



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

METODOLOGÍA DE BACHEO CON MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO

Bruno López¹, Vinicio Serment², Juan Mares³, Miguel Barragan⁴, Emma Campos⁵

¹ Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México, México, bruno.lopez@sct.gob.mx

² Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México, México, vserment@sct.gob.mx

³ Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México, México, jmares@sict.gob.mx

⁴ Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México, México, vazqui.angel.11@gmail.com

⁵ Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México, México, emmalau.campos@outlook.com

Resumen

La conservación de los pavimentos asfálticos en México es un aspecto fundamental en la infraestructura vial para garantizar su buen estado y prolongar su vida útil. La aparición de deterioros superficiales, tales como baches, son provocados por diversos factores, como: la falta de mantenimiento del pavimento, el incremento de tránsito vehicular, la selección inadecuada de los materiales utilizados y los procedimientos constructivos deficientes, que pueden ocasionar: el desprendimiento de material, oquedades, grietas, deformaciones, entre otros; afectando así, la capacidad de servicio del pavimento y generando un riesgo potencial para el usuario.

Para atender esta situación, el Gobierno de México mediante la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) a través de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), ha realizado evaluaciones en diferentes mezclas asfálticas en frío, que se han empleado en trabajos de conservación rutinaria de bacheo, como una medida de emergencia previo a una rehabilitación mayor o reconstrucción, dichas evaluaciones se han realizado mediante el Método Marshall (características volumétricas y prueba de estabilidad y flujo), no obstante este se refiere particularmente a mezclas asfálticas en caliente. El problema radica que en México no existen normas que especifiquen los requisitos de calidad para mezclas asfálticas en frío para bacheo.

Al respecto, este artículo presenta la propuesta metodológica que menciona los alcances y limitaciones del uso de estas mezclas, considerando: la ubicación del sitio del bache, levantamiento de deterioros (nivel de severidad), condiciones climatológicas, equipos para la aplicación de bacheo, trabajos previos (señalamientos de protección de obra, delimitación del bache, cortes, fresado y limpieza); tendido, compactación y nivelación, así como medidas de mitigación ambiental y los requisitos de calidad apropiados para las mezclas asfálticas en frío utilizada para bacheo; que ayudaran a desarrollar una actualización en la normativa nacional para la evaluación del desempeño de este tipo de mezclas asfálticas.

Palabras Clave: Metodología, bache, bacheo y desempeño.

1 Introducción

México cuenta con una longitud aproximada de más de 300,000 km de autopistas, carreteras y caminos rurales, por los cuales se trasladan más de cien millones de personas y se transporta un promedio aproximado del 80% de la carga nacional, lo cual construye un factor fundamental y detonante en el desarrollo del país y en la generación de diversas actividades sociales, culturales, comerciales y económicas. Esta importante red de obras viales requiere diversas acciones para lograr mantenerla operando con niveles de servicio adecuados y brindar a los usuarios un trayecto confortable y seguro



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

[1]. La presencia de deterioros en las carpetas asfálticas con frecuencia se debe a diversos factores, tales como un mal diseño de la mezcla, un deficiente proceso constructivo y el incremento del tránsito vehicular [2]. La carpeta asfáltica presenta deterioros denominados “baches”, que son oquedades producto del desprendimiento o desintegración de la mezcla asfáltica compactada que generalmente son clasificados por su nivel de severidad la cual que está en función de su diámetro y profundidad. El conjunto de actividades que se realizan para reparar un bache se le denomina bacheo, existen dos tipos de bacheo, el superficial aislado y el profundo aislado, este artículo está centrado en los trabajos del bacheo realizado con mezclas asfálticas en frío, tomando de referencia las normas N·CSV·CAR·2·02·003, *Bacheo Superficial Aislado* y N·CSV·CAR·2·02·004, *Bacheo Profundo Aislado* [3 y 4].

2. Antecedentes y Análisis de las Mezclas

La Dirección General de Servicios Técnicos realizó evaluaciones a diferentes mezclas asfálticas en frío, que se han empleado en trabajos de bacheo. Se analizaron 6 mezclas asfálticas en frío, 3 de ellas son mezclas prefabricadas con una presentación en costales de 25 kg y 2.0 kg; y las otras 3 son con aditivo rejuvenecedor con agregado 100% RAP. Todas las mezclas se evaluaron con los requisitos de calidad de la Norma Mexicana N·CMT·4·05·003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras* [5] (Tabla 1).

Tabla 1. Requisitos de Calidad

Características	Número de ejes equivalentes de diseño $\sum L$	
	$\sum L \leq 10^6$	$10^6 < \sum L \leq 10^7$
Compactación; número de golpes en cada cara de la probeta	50	75
Estabilidad; N (Ib _r), mín.	5 340 (1 200)	8 000 (1 800)
Flujo; mm (10 ⁻² in)	2 - 4 (8 - 16)	2 - 3.5 (8 - 14)
Vacios en la mezcla asfáltica (VMC); %	3 - 5	3 - 5
Vacios ocupados por el asfalto (VFA); %	65 - 78	66 - 75

2.1 Análisis Granulométrico

De acuerdo con lo establecido en el manual M·MMP·4·04·002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas* [6], se determinó la composición granulométrica de las 6 mezclas, a continuación, se presentan los resultados obtenidos en la Tabla 2 y Figura 1.

Tabla 2. Granulometría de las mezclas

Designación	Abertura nominal	% Que pasa					
		Mezcla 1	Mezcla 2	Mezcla 3	Mezcla 4	Mezcla 5	Mezcla 6
1 1/2 "	37.5	100	100	100	100	100	100
1"	25	100	100	100	100	100	100
3/4"	19	97	100	100	100	100	100
1/2"	12.5	86	99	99	99	98	100
3/8"	9.5	82	89	94	93	91	99
1/4"	6.3	70	72	82	78	72	80
No. 4	4.75	61	62	72	68	60	66
No. 10	2	37	47	42	39	32	38
No. 20	0.855	24	41	26	24	20	32
No. 40	0.425	16	37	12	11	10	26
No. 60	0.25	11	35	7	7	6	22
No. 100	0.15	9	31	3	3	2	13
No. 200	0.075	5	28	1.0	0.9	0.9	6



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

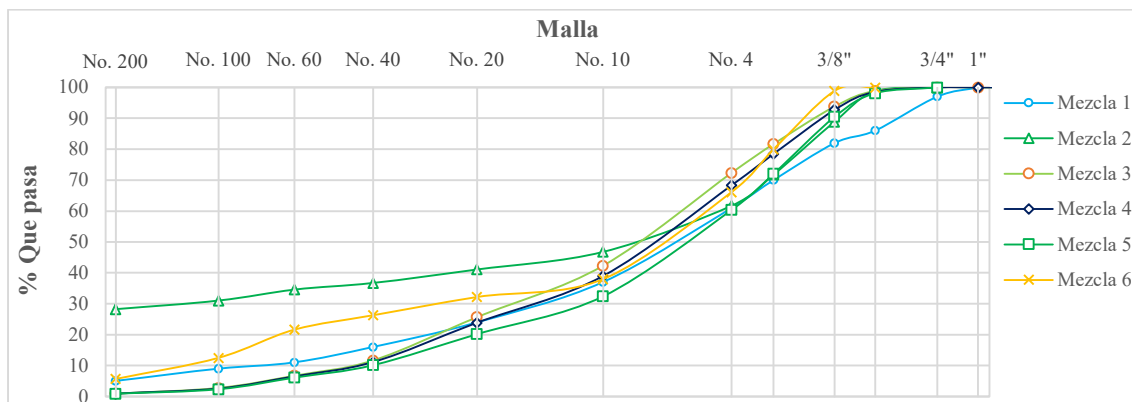


Figura 1. Curvas granulométricas

2.2 Fabricación y Características Volumétricas

Se fabricaron 3 pastillas por cada mezcla, compactadas a 75 golpes por cara y se determinó el volumen de vacíos de aire en la mezcla asfáltica (VMC) con base en los manuales M·MMP·4·05·051/22 *Densidad, Densidad Relativa y Absorción de Mezclas Asfálticas Compactadas No Absorbentes* y M·MMP·4·05·062/22 *Densidad Relativa Teórica Máxima de Mezclas Asfálticas* [7 y 8], la Tabla 3 y Figura 2 muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. Vacíos en las mezclas

Mezcla	VMC (%)
1	4.6
2	3.2
3	9.8
4	13.0
5	15.9
6	10.6
Media	9.5
Desviación estándar	4.9
Coefficiente de variación	0.5

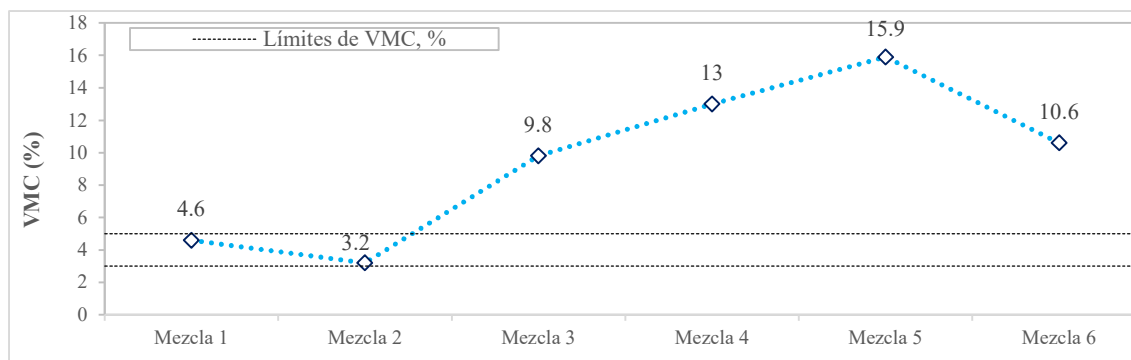


Figura 2. Vacíos en las mezclas

Se observa que las mezclas 1 y 2 están dentro de los límites de VMC, mientras que de la mezcla 3, 4, 5 y 6 se encuentran fuera de estos límites establecidos en la Norma Mexicana N·CMT·05·003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*, así mismo, la media de las mezclas evaluadas fue de 9.5%, indicando que las mezclas de este tipo tienen alta absorción y porcentajes de vacío superior al límite.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

2.3 Estabilidad y Flujo Marshall

Se realizó la prueba de estabilidad y flujo Marshall para conocer la rigidez y plasticidad de las mezclas mediante el método ASTM D6927, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures* [9] los resultados se muestran en la Tabla 4 y Figura 3.

Tabla 4. Estabilidad y Flujo Marshall

Mezcla	Estabilidad (kN)	Flujo (mm)	Relación Marshall
1	2.08	1.81	1.15
2	2.12	8.11 *	0.26
3	3.12	2.88	1.08
4	3.70	3.29	1.12
5	3.65	3.81	0.96
6	2.20	2.13	1.03
Media	2.8	2.8	0.9
Desviación estándar	0.8	0.8	0.3
Coefficiente de variación	0.3	0.3	0.4

* Valor atípico

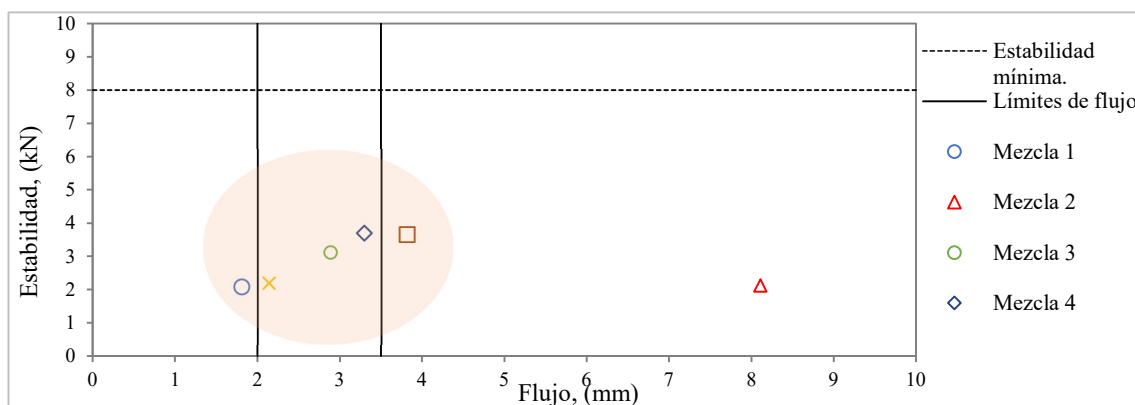


Figura 3. Estabilidad y Flujo Marshall

Se observa que ninguna mezcla alcanza la estabilidad mínima de 8 kN solicitado en la Norma Mexicana N-CMT-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*, mientras que el flujo de la mezcla 2 tiene un valor de 8.11 mm, debido a su comportamiento atípico respecto a las otras mezclas este valor se omitió de los cálculos estadísticos.

2.4 Análisis de Resultados

En la Figura 4, se presentan los resultados obtenidos en relación con el contenido de material asfáltico contra el VMC, las mezclas 1 y 2 se encuentran dentro de los parámetros, mientras que las 4 mezclas restantes se encuentran fuera de los parámetros establecidos en la Norma Mexicana N-CMT-4-05-003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.

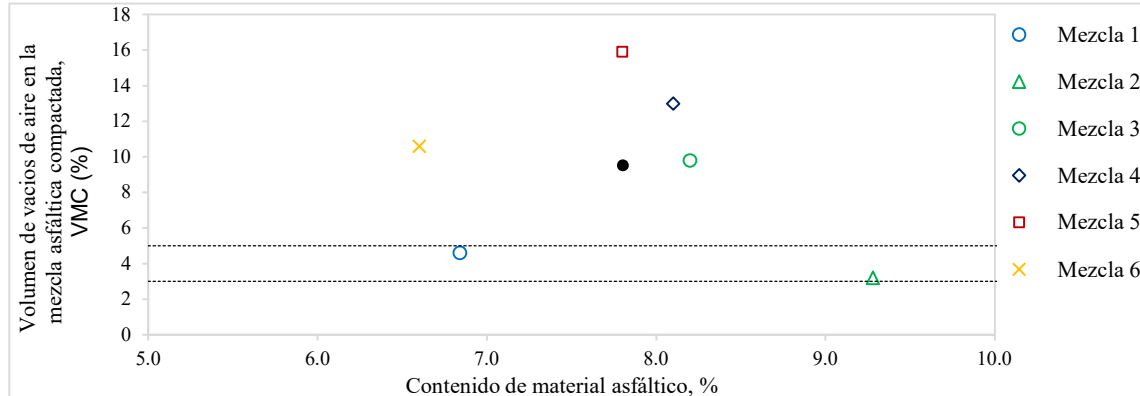


Figura 4. Relación del Contenido de asfalto y el VMC

Los resultados presentan una alta dispersión en cuanto a contenido de asfalto y VMC; el 67% de las mezclas evaluadas presentan un alto porcentaje de vacíos, por lo que tienden a ser más permeables, susceptibles a la humedad y al intemperismo. La estructura granular de la mezcla influye en su acomodo, así como en su densificación y contenido de vacíos, se muestran las curvas granulométricas de las mezclas evaluadas en una gráfica de Fuller y su interpretación por zonas de acuerdo con su composición granulométrica (Figura 5).

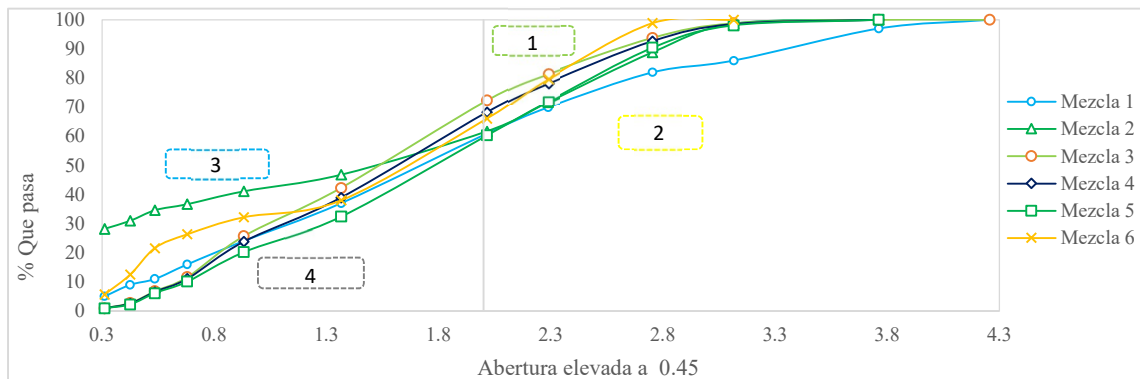


Figura 5. Estructura granular en gráfica de Fuller

- Zona 1: indica un alto contenido de material pétreo grueso.
- Zona 2: indica un bajo contenido de material pétreo grueso.
- Zona 3: indica un alto contenido de material pétreo fino.
- Zona 4: indica un bajo contenido de material pétreo fino.

En cuanto a los resultados de Estabilidad y Flujo Marshall se presentó una media de 2.8 kN en resistencia y una media de 2.8 mm de flujo, lo cual es un posible indicador de que estas mezclas asfálticas en frío que se utilizan para bacheo presentan una baja estabilidad, pero una resistencia a la deformación apta. La tendencia de las mezclas sugiere un incremento proporcional entre la resistencia y deformación, por otra parte, el coeficiente de variación en los resultados obtenidos es de un orden del 0.3 indicando que los resultados son homogéneos. (Figura 6)



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

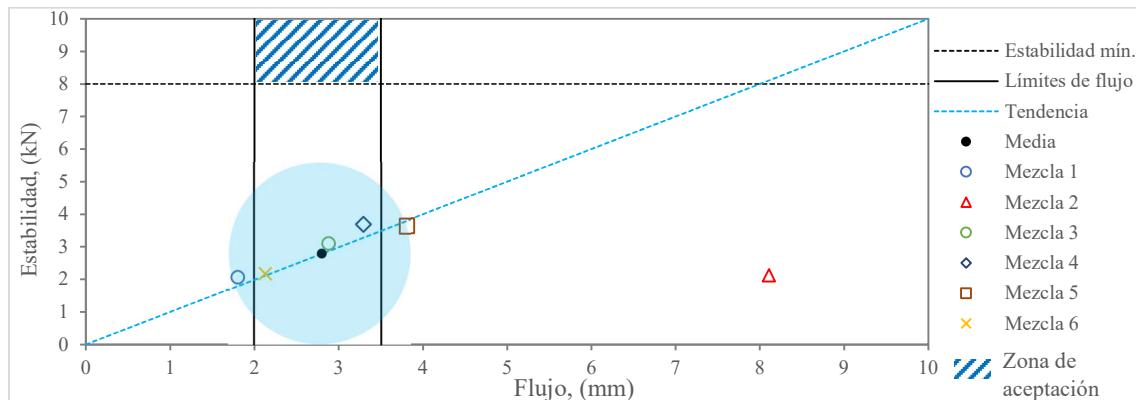


Figura 6. Comportamiento y tendencia de las mezclas asfálticas

De acuerdo con estos resultados se observa lo siguiente:

- Las mezclas evaluadas presentan similitud en su composición granulométrica.
- La variación de aglutinante determinado en las mezclas es un indicador de su posible comportamiento, así como las propiedades volumétricas.
- El comportamiento de las mezclas es similar en cuanto a los resultados de estabilidad y flujo Marshall, teniendo un incremento lineal de 1 a 1.
- Los vacíos en la mezcla asfáltica son muy dispersos por lo que su comportamiento no es homogéneo.

Estas mezclas utilizadas para bacheo de forma provisional se desarrollan con el objetivo de preservar la integridad de las carreteras en situaciones críticas y garantizar seguridad a los conductores. Sin embargo, se enfatiza que su uso debe limitarse a situaciones temporales y hacia un mantenimiento, rehabilitación y construcción de la infraestructura vial. Por consiguiente, la metodología y los requisitos de calidad aquí presentados es parte de una actualización de la normativa mexicana para la evaluación de las mezclas en frío para trabajos de bacheo.

3. Metodología de Aplicación

En el constante esfuerzo por mejorar la calidad y eficiencia de las operaciones de conservación vial, se ha llevado a cabo una revisión integral de la metodología utilizada en la aplicación de mezclas asfálticas para bacheo. El bacheo de carreteras es un trabajo utilizado frecuentemente para garantizar la seguridad de los usuarios y preservar la infraestructura vial.

En este contexto, la actualización de la metodología se presenta como un paso crucial para optimizar los resultados y prolongar la vida útil de nuestras vías. Esta metodología abarca los siguientes puntos como; ubicación del sitio donde se encuentra el bache, condiciones climatológicas, equipos para su aplicación, trabajos previos (señalamientos de protección de obra, levantamiento de deterioros, delimitación del bache, corte, fresado y limpieza); tendido, compactación y nivelación, así como medidas de mitigación ambiental y los requisitos de calidad apropiados para las mezclas asfálticas en frío utilizada para bacheo. particularizando en aspectos a considerar en cada uno de los temas mencionados Complementando la información anterior este artículo presenta aspectos a considerar en los trabajos de bacheo mencionados en las Normas Mexicanas N·CSV·CAR·2·02·003/15, *Bacheo Superficial Aislado* y N·CSV·CAR·2·02·004/15, *Bacheo Profundo Aislado*, que se efectúen en carpetas asfálticas de carreteras con mezclas asfálticas en frío.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

3.1 Equipo

El equipo que se utilice para el bacheo será el adecuado para la realización de los trabajos con la calidad esperada. Dicho equipo estará en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado.

- Equipo de corte: para perfilar el área delimitada del bache y deberá contar con la capacidad para ejecutar los cortes en el espesor de la carpeta asfáltica.
- Compactadores de rodillo: se considerarán dependiendo las circunstancias del tipo manual, autopropulsados, reversibles, con uno o dos rodillos metálicos provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a ellos; que puedan permitir una compactación por vibración y oscilación, de ser necesario.
- Compactadores de placa: que cuenten con dispositivos para el control de la vibración y con una placa metálica de las dimensiones adecuadas para compactar zonas donde no sea posible la utilización de compactadores de rodillo.
- Material asfáltico: emulsión asfáltica de rompimiento rápido para la adhesión entre la carpeta asfáltica y el bacheo.

3.2 Equipo Complementario

Este equipo se utilizará en conjunto debido a sus características, a continuación, se detallan los quipos principales:

- Pala, Pico, Rastrillo, Escoba o cepillo, Carretilla, Cubeta
- Señales y dispositivos de seguridad conforme a lo indicado en la Norma Mexicana N°PRY·CAR·10·03·001 [10].

3.3 Transporte y Almacenamiento

El transporte y almacenamiento de los materiales serán responsabilidad del contratista y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad.

3.4 Ejecución

3.4.1 Consideraciones Generales

Para los trabajos de bacheo se considerará lo señalado en la Cláusula D, Ejecución de obras públicas, de la Norma Mexicana N°LEG·3, Ejecución de Obras [11].

3.4.2. Condiciones Climáticas

Los trabajos deberán ser proyectados para ser ejecutados en condiciones climáticas favorables, de lo contrario, serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando lo anterior no se ejecutarán trabajos de bacheo superficial aislado en las siguientes condiciones:

- Sobre superficies con agua o encharcada.
- Cuando exista amenaza de lluvia o esté lloviendo.
- Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los cuatro (4) grados Celsius



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

3.4.3 Ubicación

Las exigencias de la carpeta son distintas de acuerdo con diversas condiciones a las que está sometida como: número de ejes equivalentes, geometría de la carretera, velocidad de operación, etc. Pasa lo mismo con la ubicación de los deterioros, es decir, existe una alta probabilidad de que en las zonas de mayor aforo vial y menor velocidad de operación se identifiquen más deterioros, pasa lo mismo en curvas con radios bajos y pendientes ascendentes pronunciadas (Figura 7).



Figura 7. Bacheo en distintos sitios de la carpeta asfáltica

3.5.3 Trabajos Previos

Previo al inicio de los trabajos, se realizará en el sitio de la aplicación un levantamiento de deterioros mediante una inspección visual, los daños en la carpeta considerados como baches serán catalogados de acuerdo con la severidad propuesta en la Tabla 5 de este documento.

Tabla 5. Niveles de severidad en baches

Profundidad (mm)	Diámetro (mm)		
	< 400	400 a 700	> 700
15 a 30	Bajo	Bajo	Moderado
> 30 a 50	Bajo	Moderado	Alto
> 50	Moderado	Moderado	Alto

Antes de iniciar el bacheo, se instalará las señales y los dispositivos de seguridad que se requieran conforme a lo indicado en la Norma Mexicana N·PRY·CAR·10·03·001, *Ejecución de Proyectos de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Obras*, como se indica en la Norma Mexicana N·CSV·CAR·2·05·011, *Instalación de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Obras de Conservación* [12] y el personal de con los dispositivos de seguridad que se requieran, considerando por lo menos cuatro 4, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D. de la Norma Mexicana N·LEG·3, *Ejecución de Obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de bacheo superficial aislado mientras no se cumpla con lo establecido en este Inciso (Véase Figura 8)



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.



a)



b)

Figura 8. Señalamiento y seguridad

Sobre la superficie de la carpeta asfáltica, se delimitarán con pintura las áreas por reparar, previamente identificadas durante el levantamiento de deterioros y estas serán de forma rectangular con dos de sus lados perpendiculares al eje de la carretera, donde el bache quedará inscrito, con un margen de treinta (30) centímetros para bacheo superficial aislado y de (50) centímetros para bacheo profundo aislado desde el límite de la demarcación hasta las partes afectadas.

Después de realizar el corte, la carpeta dañada se retirará desde el interior hacia el perímetro del área afectada, empleando para ello herramienta complementaria. Los escarificadores y el equipo de corte en frío (fresadora) que sea capaz de cortar el espesor requerido y permitir la carga del material de corte a un camión de forma simultánea, u otro procedimiento que no dañe la carpeta fuera del área afectada, como se muestra en la Figura 9.



a)



b)

Figura 9. Corte de caja

La excavación quedará con el fondo nivelado y libre de residuos de la carpeta dañada, partículas sueltas, polvo o de cualquier otro material contaminante. Los residuos podrán cargarse directamente al camión o acumularse en almacenamientos temporales, de tal forma que no vuelvan a depositarse sobre la superficie del pavimento, acotamiento o que impidan el drenaje superficial u obstruyan las obras de drenaje.

Para bacheos profundos aislados la base existente se volverá a compactar empleando equipo vibratorio adecuado, hasta alcanzar un grado de compactación mínimo del cien (100) por ciento respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO modificada.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

Sobre la superficie de la base compactada y en las paredes de la excavación se aplicará un riego asfáltico ligero y uniforme con una emulsión de rompimiento rápido, a razón de uno coma dos (1,2) litros por metro cuadrado (Véase Figura 10).



Figura 10. Limpieza y aplicación de riego de liga

Inmediatamente antes de iniciar el bacheo superficial aislado, la superficie por reparar estará debidamente preparada, exenta de materiales sueltos, basura, piedras, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico.

3.6.3 Calculo del Volumen de la Mezcla a Utilizar

Se calculará la cantidad de mezcla a utilizar con la Ecuación 1:

$$V_{MA} = L \times A \times H \times F.A \quad (1)$$

Donde:

- V_{MA} = Volumen de mezclas asfáltica
- L = Largo
- A = Ancho
- H = Espesor
- $F.A$ = Factor de Abundamiento

El factor de abundamiento dependerá de las características volumétricas de la mezcla asfáltica en frío a utilizar variando en un orden del 1.2 hasta 1.4.

3.7.3 Tendido de la Mezcla

La mezcla se extenderá para evitar la segregación de las orillas del área dañada hacia el centro, para que una vez compactada, la superficie terminada quede uniforme y al mismo nivel que el resto de la carpeta.

3.8.3 Compactación

La mezcla asfáltica se compactará inmediatamente después de ser tendida. La capa se compactará hasta alcanzar el mismo nivel que el resto de la carpeta. La compactación se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro, efectuando un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada. De ser necesario, la mezcla se extenderá y compactará en capas sucesivas, con un espesor no mayor de lo que el equipo sea capaz de compactar, hasta que se obtenga el nivel de la superficie original de la carpeta. (Véase Figura 11).



Asociación Mexicana
del Asfalto, A.C.



a)



b)

Figura 11. Tendido y compactación

3.9.3 Acabado

La superficie del bache tratado quedará limpia, presentará una textura y acabado uniformes, con el mismo nivel que el resto de la carpeta existente.



Figura 12. Textura después del bacheo

En la Tabla 6, se proponen requisitos de calidad destinados a la evaluación de las mezclas en frío para bacheo.

Tabla 6. Requisitos preliminares

Características	Requisitos preliminares
Compactación; número de golpes por cara de la probeta	75
Estabilidad; kN mín.	3
Flujo; mm	3 - 5
Vacíos en la mezcla asfáltica (VMC); %	3 - 5

4. Conclusión

La utilización de mezclas asfálticas en frío para bacheo representa una opción utilizada comúnmente en la conservación de las vías urbanas, contribuyendo a la seguridad y la durabilidad de la infraestructura vial. Sin embargo, la necesidad de una actualización en la normativa nacional que regule este tipo de mezclas asfálticas en frío utilizadas para trabajos de bacheo. La normativa no aborda de manera adecuada y particular las especificaciones técnicas y los avances tecnológicos, metodologías y procesos constructivos.



Asociación Mexicana
del Asfalto, A. C.

La falta de una normativa actualizada dificulta la estandarización de procesos en la evaluación de la calidad de los trabajos y la garantía de la durabilidad en los trabajos de conservación, lo que puede llevar a un deterioro prematuro, cabe mencionar que estas mezclas asfálticas de emergencia se utilizan como una solución temporal antes de un trabajo de conservación o reconstrucción mayor. No obstante, esto no implica que deban ser desechables, que posean una vida útil extremadamente corta o que no cumplan con requisitos y especificaciones técnicas para su uso.

La actualización de la normativa no solo beneficiará a los entes encargados de la infraestructura vial, sino también a las empresas constructoras y proveedores de materiales, al garantizar un marco normativo claro y actualizado que promueva la adopción de buenas prácticas y la mejora continua en la ejecución de proyectos de bacheo.

5. Referencias

- [1] Dirección General de Servicios Técnicos (2014). *Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras en México*.
- [2] Instituto Mexicano del Transporte (1991). Catálogo de deterioros en pavimentos flexibles en carreteras mexicanas, Publicación Técnica No. 21.
- [3] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2016). N·CSV·CAR·2·02·003, *Bacheo Superficial Aislado*.
- [4] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2015). N·CSV·CAR·2·02·004, *Bacheo Profundo Aislado*.
- [5] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2016). N·CMT·4·05·003, *Calidad de Mezclas Asfálticas para Carreteras*.
- [6] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2002). M·MMP·4·04·002, *Granulometría de Materiales Pétreos para Mezclas Asfálticas*.
- [7] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2022). M·MMP·4·05·051, *Densidad, Densidad Relativa y Absorción de Mezclas Asfálticas Compactadas No Absorbentes*.
- [8] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2022). M·MMP·4·05·062, *Densidad Relativa Teórica Máxima de Mezclas Asfálticas*.
- [9] American Society for Testing and Materials (2022), ASTM D6927, *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures*.
- [10] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2021). N·PRY·CAR·10·03·001, *Ejecución de Proyectos de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Zonas de Obras viales*.
- [11] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2018). N·LEG·3, *Ejecución de Obras*.
- [12] Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Normativa para la infraestructura del transporte (2001). N·CSV·CAR·2·05·011, *Instalación de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Obras de Conservación*.