

PATOLOGÍAS DE LOS PAVIMENTOS.

ENTREGA 03.

Andrés Costa

Miembro Comité Revista Asfalto y Pavimentación

5.2. - Patología de hundimientos

5.2.1. - DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Los hundimientos se caracterizan por tratarse de diferencias de nivel localizadas en la rasante de la carretera o superficie de rodadura. Ocasionalmente pueden generar desniveles importantes y bruscos, con escalonamiento, lo cual puede ir unido a otro tipo de deterioros (fisuración, etc.).



Figura 15. Hundimiento con escalón y zona agrietada.

5.2.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Las principales razones que pueden originar esta patología suelen ser achacables al proceso constructivo o de diseño y son las siguientes:

- Falta de compactación de las capas asfálticas o de las capas inferiores.



Figura 16. Asiento por postcompactación tras junta transversal de inicio de capa defectuosa.

- Deterioros localizados por defectos en el drenaje.



Figura 17. Hundimiento localizado por defecto del drenaje.

- Fallos localizados en terraplenes.



Figura 18. Hundimiento por fallo en el terraplén.

- Asientos en rellenos de transición a obras de fábrica.



Figura 19. Hundimiento en la entrada a una obra de fábrica (asiento del trasdós).

- Fallos en el terreno natural o del relleno de asiento del firme.



Figura 20. Hundimiento por asentamiento del terreno natural.

- Asientos de rellenos localizados en reparaciones de servicios (rellenos de zanjas)



Figura 21. Hundimiento por consolidación de relleno de zanja.

- Asientos por descalce de las losas en capas inferiores tratadas con cemento.

5.2.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN USUARIO

Los problemas fundamentales asociados a este deterioro son:

- **Pérdida de la adherencia neumático-pavimento.**
- **Pérdida de control de la dirección del vehículo.**
- **Acumulación de agua en momentos de lluvia, que puede provocar hidropneumático.**
- **Suelen provocar movimientos bruscos y frenazos inesperados, lo cual favorecen la accidentabilidad.**
- **Este tipo de defecto provoca un deterioro acelerado de la vía y daños en los vehículos.**

5.2.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

La reparación de este tipo de defectos debe ir unida a un análisis de las causas que lo han provocado, así como de su evolución en el tiempo.

Si el deterioro es debido a una falta de compactación de las capas superiores del firme, lo primero es valorar si ya se encuentra estabilizado. En el caso de que sea así, la reparación consiste en recuperar la rasante, rellenando el hundimiento con mezclas bituminosas. Si se observa que aún no ha terminado de asentarse y representa un riesgo para la seguridad vial, deberán fresarse las capas afectadas y reponerlas con mezclas asfálticas, adecuadamente compactadas, recuperando así la rasante.

Si los deterioros son debidos a falta de compactación en los rellenos, problemas de drenaje o fallos en el terreno de apoyo, es preciso analizar las causas que lo han provocado:

- **Fallos en el sistema de drenaje. Pueden ser debidos a roturas o a errores en el dimensionamiento.**
- **Fallos en el comportamiento del relleno. Pueden ser debidos a errores de compactación durante la construcción, entrada de agua por errores en el diseño o consolidación diferida del material empleado en el relleno**
- **Fallos en el terreno de apoyo. Pueden deberse a falta de saneo o tratamientos inadecuados del terreno de apoyo o a errores en el diseño.**

En primer lugar es preciso definir correctamente la causa, analizar si el proceso se encuentra estabilizado o no, y reparar la causa inicial (sustitución y/o complemento del sistema de drenaje, asegurar los taludes del relleno, refuerzo de los rellenos o del terreno de apoyo,...). Una vez solucionada la causa principal, se actuará sobre el hundimiento reponiendo con mezclas asfálticas para recuperar la rasante o, si el hundimiento es muy profundo, fresando y reponiendo.

Cuando el hundimiento se ha producido por un problema en alguna capa del firme tratada con cemento, la reparación es complicada porque hay que llegar a la capa de apoyo de la capa tratada y reponer el apoyo de la losa descalzada. Si son fallos generalizados puede optarse por inyecciones controladas de relleno de huecos o reconstrucción localizada de las zonas deterioradas. Si el fallo es generaliza-

do, la solución suele pasar por la rehabilitación con técnicas de reciclado.

5.2.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Las actuaciones preventivas encaminadas a evitar hundimientos en calzada van asociadas tanto al análisis del diseño de los rellenos, sistema de drenaje y firme, como a la adecuada compactación en construcción.

Actuaciones sobre el diseño.

Es preciso revisar las condiciones de los terrenos de apoyo, las características de los materiales empleados en la construcción de rellenos y el diseño de los sistemas de drenaje para comprobar que las condiciones supuestas se corresponden con las condiciones reales.

Actuaciones sobre la construcción

Para evitar la aparición de hundimientos debidos a defectos constructivos es necesario extremar los controles de compactación, debiendo ser estricto en el cumplimiento de los porcentajes de compactación exigidos, tanto en los rellenos como en las capas de firme; deben extremarse las precauciones en los rellenos localizados en transiciones a obras de fábrica en cuanto a calidad del material, espesor de tongada, medios de compactación y densidad aceptable, pues es donde es más difícil alcanzar las compactaciones exigidas y la diferencia de rigidez con la obra de fábrica facilita que se produzcan hundimientos por consolidación diferida del relleno localizado.

Especial atención debe prestarse a la adecuada ejecución del drenaje, ya que un mal funcionamiento de éste se encuentra en el origen de numerosos deterioros

Cuando la patología se debe a capas inferiores del firme tratadas con cemento, además de la construcción de las capas tratadas sobre apoyos no erosionables, es importante un sellado inmediato de las fisuras para evitar el acceso del agua a la base de la capa tratada.

5.3. - Patología de blandones

5.3.1. - DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

El blandón es un asiento localizado y perfectamente perceptible de la superficie de la calzada, debido a una pérdida de la capacidad portante por fallo en las capas inferiores del pavimento.



Figura 22. Blandón donde se aprecia el hundimiento.

Cuando llueve, suele estar encharcado y con el agua turbia, por el fenómeno de ascenso de finos desde las capas granulares que han fallado o de las capas tratadas con cemento por las fisuras reflejadas. Estos finos van contaminando, con el paso de las cargas, las capas superiores a la que ha fallado, llegando incluso a la superficie de rodadura.

En el caso de finos procedentes de capas tratadas con cemento, suele dar lugar a escalonamientos, que sería una patología incluida en el apartado anterior 5.2.



Figura 23. Blandón en el que se aprecia el bombeo de finos.

5.3.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA

Es una patología muy frecuente en las carreteras, que se produce cuando el agua se introduce en las capas granulares inferiores del firme, con presencia de materiales plásticos y con baja capacidad de soporte, provocando el hundimiento de la zona afectada. Se aprecia fácilmente de forma visual en la superficie de la carretera.

Este defecto se produce por la acción aislada o conjunta de algunos de los siguientes factores:

- Presencia de agua en las capas inferiores del firme o la

explanada, debido a un drenaje deficiente o entrada de agua masiva por rotura de canalizaciones, en el caso de vías urbanas.

- Materiales en estas capas inferiores demasiado plásticos, debido a la presencia de arcillas.
- Mala ejecución de estas capas, formadas por materiales heterogéneos o mal compactados.
- Degradación de la explanada y/o sub-base, por agotamiento, con la consiguiente pérdida de capacidad de soporte.



Figura 24. Firme con problemas de drenaje.

5.3.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN USUARIO

La aparición de un blandón implica un peligro para la comodidad y seguridad del usuario, produce el deterioro inmediato de todas las capas del firme y, en caso de no corregirse a tiempo, supone una nueva vía de entrada de agua al resto de la plataforma que puede provocar mayores deterioros en otras zonas de la carretera.

La zona del firme afectada pierde las características superficiales y la capacidad estructural, ocasionando la incomodidad del usuario y pudiendo suponer un peligro para la seguridad vial.

Provoca el hundimiento localizado de la calzada lo cual es especialmente peligroso en días de lluvia y siempre para los motociclistas.



Figura 25. Distintos grados de desarrollo de un blandón, afectando, en cada caso, de distinta manera a los usuarios.

5.3.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

La reparación de un blandón consiste en el correcto y completo saneo de las capas y zonas que han fallado, previa resolución de los problemas de drenaje en la zona de actuación, mediante la disposición del sistema de drenaje subterráneo, si fuera necesario.

Las fases a seguir son las siguientes:

- **Marcaje de los límites del blandón**
- **Corte de los bordes**
- **Levantamiento por capas**
- **Limpieza de paredes y fondo**
- **Relleno capa a capa**
- **Compactación**
- **Terminación superficial**

Para ello, debe procederse a la excavación y drenaje de la zona, retirando el material que ha fallado, con un margen suficiente en las tres dimensiones (longitud, anchura y profundidad), y una excavación con forma rectangular, con las paredes verticales y dejando escalones entre las distintas capas, para asegurar la eficacia total de la reparación y compactación. Se recomienda un sobrancho de 20 cm en todas las dimensiones.

Es conveniente sanear alrededor de la zona afectada, llegando hasta donde haya material que tenga estas mismas características para evitar su posterior fallo y provocar la aparición de un nuevo blandón a corto o medio plazo.



Figura 26. Saneo de la zona afectada.

Posteriormente, se volverán a rellenar las capas retiradas, por tongadas, adecuadamente compactadas, y con materiales similares a los retirados, pero de calidad adecuada, con el objeto de reponer el tipo de firme inicial, para que su comportamiento sea similar al del resto de la carretera, y no se creen puntos heterogéneos en el firme.

En el caso de materiales granulares, pueden reutilizarse los materiales retirados, previa estabilización con cal o cemento, siempre y cuando se asegure la corrección completa de los problemas de partida: plasticidad, expansividad y capacidad de soporte.

Cuando se empleen materiales de aportación, se asegurará que estos no tengan problemas geotécnicos ni resistentes, como los que dieron lugar al blandón.

Finalmente, se repondrán las capas del pavimento con materiales de similares características y prestaciones a los colocados en el resto de la carretera.

Es muy importante realizar adecuadamente los riegos necesarios de imprimación y adherencia. El riego de adherencia entre capas de mezcla bituminosa deberá realizarse también en la base y paredes del rectángulo de la zona excavada.

Cuando una zona de blandón se sana de manera insufi-



Figura 27. Blandón mal saneado y que se ha reproducido.

ciente, por ejemplo retirando solo la o las capas bituminosas, sin sanear la parte granular contaminada inferior, se suele producir de nuevo el blandón.

5.3.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Los blandones son asientos localizados que se presentan con cierta frecuencia, tanto en el firme como en las capas inferiores y la plataforma.

Este tipo de deterioros se evitan durante la fase de construcción, controlando bien los materiales que se colocan en las explanadas y bases de los firmes, su adecuada ejecución (compactación y estabilización), y disponiendo de los sistemas de drenaje necesarios. Además, si se detectan, en la fase de construcción, zonas que ya presentan este problema, se

actuará saneándolas antes de seguir con construyendo las capas superiores del firme.

Una adecuada campaña de auscultación de la carretera, especialmente de las capas inferiores del firme y de la explanada mientras se va construyendo, permite la detección de zonas blandas en las que, en un futuro, se producirían estos blandones.

Los trabajos habituales de conservación ordinaria de los firmes, incluyen la detección y reparación a tiempo de este tipo de patología.

5.4. - Patología de ondulaciones

5.4.1.- DESCRIPCIÓN DE LA PATOLOGÍA

Esta patología consiste en unas deformaciones del perfil longitudinal, en forma de ondas transversales al eje de la vía, paralelas y regulares, con crestas y valles regularmente espaciados a distancias cortas o muy próximas.

En algún caso se pueden acompañar de roturas semicirculares o curvadas, en forma de media luna, pero sensiblemente transversales a la carretera.

El término "Ondulación" de esta se correspondería con los de "Corrugation" (rizadura) o "Shoving" (arrollamiento) que aparece en otras Guías o catálogos de patologías en la literatura de habla inglesa.

Cada aplicación de carga produce una deformación vertical y otra horizontal. Parte de estas deformaciones son elásticas y se recuperan al desaparecer la carga aplicada, otra parte produce deformaciones plásticas que se acumulan y pueden llegar a producir deformaciones permanentes que modifican las características del firme construido. La rotura por fatiga se produce cuando la acumulación de daños sucesivos generados por la deformación tangencial que en la cara inferior de la capa de mezcla bituminosa produce cada ciclo de carga debido al paso del tráfico, supera un cierto valor característico de la mezcla bituminosa fabricada.

Las condiciones climatológicas (agua de lluvia y cambios de temperatura) afectan a las mezclas produciendo su envejecimiento y rigidización, pudiendo producirse un agrietamiento superficial de las mezclas por retracción y por los esfuerzos de tracción superficiales producidos por las cargas del tráfico.

Clasificación

Se clasifican en dos grandes grupos, las ondulaciones repetitivas o secuenciales y las aisladas o arrollamientos, que se describen a continuación.

a) Ondulaciones secuenciales

En una primera clasificación, que es útil para identificar la causa que dio origen a la aparición del defecto, se atiende a la longitud de onda.

Así tendremos:

- Rizaduras u ondulaciones de onda muy corta (centimétrica) y de poca profundidad.
- Rizaduras de onda corta (decimétrica).
- Ondulaciones de onda media (en el entorno del metro, desde varios decímetros hasta 1.5 metros) de profundidad ya acusada.

Ejemplos de las mismas se presentan en las figuras siguientes:

b) Ondulaciones aisladas o arrollamientos



Figura 28. Rizadura de onda muy corta (centimétrica).



Figura 29. Rizadura de onda corta.

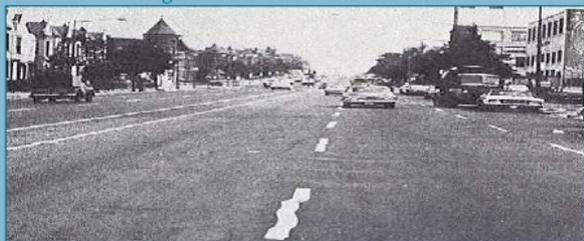


Figura 30. Ondulaciones de onda media.



Figura 31. Ondulaciones de onda media de mayor amplitud.

Son patologías que se presentan en forma de onda transversal muy acusada, aislada, como un arrollamiento, pero más individualizada.

Aquí se asocia, a veces a una rotura semicircular o en arco de la capa (similar a las denominadas GRIETAS PARABÓLICAS). A veces también se pueden confundir con la patología de roderas localizadas, pero son claramente diferentes de aspecto y origen.

5.4.2 CAUSAS DE LA PATOLOGÍA



Figura 32. Arrollamientos.

a) Originadas en la construcción o a edades muy tempranas.

En este grupo tendremos las ondulaciones de onda corta o muy corta, de baja severidad, poco profundas, con una

distribución muy regular, en general tienen su origen en la etapa de construcción del firme.

Las de onda muy corta, de tipo centimétrico (rizaduras), pueden provenir de una compactación defectuosa, con un empleo inadecuado de los rodillos vibrantes bien por excesiva velocidad de éstos o bien, por empleo de una frecuencia escasa en relación con la velocidad.

Las ondulaciones de onda corta, con una longitud de onda de varios decímetros, pueden haber sido provocadas por el sistema de nivelación de la regla de extendido y deberse a:

- Excesiva sensibilidad de los palpadores (patines) o sensores de adquisición de datos de la referencia de rasante del sistema de nivelación de la extendidora, provocando una continua y excesiva actividad y actuación sobre la regla, dando lugar a pequeñas ondulaciones.
- Redundancias no coherentes en los datos adquiridos por el sistema de nivelación, que dan lugar a coacciones en el movimiento vertical de la regla. El plano de la regla se fija con dos parámetros, bien dos cotas o bien una cota y un peralte. Si hay más de dos datos o se impide el libre movimiento de la regla el sistema puede tener un funcionamiento anómalo. Por ejemplo, cuando en el extendido la regla solapa y se apoya en una calle ya extendida, pero no se emplea ésta como referencia de nivelación, sino otra referencia independiente (peraltímetro o regla larga de nivelación midiendo sobre la calle subyacente, etc). En este caso, si el sistema intenta que baje la regla y ésta no puede obedecer en el lado del solape, porque se lo impide la superficie en que se apoya, se pueden producir ondulaciones de menos de 1 metro de longitud de onda, por los repetidos intentos del sistema en corregir la posición de la regla.

b) Ondulaciones formadas después de la puesta en servicio

Suelen estar causadas por:

- La acción del tráfico, asociadas a zonas de frenado o aceleración brusca.
- Circulación lenta de vehículos pesados en rampas.
- Zonas de frenado en intersecciones o glorietas, especialmente en curvas.

Combinadas con:

- Mezcla plástica o inestable por excesivo contenido de

ligante contaminación de éste, diseño o puesta en obra defectuosa, reducido contenido de huecos, áridos redondeados, etc....

- Excesiva humedad en la explanada o subbase granular de apoyo.
- Deficiencias en la uniformidad de compactación en la capa en la etapa de construcción, que se amplifican con la postcompactación debida al tráfico.

Aunque las causas de estas ondulaciones son similares a las que producen las roderas vistas en el punto 5.1 de este Entregable, se diferencian de estas porque las deformaciones se producen en el sentido transversal a la marcha de los vehículos, mientras que las roderas se producen longitudinalmente en el sentido de avance de los vehículos.

5.4.3 INCIDENCIA DE LA PATOLOGÍA EN LA VÍA Y EN USUARIO

Las ondulaciones de onda corta o muy corta, de baja severidad, es decir poco profundas, con una distribución muy regular, fundamentalmente afectan al confort de rodadura, induciendo una molesta vibración.

Esta vibración, que a determinadas velocidades puede amplificarse por resonancia, puede tener otros efectos sobre la seguridad, en cuanto hace que el trabajo de la amortiguación del vehículo tenga que ser mayor para mantener un continuo contacto rueda-pavimento y sobre la longevidad mecánica del sistema suspensión.

También hace que los efectos dinámicos provocados amplifiquen las cargas de tráfico pesado, induciendo mayores sollicitaciones al firme que se traducen en una degradación más acelerada del IRI y una menor durabilidad final.

Las ondulaciones de onda más larga y las aisladas o arrollamientos, producen efectos similares, en cuanto a amplificación dinámica de las cargas de tráfico y sus efectos sobre la degradación del IRI y la durabilidad, aunque esos efectos suelen ser más graves que en el caso de las rizaduras, en cuanto su severidad (amplitud de onda o profundidad) suele ser mayor.

Sobre el usuario además de afectar al confort de circulación, puede en caso de severidad media o alta y en función de la velocidad y otros factores de la vía (lluvia, por ejemplo) tener repercusiones más serias en cuanto a pérdida de adherencia o llegar incluso a afectar a la trayectoria del vehículo.

Asimismo, en estos casos supone un riesgo para la longevidad mecánica del vehículo.

5.4.4 REPARACIÓN DE LA PATOLOGÍA

En primer lugar hay que evaluar la ondulación producida y de qué tipo es, para ello se dispone de los Métodos de medida y evaluación siguientes:

a) Métodos de medida y evaluación de las ondulaciones secuenciales

Para evaluarlas, además de tener presente la afección que producen en el IRI, se mide la profundidad media de una serie de ondas y la densidad de éstas.

Con ese valor de profundidad media (diferencia de cota

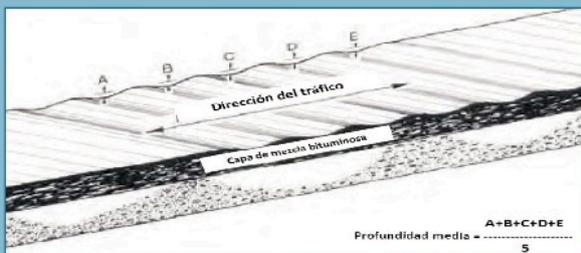


Figura 33. Medida de la profundidad media de una serie de ondulaciones.

de cresta a valle) se clasifica en tres niveles de severidad o gravedad para su reparación:

- De baja severidad, con una hm < 5 mm.
- De severidad media, con hm entre 5 y 10 mm.
- De severidad alta, cuando hm supera los 10 mm.

b) Métodos de medida y evaluación de las ondulaciones aisladas o arrollamientos.

Para evaluarlas se mide la profundidad del arrollamiento como se ve en el esquema que sigue y la frecuencia o densidad de estos (número de ondas que aparecen por unidad de superficie, m², en el área afectada). Su gravedad o nivel de severidad, se relaciona con la afección que produce en el IRI.

Una vez identificada la causa, si las ondulaciones provienen de la etapa de construcción, como puede ocurrir con las de onda corta o muy corta de severidad baja, que afectan al IRI y confort de marcha, se corrigen con un microfresado de precisión. Para ello, como, a veces, su identificación o localización precisa no es clara, se usa el análisis de la medición de IRI.

Si hay sospechas de diferenciales de densidad que pue-

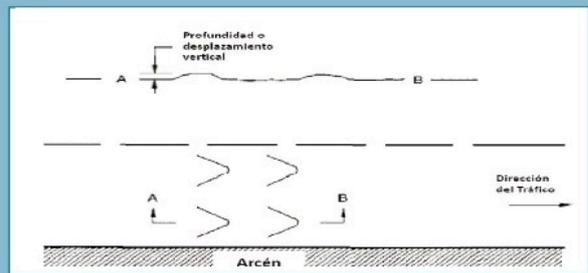


Figura 34. Medida de la profundidad del arrollamiento.

dan reproducir el problema por la postcompactación debida al tráfico, sería adecuada la remoción completa de la capa por fresado y el extendido de nueva mezcla.

En las ondulaciones formadas después de la puesta en servicio aunque hay que profundizar en determinar la causa real, en general este tipo de patologías hay que resolverla con la remoción de la capa por fresado y extendido de nueva mezcla.

En su caso, si la causa radica en alguna de las capas subyacentes y especialmente si procede de la explanada, puede ser precisa también su sustitución, si se prevé que no se ha estabilizado el problema.

5.4.5 ACTUACIONES PREVENTIVAS

Las actuaciones tendentes a evitar esta patología serían:

- Adecuado estudio de la formulación de las mezclas, en cuanto a resistencia a las deformaciones plásticas. Atención especial en este aspecto merecen las situadas en áreas más susceptibles de generar esta patología al combinarse con tráfico pesado canalizado, circulación lenta de vehículos pesados, zonas de frenado en especial en curvas (como accesos a rotondas).
- Capa subyacente con geometría uniforme, sin ondulaciones previas
- Prácticas adecuadas de extendido en cuanto a sistemas de nivelación de la regla
- Prácticas adecuadas de compactación, en cuanto a velocidad y frecuencia de vibración de los rodillos vibratorios y uniformidad de densificación de la capa.
- Adecuado drenaje de las capas granulares subyacentes y explanada.