



Deterioros en pavimentos urbanos

Apellidos, nombre	Llopis Castelló, David ¹ (dallocas@upv.es) Pérez Zuriaga, Ana María ¹ (anpezu@tra.upv.es)
Departamento	¹ Ingeniería e Infraestructura de los Transportes
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

En este artículo se presentan las diferentes tipologías de deterioros o daños que habitualmente se manifiestan en pavimentos flexibles, semiflexibles y semirrígidos urbanos, así como las actividades destinadas a su rehabilitación y mantenimiento.

2 Objetivos

Una vez que el estudiante haya leído con detenimiento este documento, será capaz de:

- Identificar los deterioros presentes en pavimentos urbanos.
- Cuantificar los deterioros identificados en pavimentos urbanos.
- Determinar qué tipo de actividades de rehabilitación y mantenimiento son necesarias en función de los deterioros presentes en la vía.

3 Introducción

La red vial es uno de los mayores bienes patrimoniales de un país y proporciona una base fundamental para su desarrollo económico y social. Al mismo tiempo, su construcción, mantenimiento y explotación produce un significativo impacto medioambiental. Por ello, el mantenimiento de una red vial en buen estado es vital para reducir costes de transporte de personas y bienes, así como para no incurrir en sobrecostes por mantenimientos tardíos que obligan a una rehabilitación o reconstrucción. En este sentido, es necesario promover una adecuada gestión que proporcione y mantenga los pavimentos en condiciones aceptables para los usuarios al menor coste.

La gestión de pavimentos tiene como objetivo fundamental la utilización de información segura y consistente para el desarrollo de criterios de decisión, planteamiento de alternativas realistas de inversión y contribución a la eficiente toma de decisiones. Por tanto, un Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) eficiente es aquel capaz de mantener la red de carreteras en un nivel de servicio aceptable, permitiendo bajos costes a sus usuarios y utilizando el menor presupuesto posible, sin afectar de manera significativa al medio ambiente, a la seguridad vial y a las actividades de la sociedad. Entre las diferentes etapas o fases de las que consta un SGP, se deben destacar tres operaciones fundamentales: (i) la evaluación de la condición del pavimento; (ii) la predicción de la condición del pavimento; y (iii) la priorización de actuaciones de acuerdo a ciertos objetivos y restricciones.

Por tanto, para garantizar un adecuado estado de nuestras carreteras es necesario, en primer lugar, identificar y cuantificar los deterioros y defectos que existen en el firme con el objetivo de realizar una correcta evaluación de la condición del pavimento. Para ello, existen dos tipos de inspección: (1) inspección mediante auscultaciones e (2) inspección visual. Mientras que la inspección mediante auscultaciones está basada principalmente en indicadores objetivos obtenidos a través de ciertos instrumentos de medida estándar, la inspección visual se lleva a cabo mediante la experiencia profesional de técnicos que evalúan el estado del pavimento a partir de su apariencia, lo que introduce cierta subjetividad en la evaluación del daño.

A pesar de dicha subjetividad, en entorno urbano el método más común de inspección es el visual, debido, principalmente, a la dificultad de obtener indicadores objetivos en un entorno caracterizado por la presencia de intersecciones, variaciones significativas de la velocidad de circulación y fluctuaciones importantes del tráfico. Para minimizar dicha subjetividad, esta debe basarse en criterios lo más sencillos posible. Para ello, un apoyo fundamental son los catálogos de firmes o manuales en los que aparecen los tipos de deterioros con imágenes, descripciones y modos de cuantificación.

Por tanto, es esencial conocer las principales tipologías de deterioros y defectos que pueden originarse en los firmes urbanos flexibles, semiflexibles y semirrígidos con el fin de realizar una adecuada evaluación de la condición del pavimento para llevar a cabo eficientemente la priorización de actividades de rehabilitación y mantenimiento en la red vial de un determinado municipio o ciudad y, de esta manera, obtener el máximo beneficio social y medioambiental con un presupuesto limitado.

4 Estructura del firme

Para entender adecuadamente las diferentes categorías de deterioros que se presentan en las secciones posteriores, es necesario que recuerdes qué es el firme de una carretera y de qué capas está compuesto (Figura 1). En este sentido, el firme es un conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados y, generalmente, tratados, que constituye la superestructura de la plataforma y tiene por objetivo resistir las cargas del tráfico y permitir que la circulación tenga lugar con seguridad y comodidad.

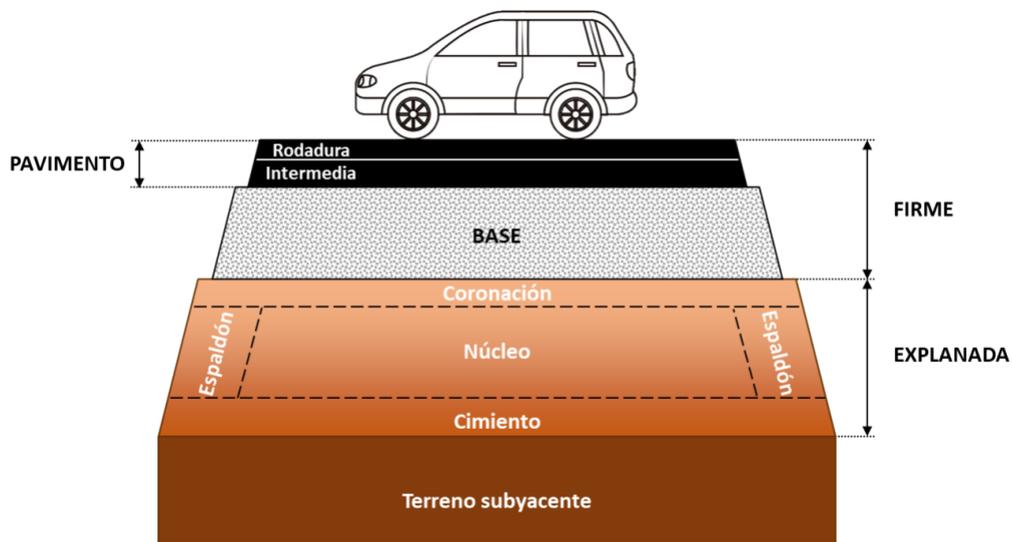


Figura 1. Estructura del firme.

Habitualmente, el firme está formado por tres capas: (i) rodadura, (ii) intermedia y (iii) base. Las dos primeras componen el pavimento, que recibe directamente las cargas del tráfico y aporta las características funcionales o superficiales del firme como, por ejemplo, resistencia al deslizamiento o regularidad superficial. Por otro lado, la capa de base tiene función puramente resistente, es decir, trata de soportar las presiones transmitidas por los vehículos, evitando que lleguen a la subbase presiones superiores a su capacidad estructural.

Los firmes se clasifican en flexibles, semiflexibles, semirrígidos y rígidos. Los firmes flexibles y semiflexibles son aquellos compuestos por una capa de mezcla bituminosa sobre capas granulares no tratadas. Cuando el espesor de la capa de mezcla bituminosa es inferior a 15 cm el firme es flexible, mientras que si tiene un espesor mayor el firme es semiflexible. Por otro lado, los firmes semirrígidos son aquellos compuestos por un pavimento bituminoso de cualquier espesor sobre una o más capas tratadas con conglomerantes hidráulicos de espesor igual o superior a 20 cm. Por último, cuando se dispone de un pavimento de hormigón sobre una capa de zahorras el firme es rígido.

5 Tipologías de deterioros

Los distintos tipos de deterioros o daños más comunes que se pueden presentar en pavimentos flexibles, semiflexibles y semirrígidos urbanos los podemos clasificar en cuatro grandes categorías: (i) agrietamiento, (ii) degradación del material de la capa de rodadura, (iii) degradación de la capa de rodadura sin degradación de material y (iv) otro tipo de daños (Figura 2).

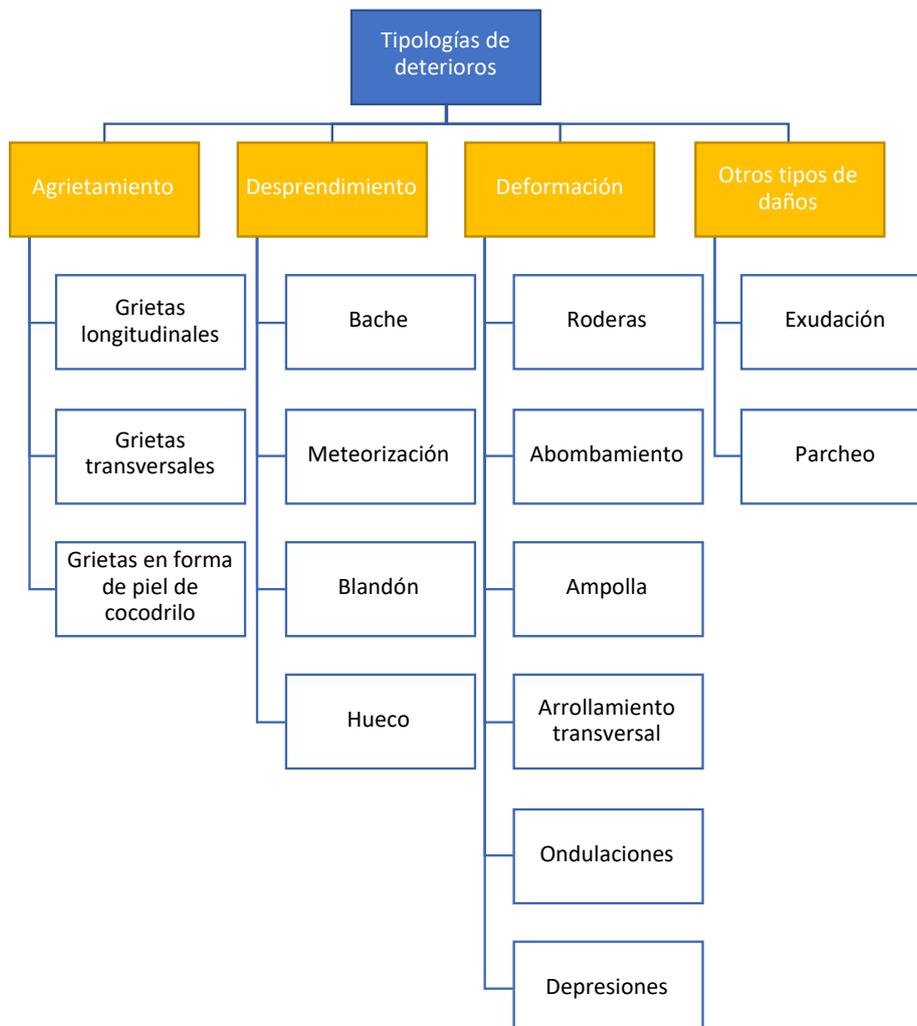


Figura 2. Tipología de deterioros.

Una vez estudies los diferentes tipos de deterioros serás capaz de identificarlos rápidamente y saber qué actividades de mantenimiento son más eficientes para mantener las carreteras o calles de tu municipio o ciudad en buen estado, asegurando una conducción cómoda y segura para los usuarios.



A pesar de que todavía no conoces las diferentes tipologías de deterioros, es hora de identificar daños en una sección de calle de tu municipio o ciudad. Para ello, sigue los siguientes pasos

1. *Con ayuda de Google Earth selecciona una determinada calle o sección de la misma.*
2. *Identifica diferentes tipos de daños que veas en su superficie.*
3. *Intenta clasificar dichos deterioros en las categorías enumeradas anteriormente.*

5.1 Agrietamiento

El agrietamiento se caracteriza por la aparición de grietas en la capa de rodadura producidas por la fatiga y el envejecimiento del betún. Por tanto, esta tipología de deterioros se produce por un fallo estructural del firme. Podemos diferenciar entre:

- Grietas longitudinales: grietas en dirección del tráfico (Figura 3a).
- Grietas transversales: grietas transversales a la dirección del tráfico (Figura 3b).
- Grietas en forma de piel de cocodrilo: grietas interconectadas que producen una malla que simulan la piel de un cocodrilo (Figura 3c).



(a) Grietas longitudinales.



(b) Grietas transversales.



(c) Grietas en piel de cocodrilo.

Figura 3. Agrietamiento.

Mientras que las grietas longitudinales y transversales se cuantifican en unidades lineales (m) y su grado de severidad se determina en función de la anchura de las grietas, las grietas en forma de piel de cocodrilo se cuantifican en unidades de superficie (m^2) y su severidad depende de si van acompañadas de otra tipología de daño o no.

Actividades de rehabilitación y mantenimiento



Grietas longitudinales y transversales:

- Con severidad baja o media (<20 mm de abertura de grieta): ejecución del sellado de las grietas con betún caucho.
- Con severidad alta: fresado de la superficie con cajón de 50 cm y posterior reposición manual con aglomerado.

Grietas en piel de cocodrilo

- Con severidad media (sin otros daños adyacentes): refuerzo del firme mediante recrecido del pavimento.
 - Con severidad alta: demolición del firme y reposición mediante 20 cm de zahorra, 20 cm de hormigón HM20 para capa de base y 6 cm de mezcla bituminosa.
-

5.2 Desprendimiento

El desprendimiento es la degradación o desaparición de parte del material que compone la capa de rodadura. Entre los diferentes tipos de deterioros debemos destacar los siguientes:

- Bache: cavidad localizada de forma y tamaño irregular con pérdida de materiales de pavimento y firme, avanzando dicho deterioro, tanto en superficie como en profundidad, si no se actúa a tiempo (Figura 4a).
- Meteorización: pérdidas localizadas de la mezcla bituminosa de la capa de rodadura dejando al descubierto la capa intermedia o la capa de base y, también, pérdidas localizadas de los tratamientos superficiales dejando a la vista la base de piedra machacada o macadam (Figura 4b).
- Blandón: hundimiento localizado de una zona de la calzada, generalmente mal drenada con materiales plásticos y deformables en las capas inferiores, donde en superficie aparecen degradaciones importantes, deformaciones o desplazamiento de materiales (Figura 4c).
- Hueco: depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0,90 m y con forma de tazón (Figura 4d).



(a) Bache.



(b) Meteorización.



(c) Blandón.



(d) Hueco.

Figura 4. Degradación del material de la capa de rodadura.

Todas estas tipologías de daños se miden en unidades superficiales (m²). En cuanto a su origen, mientras que el bache y la meteorización se deben a un fallo superficial ligado a la degradación del material que compone la capa de rodadura o intermedia, tanto el blandón como el hueco son originados por fallos estructurales de la capa de base.

Actividades de rehabilitación y mantenimiento



Blandones y huecos

Levantamiento de todo el firme hasta encontrar el origen del problema, sanearlo y restituir puntualmente el firme. Su coste es mayor que la rehabilitación y mantenimiento del bache y la meteorización.

Bache

Parqueo de una o varias capas en función de su severidad.

Meteorización

- Severidad baja: refuerzo del firme mediante recrecido del pavimento
- Severidad alta: demolición del firme y reposición mediante 20 cm de zahorras, 20 cm de hormigón HM20 para capa de base y 6 cm de mezcla bituminosa.

5.3 Deformación

En esta categoría de daños se engloban aquellos deterioros que producen una deformación de la capa de rodadura debido a fallos estructurales de la capa de base, pero no existe degradación del material de dicha capa. Entre los deterioros más comunes cabe destacar:

- Roderas: Deformaciones de una o varias capas de firme causadas principalmente por el paso de las cargas de tráfico y altas temperaturas. Estas deformaciones provocan ondulaciones transversales o surcos paralelos al eje de la vía (Figura 5a).
- Abombamiento: Protuberancia o cordón localizado y paralelo al sentido del tráfico que se forma por fluencia del material del firme flexible sobre todo en zonas de frenado, con cresta pronunciada y peligrosa para el tráfico (Figura 5b).
- Ampolla: similar al anterior, pero producido por causas distintas. Específicamente, esta deformación se debe a un mal extendido de la mezcla bituminosa (Figura 5c).
- Arrollamiento transversal: aparece, habitualmente, en zonas de frenado próximas a pasos de peatones, paradas de autobuses o semáforos (Figura 5d).
- Ondulaciones longitudinales y transversales: Deformación a lo largo de la vía con crestas y valles de pequeña altura y profundidad en dirección longitudinal o transversal, según el caso (Figura 5e).
- Depresiones o hundimientos: Alteraciones de nivel localizadas en el firme que pueden crear desniveles importantes y bruscos, formando ondulaciones alargadas o tener los lados agrietados como consecuencia de los asentamientos del terreno (Figura 5f).



Figura 5. Deformación de la capa de rodadura sin degradación de material.

Cabe destacar que estos tipos de deterioros se miden en unidades superficiales (m^2) y no tienen habitualmente definidos diferentes grados de severidad.

Actividades de rehabilitación y mantenimiento



Roderas, abombamiento y ondulaciones

Refuerzo del firme a través de la demolición de la superficie afectada y reposición mediante 20 cm de zahorras, 20 cm de hormigón HM20 para capa de base y 6 cm de mezcla bituminosa.

Ampollas y arrollamiento transversal

Restitución de la capa de rodadura.

Las zonas propensas a sufrir arrollamientos transversales suelen ser protegidas con slurry sintético.

Depresiones

Demolición puntual del daño, excavación manual o en cata hasta descubrir la causa u origen del hundimiento, relleno con gravas hasta la base del firme, extendido de zahorras y hormigón y reposición del pavimento. Adicionalmente, se podría requerir la reparación de los servicios afectados.

5.4 Otros tipos de daños

Otros deterioros comunes en pavimentos urbanos son la exudación y el parcheo. Por un lado, la exudación se caracteriza por la presencia excesiva de ligante en zonas de la superficie de la calzada por donde pasan frecuentemente los neumáticos, apareciendo generalmente en épocas más calurosas con aspecto negro y brillante (Figura 6a). Por otro lado, el parcheo es aquella superficie de pavimento que ha sido remplazada con material nuevo para reparar el pavimento actual (Figura 6b).



(a) Exudación.



(b) Parqueo.

Figura 6. Otro tipo de daños.

Ambos tipos de daños se miden en unidades de superficie (m^2) y, a pesar de que la exudación no presenta diferentes grados de severidad, para el parcheo se definen dos niveles de severidad en función de la superficie de calle o sección de calle afectada, baja ($< 30\%$) y alta ($> 30\%$).

Actividades de rehabilitación y mantenimiento



Tanto la exudación como el parcheo son usualmente rehabilitados mediante la reposición de la capa de rodadura.



Ahora que ya conoces los distintos tipos de daños que pueden originarse en los pavimentos urbanos, identifica qué tipologías detectaste en el ejercicio anterior. ¿Les asignaste la categoría adecuada?

6 Conclusión

En este documento hemos estudiado los diferentes tipos de deterioros que están presentes en los pavimentos urbanos, así como las distintas actividades de rehabilitación y mantenimiento ligados a cada uno de ellos.

Recuerda que la tarea de identificación de daños en el pavimento es crucial en la gestión de cualquier red de carreteras, ya sea urbana o interurbana, con el fin de determinar la condición del pavimento y priorizar las actuaciones de rehabilitación y mantenimiento.

Ahora es tu turno, si identificas cualquier tipo de daño que creas que puede suponer un riesgo para los usuarios de la vía deberías comunicárselo a la autoridad competente (Ayuntamiento, Consejería o Diputación).



Ahora que ya tienes un amplio conocimiento en cuanto a los deterioros en pavimentos urbanos, ¿cuál es tu opinión sobre la aplicación de técnicas de aprendizaje profundo o Deep Learning para la identificación de deterioros a través de imágenes?

Para ello, visualiza el siguiente vídeo:

<https://www.youtube.com/watch?v=kGg-QAcHKkw&t=36s>

7 Bibliografía

AASHTO (2011). "Transportation Asset Management Guide: A Focus on Implementation", Ed. American Association of State Highway and Transportation Officials, Federal Highway Administration, Washington, DC.

Fwa, T. F., Chan, W. T., y Hoque, K. Z. (2000). "Multiobjective optimization for pavement maintenance programming" en *Journal of Transportation Engineering*, vol. 126, issue 5, p. 367-374.

Hajj, E. Y., Ioria, I., & Sebaaly, P. E. (2010). "Performance evaluation of asphalt pavement preservation activities" en *Transportation Research Record*, vol. 2150, issue 1, p. 36-46.

Kraemer, C., Pardillo, J. M., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V., y del Val, M.A. (2004). "Ingeniería de Carreteras", Vol. II., Ed. McGraw Hill, Madrid.

Ministerio de Fomento (2003). "Norma 6.1-IC «Secciones de firme» de la Instrucción de Carreteras", ORDEN FOM/3460/2003, Ministerio de Fomento, Madrid.

Wang, H., Chen, Z., y Sun, I. (2013). "Pavement roughness evaluation for urban road management" en *ICTE 2013: Safety, Speediness, Intelligence, Low-Carbon, Innovation*, p. 2709-2713.