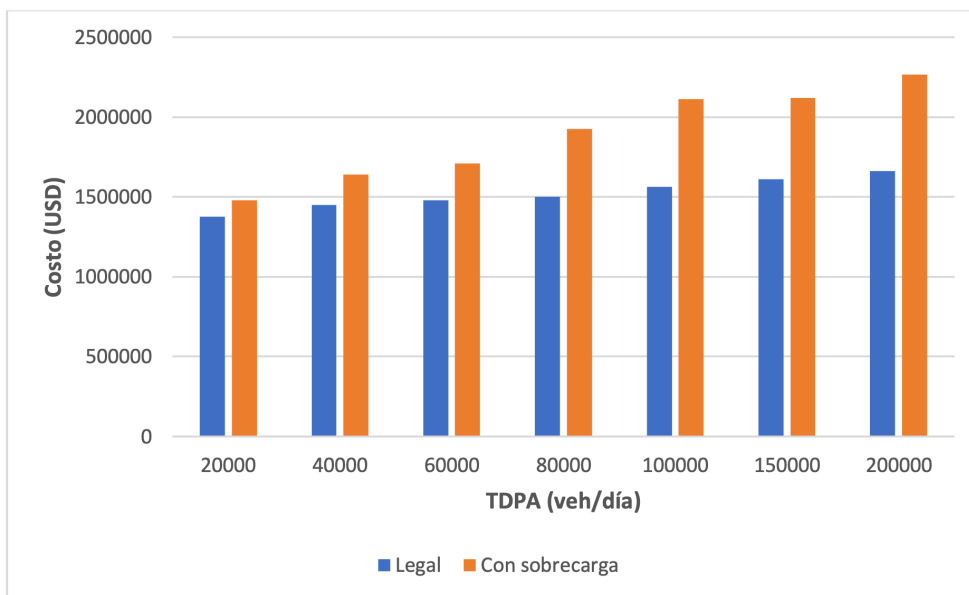


Figura 3 - Costo de las secciones estructurales de pavimento asfáltico sujetas a condiciones de carga legal y con sobrecarga.

Evidentemente, los costos iniciales para el escenario con sobrecarga son mayores, pero esto es sólo el resultado de considerar apropiadamente los niveles de carga reales que estarán actuando sobre el pavimento. Por el contrario, los costos del ciclo de vida para el escenario que supone el cumplimiento de la carga legal son más elevados, ya que la vida funcional desciende de 20 a 5 años como consecuencia de los efectos de la sobrecarga. Este es uno de los principales resultados del análisis que aquí se presenta.

La Figura 4 muestra la comparación del valor actual neto (VAN) en USD para diferentes niveles de TDPA, calculado para dos escenarios. En el primer escenario el pavimento está diseñado para cargas legales, pero la vida funcional se reduce a 5 años debido al efecto de la sobrecarga, por lo que es necesario intervenir 4 veces en un periodo de 20 años para recuperar la funcionalidad inicial. En este caso, la alternativa de conservación considerada es el fresado y la sustitución de la capa asfáltica. En el segundo escenario, el pavimento se diseña adecuadamente desde el principio para la condición de sobrecarga, y sólo tiene que ser intervenido una vez hasta el final de la vida funcional deseada. El VAN es siempre mayor para el segundo escenario, y esto se cumple para cualquier valor medio diario de tránsito anual.

## **Propuesta de una Política Pública**

El análisis muestra que la política pública más rentable es diseñar y construir adecuadamente desde el principio para las condiciones reales de carga del tránsito pesado, y aplicar adecuadamente la gestión de la conservación para minimizar las intervenciones mayores durante el período funcional deseado. Lo anterior sin considerar los beneficios para los usuarios en términos de la continuidad del servicio de una carretera en condiciones adecuadas de funcionalidad, sin cierres de tráfico, ni los costos ambientales inherentes a las acciones de conservación frecuentes.

Esta política pública podría ser implementada como un medio para mejorar la práctica actual de diseño de pavimentos basada en el uso de las cargas legales como uno de los principales insumos de diseño. Además, se podría hacer un esfuerzo para informar ampliamente a los transportistas y al público en general sobre los efectos perjudiciales de la sobrecarga de los vehículos de transporte de mercancías.

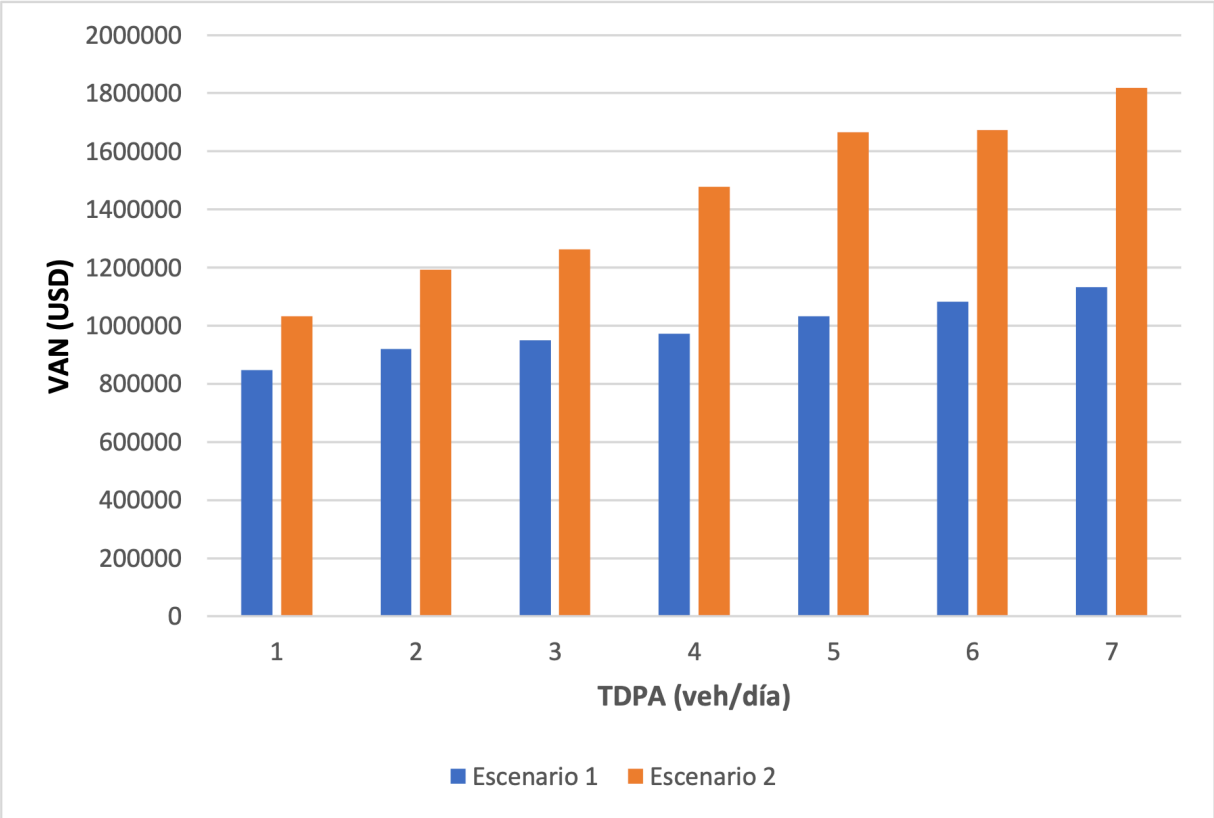


Figura 4 - Valor actual neto para dos escenarios de conservación en un tramo de pavimento de 10 m de ancho y 10 km de longitud.

# Conclusiones

## UNA POLÍTICA PÚBLICA PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS

En relación con los temas tratados en las secciones anteriores, se pueden hacer las siguientes consideraciones finales:

- Los espectros de carga proporcionan datos de entrada esenciales para el diseño de pavimentos, incluyendo información sobre la circulación de vehículos sobrecargados.
- Al considerar la sobrecarga durante el diseño del pavimento, los costos iniciales de construcción se incrementan entre 7 y 36% para niveles de TDPA entre 20,000 y 200,000 veh/día. Sin embargo, los diseños de pavimento que tienen en cuenta la sobrecarga pueden reducir significativamente los costos del ciclo de vida, lo que constituye una prueba de la conveniencia de diseñar para los niveles de carga que se producirán en la realidad.
- La política pública más rentable es diseñar y construir adecuadamente desde el principio para las condiciones reales de carga del tránsito pesado, y aplicar adecuadamente la gestión de la conservación para minimizar las intervenciones mayores durante el período funcional deseado.
- Muchos países alrededor del mundo han estado mejorando el desempeño de los pavimentos mediante la investigación e innovación en materiales y métodos de construcción. Aunque en México se han producido algunos avances en este ámbito, el apoyo del gobierno es esencial para impulsar nuevos desarrollos adaptados a las condiciones locales.

- Los funcionarios responsables de la conservación de las carreteras federales han sido receptivos a las técnicas no convencionales de conservación de pavimentos. Aunque hay muchos casos de aplicación exitosa de este tipo de tratamientos, persisten diversos factores de riesgo que impiden su implementación continua y exitosa. Estos pueden ser mitigados promoviendo el desarrollo de la gestión de pavimentos a nivel de proyecto.
- La conservación de las carreteras podría beneficiarse considerablemente con la aplicación de políticas públicas relacionadas con las diversas cuestiones mencionadas en los puntos anteriores. Además, la existencia de tales políticas simplificaría considerablemente la comunicación con los grupos de interés del sector vial.

## **R**EFERENCIAS

*Dr. Garnica, P. & Hernández, R. (2013). Manual de usuario IMT-PAVE 1.1: Manual de Usuario, San Fandila, Qro.: Instituto Mexicano del Transporte.*

*ITF (2018). Policies to Extend the Life of Road Assets. ITF Research Reports.*

*OECD (2005). Economic Evaluation of Long-Life Pavements, París: OECD Publishing.*

*Solorio, R., Dr. Garnica P. (2019). Mexico National Report. Sesión de orientación estratégica. La historia que no siempre se ha contado bien: preservación de la infraestructura. XXVI Congreso Mundial de Carreteras. Abu Dabi, 2019*

