

# GUÍA PARA INSPECTORES

## BACHEO FORMAL CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE





# GUÍA PARA INSPECTORES PARA BACHEO FORMAL CON MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Solórzano-Murillo, Sandra<sup>1</sup>; Salas-Chaves, Mauricio<sup>2</sup>,  
Sequeira-Rojas, Wendy<sup>3</sup> y Loria-Salazar, Luis Guillermo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ingeniera Unidad de Seguridad Vial y Transporte PITRA LanammeUCR

<sup>2</sup> Ingeniero Auditor, Unidad Auditoría Técnica PITRA LanammeUCR (Revisor)

<sup>3</sup> Coordinadora Unidad Auditoría Técnica PITRA LanammeUCR (Revisora)

<sup>4</sup> Coordinador General Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) LanammeUCR (Revisor)

**Palabras Clave:** PITRA, bacheo, bacheo formal, riego de liga

**Resumen:** La presente publicación es el resultado de una investigación de literatura tanto nacional como internacional relacionada con la actividad del bacheo. Tiene como objetivo proporcionar una herramienta a los inspectores de campo para ejecutar las labores de bacheo formal con mezcla asfáltica en caliente. Este documento describe los atributos necesarios en un inspector, conceptos importantes, personal necesario, equipo, maquinaria y materiales requeridos para la actividad. Así mismo se ilustra y describe en un lenguaje sencillo el procedimiento detallado para la realización de un trabajo eficiente. Se enmarcan recomendaciones especiales para el inspector y se presenta una lista de chequeo. Finalmente, se presentan ejemplos de prácticas adecuadas e inadecuadas y algunos problemas típicos de la colocación de carpeta de la mezcla asfáltica en caliente y sus posibles causas. Esta guía representa un esfuerzo por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del Programa de Infraestructura del Transporte del LanammeUCR que busca eliminar la reincidencia de procedimientos inadecuados durante la labor del bacheo, de manera que se garanticen obras de mayor durabilidad y una adecuada inversión de los recursos.

## Referencias

1. Asphalt Institute (1982): Principios de Construcción de Pavimentos de Mezcla Asfáltica en Caliente, Serie de Manuales No. 22 (MS-22)
2. Federal Highway Administration Video VH-318, Parte 1, 1996. Recuperado en octubre de 2014 de <https://www.youtube.com/watch?v=viAmYDTEigQ>
3. Ministerio de Obras Públicas y Transportes de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito, Departamento de Señalización Vial (2013): **Manual Técnico de dispositivos de Seguridad y Control Temporal de Tránsito para la Ejecución de Trabajos en las Vías.**
4. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (2001); Tomo de disposiciones para la construcción y conservación vial: Disposición MN-02-2001.
5. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, (2010): Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)
6. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, División de Obras Públicas, (1980): **Manual para Adiestramiento de Inspectores de Obras Viales.**
7. Ministerio de Obras Públicas y Transportes, División de Obras Públicas, (1983): Manual de Construcción para caminos carreteras y puentes (MC-83)
8. Pavement Tools Consortium (PTC), Construction Section. Recuperado en setiembre de 2015 de [www.pavementinteractive.org](http://www.pavementinteractive.org)
9. Rodríguez, M., Castro, P., & Arce, M. (1998): **Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente.** Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: LanammeUCR. FUNDEVI. Instituto Nacional de Aprendizaje.

CONCEPTOS	7
PERSONAL	11
EQUIPO Y MAQUINARIA	11
MATERIALES	14
PROCEDIMIENTO	14
TONELADAS REQUERIDAS PARA UN BACHE	28
LISTA DE CHEQUEO	32
EJEMPLOS	34
ANEXO 1.	42
ANEXO 2.	44

El contenido de la siguiente guía tiene como objetivo proporcionar una herramienta a los inspectores de campo para ejecutar las labores de bacheo formal con mezcla asfáltica en caliente.

Esta guía representa un esfuerzo por parte de la Unidad de Auditoría Técnica del PITRA - LanammeUCR, que busca con este documento eliminar la reincidencia de procedimientos inadecuados durante la colocación de mezcla asfáltica caliente para bacheo, de manera tal que se garantice obras de mayor durabilidad.

Los atributos personales necesarios en un inspector comienzan por la honestidad. El inspector debe ser honesto y debe comportarse de una manera justa y recta.

En momentos de presión debe mantener su compostura y tomar buenas decisiones. Debe tener sentido común para ejecutar decisiones competentes.

Debe ser sincero en sus relaciones con las personas, poseer habilidades diplomáticas, ser cortés y capaz de manejar situaciones difíciles sin generar hostilidad. Por encima de todo, debe ser muy observador y ser capaz de llevar buenos registros. El inspector deberá trabajar en conjunto con el ingeniero para determinar las intervenciones y prácticas constructivas más adecuadas de acuerdo con la obra a realizar.

**Asfalto:** el asfalto es un producto que se obtiene de la destilación del petróleo, y sirve para aglutinar (pegar) fuertemente las partículas de agregado en la mezcla asfáltica. A temperatura ambiente se comporta como un sólido (como una pasta dura), por lo que el mezclado con los agregados se realiza a temperaturas entre 150°C y 160°C, dependiendo del tipo de asfalto. A estas temperaturas el material es más fluido y trabajable. Existen varios tipos de asfaltos que tienen propiedades diferentes. El asfalto es el último residuo que queda, después de extraer por destilación del crudo de petróleo: aceites, diesel, bunker, gasolina, etc.

**Bacheo:** es una reparación menor y localizada del pavimento bituminoso con el propósito de garantizar la uniformidad de la superficie de rodamiento y reparar los daños que se presentan en algunos puntos de la carretera, que ponen en riesgo tanto la integridad de los usuarios, los vehículos como de la estructura en general. El bache se puede realizar con mezcla asfáltica en caliente.

**Bache de prueba y/o franja de compactación:** son baches o franjas de prueba que deben realizarse para conocer el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente al colocarla y compactarla de acuerdo con las condiciones del sitio donde se ejecuta el proyecto.

El patrón de compactación define el número de pasadas de la compactadora, su velocidad, frecuencia de vibración, secuencia de recorrido para un ancho de pavimentación definido y el rango óptimo de temperaturas de compactación, con el fin de cumplir con la densidad requerida y una adecuada calidad en la superficie, de acuerdo con el equipo requerido y disponible en la obra, las condiciones climáticas, las características de la mezcla asfáltica, entre otros factores.

**Bacheo superficial:** El bacheo superficial consiste en reparar con mezcla asfáltica, desintegraciones (huecos), deformaciones o agrietamientos severos de la superficie de rodadura que comprende exclusivamente la capa asfáltica y en sitios puntuales.

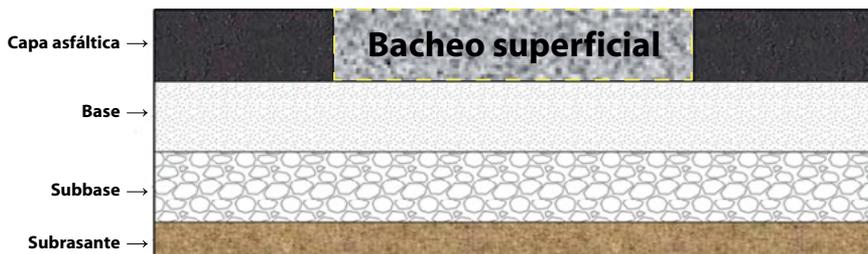


Figura 1. Esquema de bacheo superficial en la capa de rodadura únicamente

**Bacheo profundo:** El bacheo total o profundo consiste en reparar desintegraciones (huecos) que comprenden la capa asfáltica y capas subyacentes donde podría incluirse la base, la subbase, préstamo y hasta subrasante según sea el deterioro puntual existente. Estas reparaciones son usuales para sitios puntuales cuando se presenta una condición de deterioro severo, exceso de humedad en la base o en las capas subyacentes o donde se determine que los daños se originan por deficiencias en las capas inferiores del pavimento.



Figura 2. Esquema de bacheo profundo que puede incluir la sustitución de parte de algunas capas internas de la estructura del pavimento

**Densidad máxima teórica:** corresponde a la relación de peso entre volumen  $\left(\frac{t}{m^3} \text{ o } \frac{kg}{m^3}\right)$  de la mezcla asfáltica determinada mediante ensayos de laboratorio considerando una condición de máxima de compactación de 0% de vacíos.

**Densidad suelta:** relación de peso entre volumen  $\left(\frac{t}{m^3} \text{ o } \frac{kg}{m^3}\right)$  correspondiente a una mezcla asfáltica cuando se encuentra en la vagoneta o apilada.

**Emulsión asfáltica:** se trata de asfalto diluido con agua (y un agente emulsificante). En el proceso de bacheo permite adherir el bache a

la superficie existente, ya sea una superficie granular o una capa de rodamiento asfáltica antigua, nunca a la tierra, ya que no permite adherencia. Al rociarse la superficie con emulsión, el agua se evapora quedando una capa de asfalto que actúa como pegamento de la nueva mezcla asfáltica del bache. A esta película de asfalto se le conoce como capa de liga.

Cuando la emulsión pierde el agua por evaporación, se dice que "rompe". Según el tiempo que tarde para hacerlo, se pueden clasificar las emulsiones en tres categorías:

- De rotura rápida: la emulsión rompe (pierde el agua) en poco tiempo.
- De rotura media: cuando la emulsión rompe (pierde el agua) en un tiempo mayor al de rotura rápida.
- De rotura lenta: son las emulsiones que tardan más tiempo en romper.

En el sitio de trabajo es fácil detectar el momento en que rompe la emulsión porque se produce un cambio de color, de café a negro que es el color propio del asfalto.



Figura 3. Rompimiento de emulsión asfáltica.

En la técnica de bacheo normalmente se utilizan emulsiones de rompimiento rápido para acelerar el procedimiento de trabajo, con el fin de reparar la carretera más rápido y minimizar así las interrupciones al tránsito vehicular. El tiempo de rotura para una emulsión rápida

consta de minutos, y depende del clima, a mayor temperatura ambiente el rompimiento de la emulsión se acelera.

Se debe considerar que una vez que la emulsión rompió no se debe esperar para colocar la mezcla asfáltica, ya que pierde la capacidad de adherencia.

En Costa Rica se dispone normalmente de emulsiones de rotura rápida suministradas por la Refinadora Costarricense de Petróleo S.A. (RECOPE).

**Exudación:** es la presencia o ascenso de asfalto en la superficie de la calzada dándole un aspecto negro y brillante. Se producen por defectos de construcción: contaminación por riego de adherencia excesivo; o se pueden producir por defectos de formulación: asfalto de muy baja viscosidad o una mayor dosificación de asfalto de la necesaria en la mezcla asfáltica.

**Hidroplaneo:** efecto en que se pierde adherencia entre las llantas del vehículo y la superficie de ruedo debido a la presencia de una película de agua.

**Imprimación:** corresponde a una tasa de riego de emulsión asfáltica por área de una superficie de una base granular o estabilizada con cemento con el objetivo de protegerla.

**Mezcla asfáltica:** es un material heterogéneo constituido por una mezcla de agregados de diferentes tamaños, polvo mineral y asfalto, de forma que una vez compactada presenta propiedades suficientes para resistir el tráfico vehicular.

**Liga:** corresponde a una tasa de riego de emulsión asfáltica por área sobre una superficie de un pavimento nuevo o existente, con el objetivo de brindar adherencia entre capas.

**Perfilado:** corte o desbaste de una o más capas del pavimento, con espesor predeterminado, mediante proceso mecánico realizado en caliente o en frío, empleado como intervención para la restauración de pavimentos.

**Segregación:** se refiere a la separación de las partículas gruesas de las partículas finas en la mezcla asfáltica. La mezcla debe tener una

adecuada granulometría (distribución de las partículas), por lo que se debe evitar su separación.

**Segregación térmica:** debido a una inadecuada manipulación se presenta una falta de homogeneidad de temperatura en la mezcla asfáltica.

**Tamaño máximo de agregado:** designado como un tamiz más grande que el tamaño máximo nominal del agregado. Típicamente, este es el tamiz más pequeño por el cual pasa el 100% de las partículas de agregado.

**Tamaño máximo nominal de agregado:** designado como un tamiz más grande que el primer tamiz que retiene más del 10% de las partículas de agregado, en una serie normal de tamices.

## 2. PERSONAL

- Encargado
- Operadores de maquinaria
- Rastrilleros
- Peones

## 3. EQUIPO Y MAQUINARIA

El proceso de bacheo requiere del equipo correcto para obtener un trabajo de calidad y duración adecuadas.

**Cámara fotográfica:** realizar un registro fotográfico georreferenciado para la base de datos de la ruta.



**Carretillos:** sirve para transportar la mezcla desde la vagoneta hasta los baches. **La mezcla NO se debe lanzar con pala, para evitar la segregación de las partículas. La misma se debe manipular lo menos posible.**



**Cepillo y escoba:** se utiliza para limpiar y barrer la superficie del bache y los bordes de manera que queden libres de polvo o agentes contaminantes.



**Codal o escantillón:** pieza de madera o aluminio perfectamente recta de al menos 3 metros de longitud, que sirve para comprobar los niveles del bache respecto al resto del pavimento.



**Compactador vibratorio de rodillo:** sirven para compactar o densificar suelos, capas granulares o mezcla asfáltica. Se debe escoger el peso adecuado del compactador de acuerdo con el espesor del bache, de manera que se logre densificar adecuadamente, sin triturar el material.



**Distribuidor de asfalto con aspersores o tanqueta:** debe tener un sistema de calentamiento y termómetro para controlar la temperatura, así como un sistema de aspersión. El rociador de asfalto debe estar en buenas condiciones para obtener riesgos homogéneos. Se pueden utilizar aspersores manuales siempre y cuando se logre una distribución adecuada sobre la superficie.



**Equipo de aire a presión:** el compresor de aire permite barrer las partículas del bache abierto. Se complementa con el barrido manual, ya que éste no logra eliminar las partículas más gruesas.



**Equipo de corte o sierra:** consiste en un motor que acciona una sierra circular de diamante y que puede cortar materiales pétreos y capas asfálticas. Permite delimitar perfectamente los bordes de la sección a reparar sin dañar el pavimento sano.



**Retroexcavadora o Back-Hoe:** equipo hidráulico que permite excavar y remover material de la zona deteriorada. Es recomendable que el equipo tenga un brazo corto y pala pequeña y que el operario sea cuidadoso al trabajar para no afectar más allá de lo que es necesario reparar.



**Palas y picos:** herramientas manuales utilizadas para afinar la superficie que se intervendrá con bacheo. Es recomendable tener algunas palas cuadradas para superficies planas requeridas en el bache.



**Compactador manual:** se utiliza para materiales de base y capas asfálticas en lugares de difícil acceso o para baches pequeños, donde el compactador de rodillo no tiene suficiente espacio para trabajar y hacer su función.



**Perfiladora ancho variable (opcional):** se utiliza para remover un espesor de la capa asfáltica. Se puede perfilar total o parcialmente el espesor de la capa de rodamiento, eliminando únicamente la profundidad agrietada. Generalmente con esta maquinaria se garantiza mejor uniformidad en el espesor reparado. Sin embargo, siempre es importante la preparación manual de los bordes del bache. Su uso debe ser aprobado por el ingeniero a cargo del proyecto.



**Rastrillos de nivelación:** herramientas manuales para acomodar la mezcla asfáltica en el bache y procurar juntas bien construidas y superficies planas en el acabado previo a la compactación.



**Termómetro o termocupla para asfalto:** se utilizan para medir la temperatura de la mezcla asfáltica cuando llega al sitio y antes de ser colocada para una adecuada compactación.



**Vagonetas:** deben de tener fondos de metal herméticos, limpios y lisos, pintados con material que evite que la mezcla se adhiera al fondo. Provisto de una lona impermeable, para proteger la mezcla contra la intemperie.



## 4. MATERIALES

- Mezcla asfáltica en caliente
- Emulsión asfáltica
- Material de base
- Material de subbase

## 5. PROCEDIMIENTO

Es importante realizar los procedimientos correctos en ejecución de obras contratadas, de manera que se logre la mayor durabilidad y se asegure la inversión realizada. Se deben aplicar las especificaciones del cartel y los códigos de construcción del país. Además no se iniciará el proceso constructivo de bacheo en condición de lluvia u otra condición que imposibilite la correcta aplicación de la técnica.

A continuación se presenta el procedimiento detallado para la realización de un trabajo eficiente.

### **a. Inspección de equipo**

Antes del inicio de los trabajos se debe revisar con anticipación que el equipo que se empleará se encuentre en perfectas condiciones y que su funcionamiento sea el adecuado, para garantizar buenos resultados.

### **b. Colocación de dispositivos de prevención y control de tránsito**

El ingeniero de la obra debe dar al personal de campo instrucciones sobre el señalamiento temporal de obra para controlar el tránsito. Es indispensable que el inspector consulte al ingeniero acerca del procedimiento a seguir y transmitirlo a las cuadrillas como se indique. Este aspecto es de gran importancia, ya que tiene implícito responsabilidades civiles y penales, donde están en juego vidas humanas.

Debe encargarse de que se cumplan los requisitos de seguridad especificados en el contrato. Esto puede involucrar un control de las operaciones de los equipos, y el uso de elementos tales como banderilleros, conos, barreras, luces de advertencia y reflectores de acuerdo con el Manual Técnico de Protección de Obra de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT en su versión vigente.

Se debe contar con banderilleros debidamente identificados con los implementos de seguridad vial y equipo como por ejemplo: chaleco reflectivo, banderillas, radio intercomunicador, entre otros.

Se muestra en la Figura 4 los distintos tipos de reducciones graduales de carril que pueden presentarse en una zona de control temporal de tránsito:

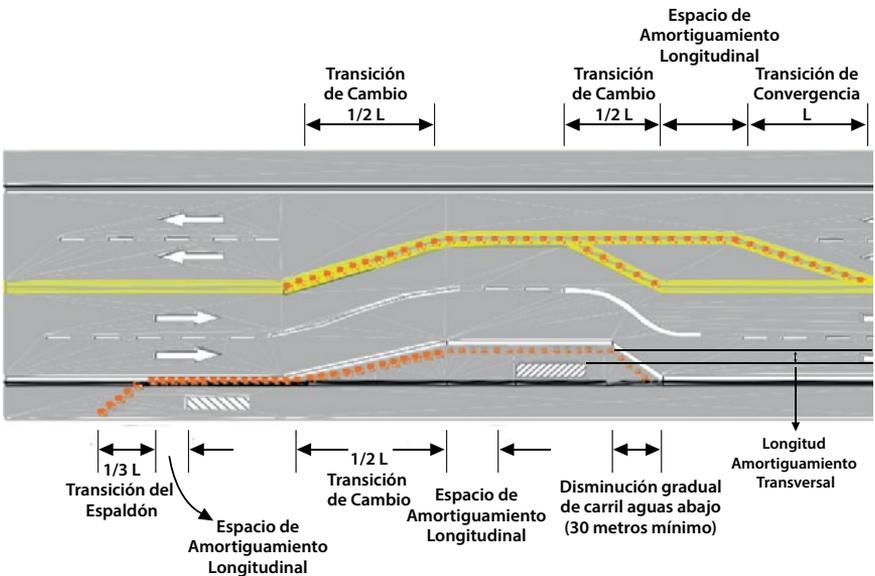


Figura 4. Disminución gradual de carriles “tapers” y espacio de amortiguamiento. Fuente: Dirección General de Ingeniería de Tránsito, 2013

En las tablas siguientes a manera de ejemplo se presentan distancias que dependen de la velocidad las cuales podrían facilitar el trabajo de campo del inspector para realizar un control del tránsito de manera segura:

**Tabla 1. Espaciamiento sugerido entre señales de prevención.**

Velocidad (km/h)	Dist. Mínima primera señal (m)	Separación mínima entre señales "A" (m)
40	50	25
60	100	50
80	180	75
100	275	100

*Nota: la distancia mínima de la primera señal se mide desde el primer cono del cierre.*

**Tabla 2. Separación máxima recomendada entre conos según la velocidad.**

Velocidad (km/h)	Separación máxima (m)
40	8
60	12
80	16
100	20

**Tabla 3. Guía para definir los valores de "L" según la velocidad.**

Velocidad (km/h)	Longitud "L" (m)	Transición de convergencia (m)	Transición de cambio (m)	Transición de espaldón (m)
Para un carril, W= 3,5 m				
40	40	40	20	15
60	80	80	40	30
80	175	175	90	60
100	220	220	110	75
Para dos carriles, W=7,0 m				
40	75	75	40	25
60	170	170	85	60
80	350	350	175	120
100	450	450	225	150

*Nota: los valores de "L" son aproximados a los valores prácticos más cercanos.*

**Tabla 4. Guía para definir la longitud de espacios de amortiguamiento longitudinales.**

Velocidad (km/h)	Longitud Amortiguamiento longitudinal (m)	Velocidad (km/h)	Longitud Amortiguamiento longitudinal (m)
30	10	70	65
40	15	80	85
50	25	90	100
60	50	100	150

El ancho del espacio de amortiguamiento lateral, deberá ser determinado mediante el criterio de ingeniería.

### **c. Dispositivos de protección personal y seguridad ocupacional**

La seguridad es un aspecto que concierne a todo el personal de trabajo. El inspector debe estar muy pendiente para poder garantizar que se mantengan las condiciones y prácticas seguras en el proyecto. Para el inspector, la seguridad del proyecto comienza con él mismo. El inspector debe servir como ejemplo en el uso del equipo de seguridad personal, como son los chalecos retrorreflectivos, zapatos, anteojos, ropa de protección y casco de ser necesario.

Verificar que el personal cuente con el uniforme, equipo de protección personal y otros elementos de seguridad ocupacional en concordancia con las normas nacionales establecidas al respecto.

### **d. Identificar y marcar zona dañada**

Es responsabilidad del ingeniero indicar al inspector los puntos donde se realizará el bacheo y el tipo de bacheo a ejecutarse. El área se debe marcar por medio de pintura, crayón o tiza, de forma rectangular o cuadrada. Es necesario que la zona marcada cubra por lo menos 30 cm más, separada de la zona deteriorada de manera que se asegure eliminar todas las zonas debilitadas (Figura 5). No se debe marcar un bache de manera que quede adyacente a una zona fallada, pues existen posibilidades de que haya infiltración de agua

hacia la zona del bache y se agriete de manera prematura. El bache debe ser regular, sin cambios bruscos en sus dimensiones principales (Figura 6) (Ver Sección 8: Ejemplos).

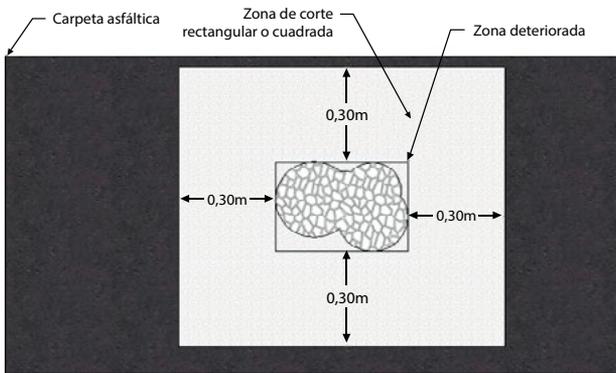


Figura 5. Zona de corte rectangular para un bache

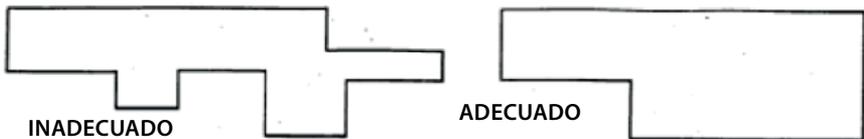


Figura 6. Forma adecuada e inadecuada de bache

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

### e. Cortar a lo largo del perímetro marcado

Se utiliza la sierra con punta de diamante (Ver Sección 3: Equipo y Maquinaria). Es de suma importancia que las caras del corte sean verticales, con el fin de asegurar adhesión y unión con el pavimento adyacente (Figura 7). No se recomienda utilizar el martillo neumático, ya que pueden producir daños en la carpeta asfáltica adyacente. Los cortes rectos en su intersección debe ser cuidadosamente cortada para no dejar espacio a la filtración de agua a través de ellos (Figura 7). En caso de quedar cortes en la capa, fuera del perímetro del bache, se deben sellar para evitar filtración de agua o introducción de partículas que afectan la integridad del borde. Todos los cortes deben quedar sanos y rectos (Ver Sección 8: Ejemplos, prácticas adecuadas).



Figura 7. Acabado recto de los cortes

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

### f. Remover material

El material se remueve con ayuda de la retroexcavadora o Back-Hoe hidráulico (se debe remover absolutamente todo el material presente, incluyendo el agua). Se puede utilizar la ayuda de palas, picos, escobas y el equipo de aire a presión para dejar la superficie bien limpia (Figuras 8 y 9). La extracción de material debe hacerse con cuidado, con la finalidad de que quede una base de soporte firme, con bordes sanos y bien cortados (Ver Sección 8: Ejemplos, prácticas adecuadas). Aunque la extracción del material se puede hacer con Back Hoe, el acabado final debe hacerse con pala y cepillo para mantener una superficie adecuada. El fondo del bacheo debe estar, dentro de lo posible, a nivel, sin ondulaciones, ni huecos, ni fisuras, ni montículos de material (Figura 9).

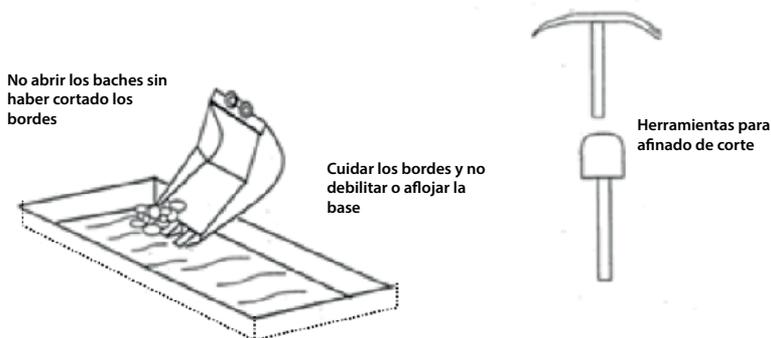


Figura 8. Remoción del material del bacheo

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.



Figura 9. Bache mal preparado y superficie adecuada

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

En baches donde se realice el perfilado del pavimento (Figura 10 y 11) se efectuará sobre áreas aprobadas previamente por el ingeniero, a temperatura ambiente y sin adición de solventes u otros productos ablandadores que puedan afectar la granulometría de los agregados o las propiedades del asfalto existente. La profundidad será definida por el ingeniero encargado.



Figura 10. Escarificado de capa existente

Fuente: Federal Highway Administration Video VH-318, 1996.

Se debe tener claro que el material perfilado es propiedad del Estado por lo que debe ser enviado al plantel del MOPT más cercano o de acuerdo con el criterio del ingeniero encargado, utilizarlo de forma eficiente para propósitos a favor del Estado. En las proximidades de pozos de registro de alcantarillas, juntas con el pavimento existente y en sitios inaccesibles a la maquinaria de perfilado, el pavimento deberá removerse empleando métodos que den lugar a una superficie apropiada para la colocación de la nueva capa.



Figura 11. Superficie escarificada

### g. Colocar material de relleno

En caso de que se trate de un bache profundo, se debe reponer la base y la subbase con un material granular de buena calidad para utilizarlo hasta la altura donde empieza la capa de mezcla asfáltica cómo se mostró en la Figura 2. Todo este material debe ser compactado con ayuda de un compactador manual previo a la colocación de la mezcla. Es recomendable compactar en capas no mayores a 20 cm, dependiendo del peso del compactador.

### h. Aplicar riego de liga

El riego de liga se debe aplicar en toda el área tanto en las paredes como el fondo del corte. El riego no se debe empozarse en el fondo del bache y las paredes deben quedar bien cubiertas. La distribución del asfalto debe ser uniforme (ver Figura 12). La emulsión debe estar a la temperatura adecuada (usualmente a 60°C) para facilitar el riego de asfalto. El inicio de la colocación de mezcla debe coordinarse para que la emulsión rompa con la temperatura ambiente, como se puede observar en la Figura 3 de esta guía. Debe dosificarse a una tasa de riego indicada por el ingeniero del proyecto, de manera que sea una cantidad suficiente para una cobertura total si la aplicación es deficiente o muy poca no habrá adherencia adecuada, sin embargo no debe ser en exceso, ya que pueda afectar las características de la mezcla asfáltica generando deterioros como por ejemplo deformaciones o

exudación (Ver Anexo 1. Problemas típicos de la carpeta de la mezcla asfáltica en caliente y sus posibles causas). El inspector con ayuda del laboratorio de verificación (o en su ausencia con el control de calidad) realizará las pruebas que garantizan que la tasa de riego utilizada en campo corresponda a la indicada para el proyecto cada vez que indique el ingeniero de proyecto (Ver Anexo 2. Tipos de riego de liga).

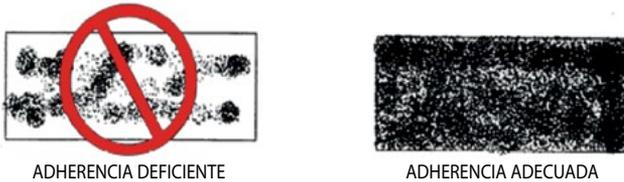


Figura 12. Riego de liga en el fondo del bache

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

Una manera fácil para que el inspector verifique la tasa de riego diariamente además de realizar la auscultación visual del riego, consiste en revisar el nivel de contenido inicial de emulsión en el tanque que la contiene (distribuidor de asfalto o tanqueta) y al final de la jornada revisar nuevamente el nivel de contenido para estimar en litros el consumo del día. Hacer una medición y estimación del área de los baches y sumar las áreas. La división de litros consumidos entre la sumatoria de las áreas multiplicado por  $\frac{2}{3}$  que corresponde al contenido de asfalto requerido, le dará un estimado de la tasa de riego de liga. Lo equivalente a  $\frac{1}{3}$  que correspondería al agua evaporada de la emulsión.

### i. Colocación de mezcla asfáltica en caliente

Previo a la colocación se debe revisar que la vagoneta que transporta la mezcla asfáltica caliente llegara con una lona u otro material de protección que evite contaminación durante el trayecto y que permita además conservar la temperatura. Deberá verificar visualmente si la mezcla presenta señales de que fue sobrecalentada, tales como humo azul que asciende de la mezcla del camión o tener una apariencia opaca (véase Anexo 1. Problemas típicos de la carpeta de la mezcla asfáltica en caliente y sus posibles causas.) Es importante verificar que la góndola no esté contaminada con otros materiales como tierra. Además se debe verificar el marchamo por vagoneta.

El inspector debe asegurarse de completar la información de la boleta de guía de entrega de mezcla asfáltica, la cual se debe completar con el instructivo siguiente:

	<b>GUÍA DE ENTREGA</b>	FECHA: 30/07/2014 HORA: 4:00 am	Nº	
PROYECTO: <u>CONSERVACIÓN VIAL SAN JOSÉ</u>		CONTRATISTA: <u>ASFALTOS S.A.</u>		
DESTINO: <u>EL CRISTO DE SABANILLA</u>		RUTA: <u>203</u>	ZONA: <u>1-1</u>	
<b>DESPACHO DE MEZCLA ASFÁLTICA</b>				
TRANSPORTISTA: <u>ALBERTH TAYLOR</u>	PLACA: <u>C-168245</u>	MARCHAMO #: <u>179048</u>		
TEMPERATURA SALIDA: <u>160</u> °C	HORA: <u>4:05 am</u>	CANTIDAD (TON): <u>22,810</u>		
VAGONETA MUESTREADA: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	VIAJE #: <u>13</u>	MUESTREADOR: _____		
OBSERVACIONES: _____				
NOMBRE DE INSPECTOR DE PLANTA: <u>ESTEBAN POREAS CERDAS</u>		FIRMA: <u>E.P.C.</u>		
<b>RECEPCIÓN DE LA MEZCLA EN SITIO</b>				
ARRIBO DEL MATERIAL:	HORA: <u>6:15 am</u>	TEMPERATURA: <u>130</u> °C		
COLOCACIÓN DE MATERIAL:	HORA: <u>6:15 am</u>	TEMPERATURA: <u>130</u> °C		
TRAMO DE COLOCACIÓN: <u>Ruta 203/sección central 19044</u>				
USO DE MATERIAL	<input type="checkbox"/> SOBRE - CAPA	<input type="checkbox"/> BACHEO AMBULANCIA	<input type="checkbox"/> OTROS	
KILÓMETRO INICIAL: _____	<input checked="" type="checkbox"/> BACHEO	<input type="checkbox"/> CAPA DELGADA DE SELLO	<input type="checkbox"/>	
KILÓMETRO FINAL: _____				
OBSERVACIONES: <u>Interrupción del Cristo de Sabanilla</u>				
NOMBRE DE INSPECTOR EN SITIO: <u>Ramiro Salgado Castro</u>		FIRMA: <u>Ramiro Salgado C.</u>		

Figura 13. Guía de entrega de mezcla asfáltica en caliente.

## Instrucciones de uso de la guía de entrega de mezclas asfálticas

1. **Información de la entrega:** son los datos correspondientes al proyecto, contratista, destino, ruta, zona, fecha y hora, que se deben indicar en esta guía de entrega.

1.1. **Proyecto:** nombre del proyecto donde se envía la mezcla asfáltica.

**1.2. Contratista:** nombre del contratista al que se le adjudicó el proyecto. Si es persona física se debe indicar el nombre y dos apellidos.

**1.3. Fecha:** día, mes y año, cuando se realiza esta entrega. Debe indicarse con dos dígitos para el día, dos para el mes y cuatro para el año.

**1.4. Hora:** indicar la hora en la que se realiza el despacho de la mezcla asfáltica.

**1.5. Destino:** lugar donde se va a enviar la mezcla.

**1.6. Ruta:** designación establecida en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

**1.7. Zona:** lugar donde se está desarrollando el proyecto.

**2. Despacho de mezcla asfáltica:** información sobre la salida de la mezcla asfáltica y del sitio donde se despacha.

**2.1. Transportista:** nombre del transportista que se encarga del traslado de la mezcla asfáltica.

**2.2. Placa:** número de placa del vehículo en el que se traslada la mezcla asfáltica.

**2.3. Marchamo:** número del sello de seguridad del vehículo que traslada la mezcla asfáltica.

**2.4. Temperatura de salida:** temperatura en grados centígrados de la mezcla asfáltica en el momento en que es entregada al transportista que se encarga de su traslado.

**2.5. Hora:** hora y minutos cuando fue tomada la temperatura de salida.

**2.6. Cantidad:** cantidad de toneladas de mezcla asfáltica despachada.

**2.7. Vagoneta muestreada:** marcar con X en el espacio correspondiente si la vagoneta fue muestreada o no.

**2.8. Viaje No.:** corresponde al número de viaje.

**2.9. Muestreador:** nombre y dos apellidos de la persona encargada de muestrear este despacho.

**2.10. Observaciones:** espacio para indicar alguna situación especial en este despacho.

**2.11. Nombre y firma del inspector de planta:** nombre y dos apellidos del Inspector encargado de la inspección en esta planta.

**3. Recepción de la mezcla en sitio:** información correspondiente al proceso de recepción de la mezcla en sitio de la obra, arribo del material, tramo de colocación y uso del material.

- 3.1. Arribo del material:** indicar la hora en que la mezcla asfáltica llegó al sitio y la temperatura en °C a la hora de su arribo.
- 3.2. Tramo de colocación del material:** indicar de donde a donde se va a realizar la colocación de la mezcla asfáltica, la hora en horas y minutos y la temperatura de la mezcla asfáltica en el momento de la colocación. Número y nombre de la sección de control.
- 3.3. Kilómetro inicial:** indicar el kilómetro inicial establecido para la reparación de la ruta respectiva.
- 3.4. Kilómetro final:** indicar el kilómetro final establecido para la reparación de la ruta respectiva.
- 3.5. Uso del material:** marcar con X en el espacio correspondiente al uso que se le va a dar al material indicado en esta guía.
- 3.6. Observaciones:** espacio para indicar alguna situación especial relacionada con el recibido del material.
- 3.7. Nombre del inspector en sitio:** nombre y dos apellidos del Inspector en sitio encargado de controlar la reparación de la ruta.
- 3.8. Firma:** Firma del inspector indicado en el punto 3.7.

**NO SE DEBE ACEPTAR EL USO DE LA "TRABA",**  
actividad que consiste en extender una capa delgada  
de mezcla asfáltica menor a 4 cm en el área a bachear  
una vez que se ha aplicado y roto el riego de liga.

## j. Compactación

Cuando la capa de mezcla asfáltica que debe ser colocada es mayor a 10 cm, la compactación se debe realizar en subcapas inferiores a los 10 cm y superiores a 3 veces el tamaño máximo nominal del agregado, por ejemplo: para una mezcla de tamaño máximo nominal de agregado de 12,5 mm el espesor mínimo será de 4 cm compactados ver Figura 14. Las capas se deben compactar el mismo día, bajo las mismas condiciones de temperatura de colocación y compactación y cuidando que las superficies entre capas no se contaminen, lo que garantiza adherencia entre capas, por lo que no se permiten trabajos al día siguiente, además se debe de evitar que permanezca una irregularidad importante de la superficie durante más de 24 horas que afecte el tránsito seguro de los usuarios. La última capa debe extenderse por

encima del nivel de la carretera (una altura indicada por el ingeniero), de manera que después de la compactación, el bache quede al mismo nivel del pavimento existente (Figura 15). En cualquier caso, se deben utilizar compactadores de rodillo, con excepción que las dimensiones del bache no lo permitan.

**EL MATERIAL NO SE DEBE LANZAR CON PALA, SE TIENE QUE COLOCAR DE MANERA TAL QUE NO PRODUZCA SEGREGACIÓN, con cuidado y a menos de 90 cm de altura.**

Durante el proceso de compactación la mezcla asfáltica caliente debe oscilar entre los 90°C y 110°C de temperatura, pero es particular para cada proyecto y las características de la mezcla asfáltica, el manual de conservación vial recomienda que la temperatura de colocación y compactación no será menor de 100°C.

La compactación deseada oscilará entre los 92% y 97%, rango que debe verificarse en el cartel de licitación.

El inspector tiene la responsabilidad de revisar la temperatura de la mezcla, en dos o tres puntos, para cada descarga y la rechazará si no supera la temperatura mínima especificada para compactación, según lo establecido en el cartel de licitación.

**EN CASO DE LLUVIA EL INSPECTOR DEBE DETENER LA COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE.**

Además, el inspector tiene la responsabilidad de revisar que se cumpla con el patrón de compactación establecido según el bache de prueba o la franja de control y decidir si se requiere un nuevo bache de prueba

en caso de que cambien las condiciones de espesor, cambio de compactadora, características de la mezcla o condiciones climáticas. En la superficie del bache es recomendable compactar las orillas primero.



Figura 14. Espesores de referencia para un tamaño nominal de 12,5 cm  
Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998..

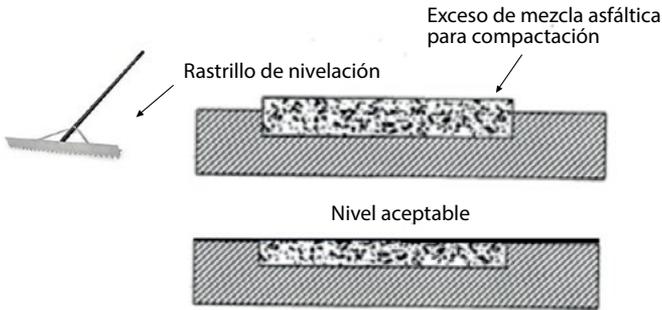


Figura 15. Exceso de mezcla para compactación  
Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

### k. Verificar nivel del bache

Utilizando un codal o escantillón se debe verificar el nivel y la lisura del bache a lo largo de su perímetro. El acabado superficial del bache debe ser homogéneo y con una textura adecuada. Si los bordes no se encuentran regulares, se dan problemas de irregularidad que se traducen en incomodidades para el usuario y sobrecostos de operación para los vehículos. Además, se debe comprobar que se mantenga el bombeo de la calzada (pendiente transversal para que se evacue el agua superficial).

## I. Aplicar sello

Es recomendable aplicar un sello a lo largo del perímetro del bache. La aplicación consiste en un riego asfáltico líquido, junto con una aplicación de agregado fino. Lo anterior incrementa significativamente la vida útil del bache.

## m. Remover desechos, sobrantes, retirar equipo y señales de seguridad

Se deben remover todos los escombros y dispositivos de control de tránsito para la reapertura de la carretera, después de verificar que la mezcla se ha enfriado y tiene la capacidad de soporte adecuado para resistir las cargas del tránsito.

## n. Tomar fotografías

Se deben tomar algunas fotografías georeferenciadas y con indicación de la ruta y sección de control, de casos sobresalientes y/o representativos, en la situación final, que permitan evidenciar el trabajo realizado.

## 6. TONELADAS REQUERIDAS PARA UN BACHE

Para calcular la cantidad de toneladas requeridas es necesario cubicar el bache y multiplicarlo por la densidad de la mezcla colocada.

### *Cálculo de volumen del bache*

Se determinará el volumen del bache realizando la medición de varios espesores distribuidos en forma de cuadrícula en todo el ancho y largo del bache. Se recomienda tomar una medida de espesor por medio de un escantillón o una cuerda tomar de referencia la superficie superior del bache varias veces, dependiendo del tamaño del bache. También se puede medir por medio de un medidor de espesores como el que se muestra en la Figura 16c. A mayor número de medidas, más exacto será el volumen medido.

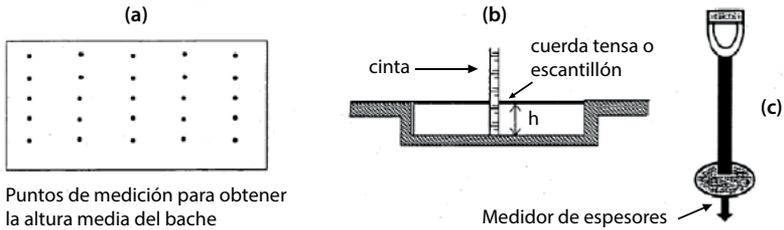


Figura 16. Esquema de medición del espesor del bache  
 Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

El volumen de un bache rectangular se calculará mediante la fórmula:

$$V = A \times L \times e_p$$

Donde:

V = Volumen de bache en m<sup>3</sup> (metros cúbicos)

A = Ancho en metros

L = Largo en metros

e<sub>p</sub> = espesor promedio en metros

$$e_p = \frac{\sum e}{n}$$

$\sum e$  = suma de todos los espesores medidos en metros

n = número de medidas realizadas

Ejemplo:

Si se midieron 6 espesores en un bache: 12 cm, 12 cm, 15 cm, 12 cm, 13 cm y 14 cm, y el ancho es de 1,20 m y la longitud de 2,35 m, se tendrá lo siguiente:

$$e_p = \frac{\sum e}{n} = \frac{12 + 12 + 15 + 12 + 13 + 14}{6} = \frac{78}{6} = 12.5 \text{ cm}$$

Conversión de centímetros a metros:

$$\frac{12.5}{100} = 0.125 \text{ m}$$

Volumen del bache

$$V = A \times L \times e_p$$

$$V = 1.20 \text{ m} \times 2.35 \text{ m} \times 0.125 \text{ m} = 0.353 \text{ m}^3$$

### *Volumen de baches irregulares*

Los baches cortados deben tener formas rectangulares con pocas irregularidades. Para calcular el volumen se sumarán los volúmenes de cada parte rectangular usando la fórmula anterior.

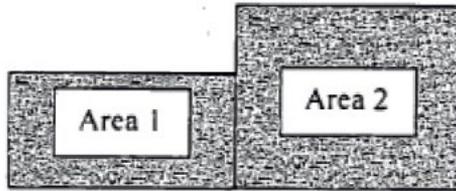


Figura 17. Bache de forma irregular

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

El volumen total de ese bache irregular será:

Largo  $\times$  ancho  $\times$  espesor promedio de área 1

+

Largo  $\times$  ancho  $\times$  espesor promedio de área 2

---

*Volumen total del bache irregular*

### *Densidad: relaciones entre volumen y peso*

La densidad de un material es la relación entre su masa (peso) y el volumen que ocupa. Es decir, cuanto más pesa un material en un volumen determinado, más denso es este (ejemplo: un cubo de hierro y un cubo de estereofón pueden tener el mismo volumen pero el de hierro pesa mucho más). Las mezclas asfálticas pueden tener diferentes densidades según los materiales que la componen. Por otro lado, una

misma mezcla asfáltica puede tener diferentes densidades según la compactación que se aplique y el acomodo que tengan sus partículas. De la misma manera, un material granular de la base, de subbase o de suelo será más denso cuanto más compactado se encuentre.

Por ejemplo, una mezcla asfáltica podría tener una densidad aproximadamente de unos 2200 kg por cada metro cúbico ( $2,2 \text{ t/m}^3$ ), cuando está en la vagoneta o apilada, se denomina densidad suelta. Esta misma mezcla asfáltica compactada correctamente podría tener una densidad aproximada de unos 2300 kg por cada metro cúbico ( $2,3 \text{ t/m}^3$ ), cuando ha sido colocada y compactada en el bache. El dato exacto de densidad depende de la fórmula de trabajo y los componentes que se estén usando el día de la producción. En el diseño de mezcla se obtiene la densidad de la mezcla, y esta densidad varía considerablemente entre una y otra mezcla.



Figura 18. Mezcla asfáltica suelta y compactada

Fuente: Manual de procedimientos de bacheo con mezcla asfáltica en caliente, Instituto Nacional de Aprendizaje, 1998.

### ***Cálculo de toneladas requeridas para un bache***

Generalmente el bacheo se paga por toneladas de mezcla colocada y compactada se realiza la siguiente operación:

$$T = V \times D \times \% C$$

Donde:

T = Toneladas de mezcla asfáltica

V = Volumen de bache en  $\text{m}^3$

D = Densidad máxima teórica en  $\left(\frac{\text{t}}{\text{m}^3} \text{ o } \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

%C = Porcentaje de compactación requerido

Ejemplo:

Sí el volumen del bache es  $0.353 \text{ m}^3$ , la densidad máxima teórica de la mezcla a colocar es de  $2.5 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$  ( $2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ) y el porcentaje de compactación deseado un 92% (0.92). La cantidad de mezcla en toneladas a buscar sería:

$$T = 0.353 \text{ m}^3 \times 2.5 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} \times 0.92 = 0.812 \text{ t ó } 812 \text{ kg}$$

Por lo que para el bache del ejemplo se requieren 0.812 Toneladas de mezcla asfáltica.

### ***Unidad de medición:***

Tonelada [t]

Nota: 1000 kg equivale a una tonelada

Es responsabilidad del ingeniero de proyecto definir las directrices de las intervenciones a realizar de acuerdo a los tipos de deterioros encontrados y a un análisis técnico-económico que justifique la intervención.

## 7. LISTA DE CHEQUEO

A continuación se muestra un ejemplo de lista de chequeo que se puede utilizar en campo para verificar, antes de iniciar las labores, que se cuenta con todo lo necesario para realizar el bacheo de manera adecuada.

**Cuadro 1. Lista de chequeo de equipo requerido por el inspector y de materiales y maquinaria requeridos por el contratista.**

OBJETO	✓
<b>EQUIPO REQUERIDO POR EL INSPECTOR</b>	
Libreta de Campo	
Crayón o pintura para marcar pavimento	
Formularios oficiales de la institución	
Lápiz o lapicero	
Cinta métrica	
Cuerda o codal / escantillón	
Termocupla y estuche	
Casco y chaleco de seguridad	
Calculadora portátil	
Copia del manual de procedimiento de bacheo	
Dispositivo de comunicación	
<b>MATERIALES</b>	
Mezcla asfáltica	
Emulsión asfáltica	
Material de base y sub-base (de ser requeridos)	
<b>EQUIPO Y MAQUINARIA</b>	
Palas y picos	
Cepillos y escobas	
Equipo de aire a presión	
Carretillos	
Rastrillos de nivelación	
Codal / escantillón	
Distribuidor de asfalto con aspersor (manual o camión)	
Equipo de corte o sierra	
Retroexcavadora o Back Hoe	
Perfiladora (opcional)	
Compactador vibratorio de rodillo	
Compactador manual	

### *Prácticas Adecuadas*



Ubicación y demarcación de borde a cortar para realizar el bache.



Equipo de sierra con disco de diamante para realizar el corte del bache.



Eliminar la superficie agrietada.



Se observa el afinado de esquinas y paredes del bache con una barra para que sean totalmente verticales, puede realizarse mediante un pico.



Limpieza de la superficie del bache mediante un compresor de aire.



Aplicación del riego de liga. La aplicación es uniforme y homogénea. Verificar que las paredes del corte del bache queden impregnadas uniformemente del riego de liga.



Comprobación de la temperatura de la mezcla asfáltica antes de la compactación se realiza en cada descarga. Cada comprobación de temperatura de la mezcla asfáltica caliente debe encontrarse dentro del rango establecido en el contrato.



Afinado de la superficie del bache mediante un rastrillo, el cual debe limpiarse con un solvente. Para evitar que el solvente afecte la mezcla asfáltica se recomienda que el rastrillo u otro elemento como palas, picos o barras se utilicen completamente secos.



En caso de que el bache sea de grandes dimensiones se realizará la compactación mediante la utilización de un compactador vibratorio de rodillo. Se sigue el patrón de compactación y el proceso se realiza en franjas.



Compactación de mezcla asfáltica recién colocada mediante la utilización de una plancha compactadora.



Ejemplo de bacheo formal concluido.

## *Prácticas Deficientes*



La reparación debe incluir toda el área agrietada. Además, utilizan “traba” cuando no es necesario.



Las paredes del bache deben ser rectas y no irregulares como se muestra en la fotografía.



La superficie del bache es irregular. Además, los agrietamientos observados se pueden reflejar en la nueva mezcla asfáltica. Por otro lado, las paredes del bache no fueron cortadas adecuadamente. Es necesario verificar el espesor mínimo.



Bache colocado en 2 capas. Contaminación de la primera capa sobre la cual se colocará la segunda para completar el espesor total del bache. La adherencia entre capas de mezcla asfáltica se ve perjudicada y además el espesor no cumple el mínimo adecuado.



El "Back Hoe" circula encima de la mezcla asfáltica recién colocada. Las llantas contaminan y perjudican la adherencia entre las capas de mezcla asfáltica en caliente. Se nota el agrietamiento en las áreas adyacentes. Además cabe recalcar que ni el back hoe ni las vagonetas son equipo para la compactación de la mezcla asfáltica.



La mezcla asfáltica no se debe lanzar, ya que esto provoca segregación térmica y separa las partículas finas de las gruesas afectando la calidad y la durabilidad de la capa colocada.



La superficie del bache es irregular. La superficie no está completamente limpia de material suelto. Al existir variaciones considerables de espesor, la compactación podría no ser homogénea.



El bache terminado se encuentra aproximadamente 3 cm por debajo del nivel original de la superficie de rodadura. El bache debe mantener las condiciones originales de la superficie de la carretera, considerando incluso el bombeo necesario.



Se debe evitar que la mezcla sobresalga de la superficie original de ruedo. Se debe verificar el nivel mediante el uso de un codal.



Malas condiciones de compactación de las diferentes capas del bache podrían provocar hundimientos importantes. La acumulación de agua puede ocasionar hidroplaneo.



Superficie de ruedo irregular producto de la construcción de diferentes baches con mal acabado.



Mal acabado podría generar diferencias de nivel en la superficie de ruedo.



Nunca se debe colocar mezcla asfáltica bajo condiciones de lluvia.



Tipos de imperfecciones del pavimento que pueden ocurrir al colocar mezclas de planta

Exudación

Apariencia opaca

Puntos con exceso de asfalto o grasos

Mala textura superficial

Superficie áspera desigual

Desmoronamiento o carcomido

Juntas desiguales

Huellas del compactador

Ondulaciones o Desplazamiento

Agrietamiento (muchas grietas finas)

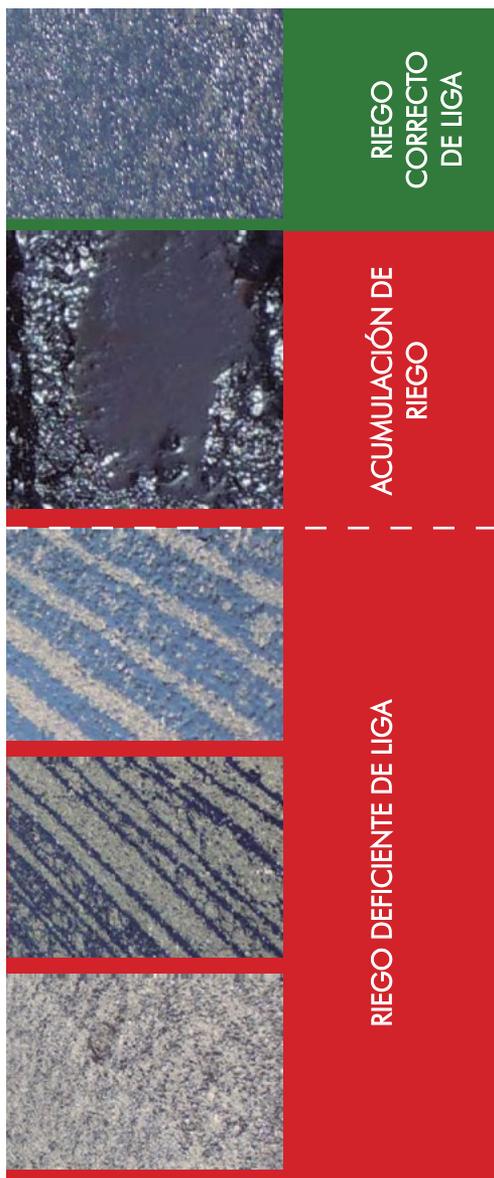
Agrietamiento (grietas largas y grandes)

Rocas fracturadas por el compactador

Desplazamiento de la superficie durante la colocación

Desplazamiento de la superficie sobre la base

### Tipos de riego de liga











---

**LABORATORIO NACIONAL**  
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales  
C.P. 11501-2060, San José, Costa Rica  
Tel.: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440  
Email: [direccion.lanamme@ucr.ac.cr](mailto:direccion.lanamme@ucr.ac.cr) / Web: <http://www.lanamme.ucr.ac.cr>