



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGÓN"

ALTERNATIVAS DE CONSERVACIÓN DE LA CAPA DE
RODAMIENTO DE UN PAVIMENTO FLEXIBLE

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A

OMAR QUIROZ PALMA

DIRECTOR: ING. RICARDO RODRIGUEZ CORDERO

San Juan de Aragón, Edo. De México Noviembre de 2011





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIAS
Y
AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a mis PADRES por todo el esfuerzo presentado durante un largo periodo de sacrificio

A mis padres.

“Alicia Palma Tepozteco y Tomas Quiroz Sánchez, por todo el apoyo incondicional que mostraron a lo largo de mi carrera y de toda mi vida, además de ser cómplices de este gran logro mediante sus vivencias y toda su experiencia en la vida, sin descartar su sacrificio económico para brindarme la mejor herencia, valores y carrera profesional”

A mi hermana Erika Quiroz.

“Por toda su carisma en el transcurso de la carrera que siempre me apoyo en las buenas y en las malas”

A mi hermana Marlene Quiroz.

“Por su grandeza como persona y como profesional que siempre me apoyo en diversos proyectos escolares”

A todos mis familiares.

“En especial a mis sobrinos Erick y Melanie que siempre han estado compartiendo la vida a mi lado y a todos mis tíos, primos y sobrinos”

A mi amiga la Lic. Abigail Montes

“Le agradezco todo ese apoyo brindado al final de la carrera, porque gracias a ti y a tus palabras de aliento me ayudaron a levantarme en los momentos difíciles de mi vida y carrera”

A mi amiga la Ing. Arq. Consuelo García

“Por su amistad y compañía brindada en momentos importantes”

A mis amigos Familia Ybarra Alanis

“Dedicatoria especial para el Señor Manuel, la Señora Rosa y mi amigazo Israel, por ser participe en este trabajo, mediante un apoyo insuperable y siempre demostrando su lealtad en aquellos momentos críticos de mi vida.”

A mis amigos de la FES Aragón

“Abad, Ángel, Héctor, Humberto, Alejandro, Adrian, Gustavo, por conocer el verdadero valor de la amistad dentro y fuera de las instalaciones de la gloriosa universidad, gracias a todos ellos por su amistad y compañerismo ininterrumpido”



A mi amigo el Lic. David Macías

“Por ser una de las personas quien me observo tropezar y levantarme de los golpes de la vida, además le agradezco infinitamente la ayuda mostrada durante la presentación de este trabajo”

A mi Director de Tesis el Ing. Ricardo Rodríguez Cordero, por su apoyo y asesoría brindada para la elaboración de este trabajo.

“Agradezco la Universidad Nacional Autónoma de México” por haberme dado la oportunidad de estudiar en sus aulas y aprender de todos sus profesores.

“Siempre confía en tus capacidades...”
Omar Quiroz Palma.

3



“por mi raza hablará el espíritu”



INDICE GENERAL	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I TRABAJOS DE CONSERVACION RUTINARIA	
1.1 Limpieza de la superficie de rodamiento y acotamiento	9
1.2 Sellado de grietas aisladas en carpeta asfáltica	13
1.3 Bacheo superficial aislado	17
1.4 Bacheo profundo aislado	24
CAPITULO II TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA	
2.1 Renivelaciones locales	35
2.2 Carpetas de un riego	44
2.3 Carpetas de granulometría abierta	53
2.4 Carpetas de mortero asfáltico	64
2.5 Carpetas asfálticas de granulometría densa	71
2.6 Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos	86
2.7 Recorte de carpetas asfálticas	91
	4
CAPITULO III RECICLAJE DE PAVIMENTOS	
3.1 Campos de aplicación	97
3.2 Tipos de reciclaje	98
Superficial	
En el lugar	
En planta	
3.3 Ventajas del reciclado como técnica de conservación	101
CAPITULO IV ASFALTOS MODIFICADOS	
4.1 Objetivo de la modificación	105
4.2 Beneficios que se buscan con la modificación del asfalto	105
4.3 Las asociaciones asfalto-polímero	106
4.3.1 Los asfaltos	106
4.3.2 Saturados	106
4.3.3 Aromáticos	106
4.3.4 Aromáticos polares	106
4.3.5 Resinas	106
4.3.6 Los polímeros	107
4.3.6.1 Resinas epoxi	107
4.3.6.2 Poliuretano	107
4.3.6.3 Poliesteres	108
4.3.7 Plastómeros	108
4.3.7.1 Polietileno	108
4.3.7.2 Polipropileno atáctico (EPDM)	108
4.3.7.3 E.V.A (etileno-acetato de vinilo)	108



4.3.7.4	Peso molecular	108
4.3.7.5	% acetato de vinilo	108
4.3.7.6	P.V.C. (policloruro de vinilo)	108
4.3.8	Elastómeros	108
4.3.8.1	SBR	109
4.3.8.2	Isopreno	109
4.3.8.3	Neopreno	109
4.3.8.4	S.B.S.	109
4.3.8.5	El mas incompatible	109
4.3.8.6	Butadieno	109
4.4	Compatibilidad	109
4.4.1	Polímeros compatibles	110
4.5	Caracterización de los asfalto modificados con polímeros	111
4.5.1	Ensayos de identificación y composición	111
4.5.2	Ensayos de compatibilidad	111
4.5.3	Ensayos para determinar la estabilidad al almacenamiento	112
4.5.4	Ensayos de comportamiento reológico y susceptibilidad a la temperatura	112
4.5.5	Otros modificadores	112
4.5.5.1	Llenante inerte	112
4.5.5.2	Llenante reactivo	112
	Cal hidratada	
	Negro de humo	
4.5.5.3	Ceras	113
4.5.5.4	Fibra mineral	113
	Asbesto	
	Fibra de vidrio	
	Lana mineral	
4.5.5.5	Fibras elastomericas y plastomericas	113
4.5.5.6	Fibra celulosa	113
4.5.5.7	Gilsonita y asfalto duro	113
4.5.5.8	Asfalto del Lago de Trinidad	113
4.5.5.9	Alquitrán	114
4.5.5.10	Azufre	114
4.5.5.11	Modificadores químicos	114
	Agentes oxidantes	
	Mejoradores de adherencia	
4.6	Aplicaciones de los ligantes modificados	114
4.6.1	Mezclas drenantes	115
4.6.2	Mezclas en caliente en capas delgadas (microaglomerados en caliente)	115
4.6.3	Mezclas bituminosas altamente resistentes para capa de rodadura	116
4.6.4	Tratamientos superficiales mediante riego con gravilla	116
4.6.5	Lechadas bituminosas	117
4.6.6	Membranas absorbentes de tensiones	117
4.6.7	Mezclas de alto módulo	117
4.7	Emulsiones con asfalto previamente modificados	117
4.8	Elaboración de emulsiones con asfalto modificado	118
4.9	Caracterización de las emulsiones modificadas	118
4.10	Aplicaciones de las emulsiones modificadas con polímeros	118
4.10.1	Riego de liga	118
4.11	Tratamientos superficiales	119
4.12	Mezclas abiertas en frio	119
4.13	Microaglomerados en frio	120



4.13.1 Aplicación	121
4.13.2 Ventajas del microaglomerado	121
4.13.3 Lo mejor al bajo costo	122
4.14 tratamiento antifisuras	122

CAPITULO V ASFALTO ESPUMADO

5.1 Asfalto espumado	124
5.2 Caracterización del asfalto espumado	125
5.3 Materiales tratados con asfalto espumado	125
5.3.1 Mezcla	125
5.3.2 Agregados	126
5.4 Condiciones de humedad de los agregados	127
5.5 El asfalto espumado en la construcción	129
5.6 Procedimiento del diseño de mezcla	129
5.7 Condiciones de curado	130
5.8 Aplicación del asfalto espumado	131
5.9 Reciclaje con asfalto espumado	132
5.9.1 Espesor de capas	132
5.9.2 Adaptabilidad del material	133
5.9.3 Dosificación del asfalto espumado	133
5.10 Ventajas del asfalto espumado	133
5.11 Las economías del asfalto espumado	133

6

CAPITULO VI COSTRA ASFALTICA

6.1 Tratamiento antipolvo	135
6.2 Agregados pétreos	136
6.3 Proceso constructivo	137
6.4 Recomendaciones generales	138
6.5 Lechadas asfálticas convencionales	139
6.5.1 Características técnicas	141
6.5.2 Ventajas que ofrecen las lechadas	141
6.5.3 Beneficios que ofrece la lechada asfáltica para la conservación de pavimentos	141

CONCLUSIONES	143
---------------------	-----

BIBLIOGRAFIA	144
---------------------	-----



INTRODUCCION

Los pavimentos con el transcurso del tiempo, sufren una serie de falas o deterioros que al manifestarse en la superficie de rodamiento disminuyen su capacidad para proporcionar un tránsito cómodo y expedito al usuario. Estas fallas y deterioros son producidos por la repetición continua de cargas, debidos a condiciones propias de la estructura del pavimento y de la acción de los agentes climáticos. considerando que, a todos los elementos que constituyen un camino, la superficie de rodamiento es lo que mas determina la posibilidad de un transito rápido, cómodo, seguro y sin vibraciones excesivas en los vehículos, que dañen sus sistemas y provoquen sobreesfuerzos en el propio pavimento, que disminuyan su vida útil. Será por demás importante el corregir oportunamente sus deterioros para evitar que progresen y obliguen a una reconstrucción para su arreglo. Por ellos, es lógico que una gran parte del esfuerzo en la conservación de carreteras se dedique a estas labores.

Hasta ahora, el Asfalto ha sido una solución rápida , buena y muy económica para reparar pavimentos con fallas o deformaciones , dando soluciones correctas a pavimentos asfálticos.

Los pavimentos asfálticos presentan una serie de fallas cuya prevención y/o corrección es abordada por operaciones de mantenimiento, las que suelen agruparse en dos categorías: operaciones rutinarias y operaciones periódicas.

7

Además de las operaciones rutinarias y periódicas, existen diferentes alternativas o técnicas en las conservación de nuestros caminos asfálticos, los cuales tienen distintos procesos y costo dentro de la ejecución de los trabajos.





**CAPITULO I
TRABAJOS DE CONSERVACION RUTINARIA.**



1.1 Limpieza de la superficie de rodamiento y acotamiento

Dentro de la conservación rutinaria, la limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos, es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie del pavimento con el propósito de eliminar los objetos extraños que afecten la comodidad y seguridad del usuario.

Materiales

En su caso, los materiales o productos que se utilicen en la limpieza de la superficie de rodamiento y de los acotamientos, deben ser tales que no causen daños a la superficie o a la estructura del pavimento, ni pongan en peligro la integridad de los usuarios al reducir la resistencia a la fricción de dicha superficie.

Por ningún motivo se admitirá el uso de sustancias agresivas que a juicio de Secretaría, dañen de cualquier forma la superficie o estructura del pavimento, tales como solventes, combustibles o lubricantes.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales o productos que se utilicen provocan daños al pavimento o a los usuarios, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra, por su cuenta y costo, reemplace los daños causados. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo

9

El equipo que se utilice para la limpieza de la superficie de rodamiento y los acotamientos, será el adecuado para obtener la calidad especificada por la Secretaría, en cantidad suficiente para limpiar el área establecida por la misa y conforme al programa de utilización de su maquinaria, siendo la responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Barredoras mecánicas

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de la superficie del pavimento y acotamientos deben tener una escoba rotatoria autopropulsada o remolcada, con el tipo de cerdas adecuadas según el material por remover

Unidades de agua a presión

Provistas de boquillas, capaces de producir una presión mínima de catorce (14) megapascales ($\pm 143 \text{ kg/cm}^2$).

Compresores de aire

Capaces de producir una presión mínima de seiscientos veinte (620) Kilopascales ($\pm 6 \text{ kg/cm}^2$), y provistos con los dispositivos necesarios para evitar la contaminación del aire con agua o aceite.



Transporte y almacenamiento.

El transporte y almacenamiento, tanto de los materiales y productos que se utilizarán para la limpieza, así como de los residuos producto de la misma, son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Los residuos producto de la limpieza se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas o protegidas con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositados en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolas al banco de desperdicios lo mas pronto posible.

Ejecución

Consideraciones generales

Para la limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos se considerará lo señalado en la clausula D de la Norma N LEG 3, *Ejecución de obras* Trabajos previos antes de iniciar los trabajo de limpieza, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma NPRY CAR 10 03 001, *Ejecución de Proyectos de Señalamiento y Dispositivos para Protección en Obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento seguridad que establece la clausula D de la Norma N LEG 3, *Ejecución de Obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de limpieza mientras no se cumpla con lo establecido en esta fracción :los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

10

Eliminación de objetos sólidos

Los objetos sólidos, tales como fragmentos de roca, árboles o pedazos de madera, basura y otros desperdicios que se encuentran en forma aislada sobre la superficie de rodamiento y/o los acotamientos, que no sea posible remover mediante la barredora, se retirarán mediante pepena y carga directa al camión, o se acumularan en almacenamientos temporales que apruebe la Secretaría, de tal forma que no vuelvan a depositarse sobre la superficie del pavimento, que no impidan el drenaje superficial u obstruyan las obras de drenaje.

Eliminación de materiales pulverulentos

En el caso de tierra, polvo y basura de reducido tamaño, que se encuentren esparcidos en la superficie de rodamiento o en los acotamientos, se retiraran mediante la barredora. Cuando se encuentren adheridos al pavimento, dependiendo del grado de adhesión que tengan y de la magnitud de las áreas afectadas, se desprenderán mediante el empleo de herramientas adecuadas, como cepillos de alambre, de fibra o de raíz y con la ayuda de aire comprimido o de agua a presión.

Si el volumen de materiales pulverulentos es excesivo, éstas se acamellonarán o apilarán, en los almacenamientos temporales aprobados por la Secretaría, fuera de la superficie de rodamiento.



Eliminación de sustancias líquidas y semilíquidas

Los fluidos producto de derrames de combustibles, solventes, lubricantes o cualquier otra sustancia líquida o semilíquida (excepto agua), vertidos accidentalmente sobre la superficie de rodamiento o los acotamientos, se eliminarán aplicando sobre ellos arena para ser absorbidos. Una vez saturada la arena, se removerá mediante paleo, acumulándola fuera de la superficie de rodamiento, en los almacenamientos temporales aprobados por la Secretaría o cargándola directamente al camión, atendiendo lo indicado en la clausula F de esta Norma. Posteriormente, según se requiera, se aplicarán detergentes comunes, agua y aire a presión, con el auxilio de los equipos y herramientas apropiadas, tales como rodillos o cepillos de fibra, de raíz, de cerdas o de alambre; si es necesario, la operación se repetirá hasta que, a juicio de la Secretaría, la sustancia haya sido eliminada totalmente y las propiedades antiderrapantes de la superficie del pavimento sean restablecidas.

Acabado

Superficie del pavimento

Después de concluidos los trabajos de limpieza de la superficie de rodamiento y los acotamientos, estos deben presentar, a juicio de la Secretaría, una textura y aspecto uniformes, sin residuos o materia extraña alguna.

Zonas utilizadas como almacenes temporales de desperdicios

11

En el menor tiempo posible, estas zonas quedarán libres de cualquier residuo, desperdicio, basura o material, extraídos durante el proceso de limpieza, que contaminen el entorno y entorpezcan o modifiquen el drenaje superficial del pavimento.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el proceso de limpieza, transporte, manejo y disposición de los residuos, el contratista de obra tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación de los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *Practicas Ambientales durante la conservación Rutinaria de las Obras*, y sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la limpieza de la superficie de rodamiento y de los acontecimientos hasta que haya sido recibida por la Secretaría.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que la limpieza se considere terminada y sea aceptada por la Secretaría, se verificará que la textura del pavimento no se haya alterado como consecuencia de los trabajos de limpieza y que la superficie de rodamiento y los acontecimientos no presenten defectos que, a juicio de la Secretaría hayan sido ocasionados por negligencia en la ejecución del trabajo. Asimismo, se verificará que la disposición final de todos los residuos se haya hecho en los bancos de desperdicios aprobados por la Secretaría.



Medición

Quando la limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirá según lo señalado en la Clausula E de la Norma N LEG *Ejecución de Obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad:

- ✚ La hectárea limpiada, cuando se trate de la limpieza general del pavimento, con aproximación a un décimo (0.1)
- ✚ El metro cuadrado limpiado, cuando se trate de limpieza local, motivada por accidentes o derrumbes, entre otros, con aproximación a la unidad.

Base de pago

Quando la limpieza de la superficie de rodamiento y los acotamientos se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Clausula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para la hectárea o el metro cuadrado limpiado, según sea el caso. En el caso de conceptos de obra para conservación, que incluyan la limpieza de la superficie de rodamiento y del acotamiento como parte de su ejecución, ésta se incluirá dentro del precio unitario del concepto de que se trate. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F de la Norma N LEG, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

12

- ✚ Valor de adquisición de los materiales y productos para la limpieza; carga, transporte y descarga de los materiales y productos hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamientos.
- ✚ Eliminación o retiro de los materiales sólidos, pulverulentos, líquidos y semilíquidos.
- ✚ Suministro y utilización de agua
- ✚ Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan a los almacenamientos temporales y a los bancos de desperdicios, así como su extendido y tratamiento en dichos bancos, en la forma que apruebe la Secretaría.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales, productos y residuos, durante las cargas y las descargas
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto

Estimación y pago

Quando la limpieza de la superficie de rodamiento y los acotamientos se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada, la estimación y pago se efectuara de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*

En el caso de conceptos de obra para conservación, que incluyen la limpieza de su superficie de rodamiento o el acotamiento como parte de su ejecución, la estimación y pago se incluirá en el concepto de obra de que se trate.



Recepción de los trabajos

Cuando la limpieza de la superficie de rodamiento y los acotamientos se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada, una vez concluida la limpieza, la Secretaría la aprobará y, cuando el tramo sea operable, la recibirá conforme con lo señalado en la cláusula H de la Norma N LEG 3, *Ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

En el caso de conceptos de obra que incluyan la limpieza de la superficie de rodamientos o del acotamiento como parte de su ejecución, la limpieza se recibirá como parte del concepto de obra que se trate

1.2 Sellado de grietas aisladas en carpetas asfálticas

Es el conjunto de actividades necesarias para sellar grietas de hasta un (1) centímetro de abertura, que se manifiesten en forma aislada en carpetas asfálticas, con el propósito de prevenir la entrada de cuerpos extraños y del agua proveniente de escurrimientos superficiales, hacia las capas inferiores que integran la estructura del pavimento, evitando así la consecuente pérdida de resistencia, degradación o deterioro.

Materiales

Los materiales que se utilicen para el sellado de grietas en carpetas asfálticas pueden ser morteros, materiales asfálticos o productos especiales. En su caso, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 05 001 *materiales pétreos para carpetas y mezcla asfálticas* y N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, salvo que la Secretaría indique otra cosa.

13

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo, Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo

El equipo que se utilice para el desarrollo de grietas, será el adecuado para obtener la calidad especificada por la Secretaría, en cantidad suficiente para sellar la superficie determinada por la misma y conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, será imputables al contratista de obra.



Unidades de agua a presión

Provistas de boquillas, capaces de producir una presión mínima de catorce (14) megapascales ($\pm 143 \text{ kg/cm}^2$)

Compresores de aire

Capaces de producir una presión mínima de seiscientos veinte (620) Kilopascales ($\pm 6 \text{ kg/cm}^2$)

Equipos para la inyección del material de sellado

Consistente en bombas de extrusión con la suficiente capacidad para inyectar el volumen requerido de material de sellado hasta la profundidad adecuada, equipadas con una boquilla cuya forma ajuste dentro de las grietas y con la cual se pueda formar una cama uniforme del ancho y profundidad entre las caras de las grietas.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales y productos son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *Calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras* y considerando las recomendaciones del fabricante en el caso de productos comerciales. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

14

Ejecución

Consideraciones generales

Para el sellado de grietas se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG, *Ejecución de obras*

Preparación de los materiales de sellado

La preparación y manejo de los materiales que se emplean en el sellado de grietas, es responsabilidad del contratista de obra, y se harán considerando lo siguiente:

- ✚ Cuando se utilice mortero asfáltico, éste tendrá una dosificación que cumpla con la calidad indicada por la Secretaría.
- ✚ Cuando se utilicen cementos asfálticos, se calentaran para que tengan una temperatura de aplicación mínima de ciento cuarenta (140) grados Celsius.
- ✚ Cuando se utilicen productos de tipo comercial, se prepararan conforme a las instrucciones que proporcione el fabricante y apruebe la Secretaría.



Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se sellarán grietas en las siguientes condiciones:

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada
- ✚ Cuando este lloviendo
- ✚ Cuando la temperatura ambiente o de la carpeta sea menor o igual que trece (13) grados Celsius y se vayan a utilizar materiales o productos asfálticos que se apliquen en caliente.

Trabajos previos

Antes de iniciar los trabajos de sellado de grietas, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de sellado de grietas mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

15

Inmediatamente antes del sellado, la grieta por tratar debe estar limpia, exenta de materiales sueltos, substancias extrañas, polvo o humedad excesivo. Para tal objeto se limpiarán energéticamente las caras interiores de la grieta, empleando cepillos de cerda y aire comprimido, según se requiera. Cuando por cualquier circunstancia se suspenda la colocación del sello, antes de colocar éste, la grieta se limpiara nuevamente.

Cuando se utilice una emulsión asfáltica en frío o un mortero asfáltico con emulsión, previo a su aplicación, se hará un rociado ligero de agua en las caras interiores de la grieta, para propiciar su enfriamiento y evitar el rompimiento prematuro de la emulsión.

Cuando se utilice cemento asfáltico o materiales para sellado aplicados en caliente, las paredes de la grieta deben estar totalmente secas al momento de colocar el material.

Aplicación

Al momento de su aplicación, el material o producto para sellado presentará la viscosidad adecuada para fluir libremente a través de las grietas.

Para la aplicación, se emplearán dispositivos adecuados con boquillas cuyas dimensiones sean congruentes con la abertura de las grietas por tratar; las boquillas se mantendrán limpias para evitar la presencia de residuos. Se pueden utilizar procedimientos distintos, previa autorización de la Secretaría.

La aplicación del material debe hacerse distribuyéndolo en toda la extensión de la grieta, evitando al máximo excederse en la cantidad aplicada.



Los excedentes del material vertido se eliminarán, utilizando rasquetas o enrasadores, provistos de allanadores de goma o de neopreno.

No se aceptará la segregación, los grumos o el rompimiento anticipado de los materiales o productos por aplicar.

Una vez aplicado el producto, se evitará el tránsito vehicular sobre la superficie recién tratada, hasta que el material de sellado haya fraguado, para evitar que sea desprendido. EL tiempo de fraguado es responsabilidad del contratista de obra y lo estimará en campo, de acuerdo con las condiciones climáticas y el tipo de material utilizado.

Acabado

Una vez concluido el sellado de la grieta, la superficie de rodamiento debe presentar una textura uniforme, sin rebordes que impidan el libre escurrimiento superficial del agua sobre la carpeta.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el sellado de grietas, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación rutinaria de las obras*, y sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

16

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación del sellado de grietas hasta que el trabajo haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente en esta Norma, para que el sellado de grietas se considere terminado y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la secretaria cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

- ✚ Que la calidad de los materiales empleados cumpla con las características establecida como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma
- ✚ Que el acabado final de la superficie de rodamiento no presente afloramiento del material asfáltico o del producto de sellado, o cualquier defecto que, a juicio de la Secretaría, afecte la calidad y buen comportamiento del pavimento.
- ✚ Que la superficie del pavimento esté limpia y los excedentes del material o producto utilizado hayan sido retirados y depositados en el bando de desperdicios aprobado por la Secretaría.

Medición

Cuando los trabajos de sellado de grietas aisladas se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sean ejecutados conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la



Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad el metro de grieta sellada para cualquier ancho y profundidad de grieta, y para cada tipo de material o producto para sellado utilizado, con aproximación a un decimo (0.1).

Base de pago

Cuando el sellado de grietas se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medido de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro de grietas sellada, según el tipo de material o producto utilizado. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F de la Norma N LEG, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de los materiales y productos para el sellado. Carga, transporte y descarga de los materiales y productos hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento
- ✚ Limpieza de las caras interiores de la grieta
- ✚ Suministro y utilización de agua
- ✚ La aplicación de los materiales o los productos para el sellado
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto

17

Estimación y pago

La estimación y pago del sellado de grietas, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*

Recepción de los trabajos

Una vez concluidos los trabajos de sellado de grietas, la Secretaría los aprobará y, cuando el tramo sea operable, los recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I e la misma Norma.

1.3 Bacheo Superficial aislado

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de la carpeta asfáltica que presenta daños como oquedades por desprendimiento o desintegración inicial de los agregados, en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando la base del pavimento se encuentra en condiciones estables y sin exceso de agua. Se considera bacheo aislado cuando las áreas afectadas tengan una extensión menor de cien (100) metros cuadrados, por cada siete mil (7 000) metro cuadrados de pavimento.



Materiales

Los materiales que se utilicen para el bacheo superficial, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos* N CMT 4 05 002 y *calidad de materiales asfálticos modificados*, salvo que la Secretaría indique otra cosa.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo, Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo

El equipo que se utilice para el bacheo superficial, será el adecuado para obtener la calidad especificada por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen aprobado por la misma y conforme con el programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, será imputables al contratista de obra.

18

Equipo de corte

Con la capacidad, la potencia y el tamaño adecuados para ejecutar los cortes en todo el espesor de la carpeta asfáltica.

Unidades de agua a presión

Provistas de boquillas, capaces de producir una presión mínima de catorce (14) megapascuales ($\pm 143 \text{ kg/cm}^2$ aprox.).

Compresores de aire

Capaces de producir una presión mínima de seiscientos veinte (620) Kilopascuales ($\pm 6 \text{ kg/cm}^2$ aprox.), y provistos con los dispositivos necesarios para evitar la contaminación del aire con agua o aceite.

Petrolizadoras

Las petrolizadoras será capaces de establecer a temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas. Estarán equipadas con medidores de presión,



termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque, con bomba y barra de aplicación.

Compactadores de rodillo

Serán manuales, autopropulsados, reversibles, con uno o dos rodillos metálicos provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a ellos
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.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales y productos son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *Calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Los residuos producto de la remoción de la carpeta dañada se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositadas en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolas al banco de desperdicios lo más pronto posible.

19

Ejecución

Consideraciones generales

Para el bacheo superficial aislado se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG, *Ejecución de obras*.

Proporcionamiento de materiales

- ✚ Los materiales pétreos, asfálticos y, en su caso, aditivos que se empleen en el bacheo superficial, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla homogénea, con las características aprobadas por la Secretaría. La reposición de la carpeta puede hacerse con mezcla asfáltica en caliente o bien, con mezcla o mortero asfáltico en frío.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y, en su caso, aditivos que se utilicen en el bacheo superficial, no se obtiene una mezcla con las características aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se ejecutarán los trabajos de bacheo superficial en las siguientes condiciones:

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada.
- ✚ Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual será colocada la mezcla este por debajo de los quince (15) grados Celsius, si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, o bien, cuando esté por debajo de los cuatro (4) grados Celsius en el caso de mezcla o mortero asfáltico en frío.
- ✚ Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los diez (10) grados Celsius, si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, o bien, cuando esté por debajo de los (4) grados Celsius en el caso de mezclas o mortero asfáltico en frío. La temperatura ambiente será tomada a las sombras lejos de cualquier fuente de calor artificial.

Trabajos previos

Previo al inicio de los trabajos, se realizará un levantamiento mediante inspección visual, de los daños en la carpeta que serán mediante bacheo superficial. Si dicho levantamiento no es proporcionado por la Secretaría, el contratista de obra lo realizará, por su cuenta y costos, presentándolo a ésta para su aprobación.

Antes de iniciar el bacheo superficial, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de bacheo superficial mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Sobre la superficie de la carpeta asfáltica, se delimitarán con pintura las áreas por reparar identificadas en el levantamiento de daños previamente aprobado por la Secretaría. Las demarcaciones 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 desde el límite de la demarcación hasta las partes afectadas.

Una vez delimitado el bache, se efectuará el corte perimetral de las áreas marcadas en la carpeta, con una máquina cortadora de disco, para lograr que las paredes de la excavación sean verticales y evitar daños a la carpeta fuera del área afectada.

Después del corte, la carpeta dañada se retirará desde el interior hacia el perímetro del área afectada, empleando para ello herramientas adecuada, martillos



neumáticos, escarificadores u otro procedimiento que no dañe la carpeta fuera del área afectada.

La excavación debe quedar con el fondo nivelado libre de residuos de la carpeta demolida, partículas sueltas, polvo o de cualquier otra materia extraña, si es necesario empleando para su limpieza aire a presión. Los residuos podrán cargarse directamente al camión o acumularse en almacenamientos temporales que se apruebe la Secretaría, de tal forma que no vuelvan a depositarse sobre la superficie del pavimento, o que impidan el drenaje superficial u obstruyan las obras de drenaje.

Si es necesario, la superficie descubierta de la base existente se recompactará empleado equipo vibratorio adecuado, hasta alcanzar un grado de compactación mínimo de cien (100) por ciento respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO estándar, dentro de las tolerancias que establezca la Secretaría.

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 (ECR-60), a razón de uno coma dos (1,2) litros por metro cuadrado, a menos que la Secretaría apruebe otro material asfáltico u otra dosificación.

Inmediatamente antes de iniciar el bacheo superficial, la superficie por reparar deberá estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico.

Elaboración de la mezcla

El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla es responsabilidad del contratista de obra, teniendo los cuidados necesarios en el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad aprobados por la Secretaría y atendiendo lo indicado en la Norma N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad de la mezcla asfáltica, difiere de la aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción o suministro en tanto que el contratista de obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Tendido de la mezcla

Cuando se utilice mezcla asfáltica en caliente, ésta se tenderá con una temperatura mínima de ciento diez (110) grados Celsius. Si inmediatamente antes de ser tendida, su temperatura mínima de tendido, esa mezcla será rechazada y no será objeto de medición y pago.

La mezcla se extenderá de las orillas del área dañada hacia el centro para evitar la segregación, en cantidad suficiente y utilizando un dispositivo enrasador adecuado para que, una vez compactada, la superficie terminada quede uniforme y al mismo nivel que el resto de la carpeta. No se permitirá el tendido de la mezcla si existe segregación y ésta no será objeto de medición y pago.

De ser necesario, la mezcla se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar, hasta que, una vez compactadas como se indica en esta Norma, se obtenga el nivel de la superficie



original de la carpeta. Cuando el tendido se haga por capas y se utilice mezcla asfáltica en caliente, la capa sucesiva no debe tenderse hasta que la temperatura de la capa anterior sea menos de setenta (70) grados Celsius en su punto medio.

La cantidad y temperatura de tendido de la mezcla son responsabilidad del contratista de obra, tomando en cuenta que no se tenderán volúmenes mayores de los que puedan ser compactados de inmediato.

Compactación

La mezcla asfáltica se compactará inmediatamente después de tendida.

Si se utilice mezcla asfáltica en caliente, la compactación se iniciará cuando su temperatura sea de cien (100) grados Celsius como mínimo, y se terminará a una temperatura mínima de ochenta y cinco (58) grados Celsius.

La capa extendida 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.

Acabado

La superficie del bache tratado debe quedar limpia, presentar una textura y acabado uniformes, con el mismo nivel que el resto de la carpeta.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el proceso de bacheo, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación rutinaria de las obras*, y sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación del bacheo hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Calidad de la mezcla asfáltica

Que los materiales pétreos utilizados en la mezcla asfáltica cumplan con las características establecida como se indica en esta Norma.

Que la mezcla asfáltica cumpla con las características previamente aprobadas por la Secretaría.

Que si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, su temperatura inmediatamente antes de ser tendida, no esté por debajo de la temperatura mínima de tendido menos cinco (5) grados Celsius.

Que la mezcla asfáltica no haya sido quemada.

Niveles

Que la diferencia de nivel entre el área bacheada y los bordes de la carpeta que la limitan, determinada mediante la colocación de una regla rígida de longitud suficiente para cubrir la superficie reparada en cualquier dirección, sea como máximo de más o menos cero coma cinco ($\pm 0,5$) centímetros, colocada la regla en cualquier dirección.

Textura superficial

Que la textura en la superficie del área reparada sea uniforme y similar a la del resto de la carpeta.

Residuos

Que una vez terminado el bacheo superficial, la superficie del pavimento esté limpia, atendiendo lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001 *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*, y que la disposición final de todos los residuos producto de la demolición de la carpeta dañada se haya hecho en los bancos de desperdicios aprobados por la Secretaría.

Medición

Cuando el bacheo superficial aislado se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sean ejecutados conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad el metro cúbico de bacheo terminado, según el tipo de mezcla asfáltica utilizada, con aproximación a un decimo (0.1).

Base de pago

Cuando el bacheo superficial aislado se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medido de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de bacheo terminado, según el tipo de mezcla asfáltica utilizada. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F de la Norma N LEG, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de la mezcla asfáltica y del material para el riego asfáltico. Carga, transporte y descarga de la mezcla y del material para el riego asfáltico hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento
- ✚ Levantamiento de daños sobre la carpeta mediante inspección visual y delimitación con pintura de las áreas por reparar
- ✚ Corte con disco y remoción de la carpeta asfáltica dañada
- ✚ Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan a los almacenamientos temporales y a los bancos de desperdicios, así como su extendido y tratamiento en dichos bancos, en la forma que apruebe la Secretaría
- ✚ Recompactación, barrido y limpieza la superficie descubierta de la base.



- ✚ Aplicación del riego asfáltico
- ✚ Tendido y compactación de la mezcla
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001 limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto

Estimación y pago

La estimación y pago del bacheo superficial aislado, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, ejecución de obras.

Recepción de los trabajos

Una vez concluidos los trabajos de bacheo superficial aislado, la Secretaría los aprobará y, cuando el tramo sea operable, los recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I e la misma Norma.

1.4 Bacheo profundo aislado

24

Es el conjunto de actividades que se realizan para reponer una porción de pavimento asfáltico que presenta daños como deformaciones y oquedades por desprendimiento o desintegración, en zonas localizadas y relativamente pequeñas, cuando las capas subyacentes del pavimento se encuentra en condiciones inestables o con exceso de agua. Se considera bacheo aislado cuando las áreas afectadas tengan una extensión menor de cien (100) metros cuadrados, por cada siete mil (7 000) metro cuadrados de pavimento.

Materiales

Los materiales que se utilicen para el bacheo profundo, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 03, *materiales para bases*, N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002 y *calidad de materiales asfálticos modificados*, salvo que las Secretaría indique otra cosa.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo, Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Equipo

El equipo que se utilice para el bacheo profundo, será el adecuado para obtener la calidad especificada por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen aprobado por la misma y conforme con el programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo de corte

Con la capacidad, la potencia y el tamaño adecuados para ejecutar los cortes en todo el espesor de la carpeta asfáltica.

Unidades de agua a presión

Provistas de boquillas, capaces de producir una presión mínima de catorce (14) megapascales (± 143 kg/cm² aprox.).

Compresores de aire

Capaces de producir una presión mínima de seiscientos veinte (620) Kilopascales (± 6 kg/cm² aprox.), y provistos con los dispositivos necesarios para evitar la contaminación del aire con agua o aceite.

Petrolizadoras

Las petrolizadoras serán capaces de establecer a temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas. Estarán equipadas con medidores de presión, termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque, con bomba y barra de aplicación.

Compactadores de rodillo

Serán manuales, autopropulsados, reversibles, con uno o dos rodillos metálicos, provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a ellos.

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.

Transporte y almacenamiento.

El transporte y almacenamiento de todos los materiales y productos son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en



cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 03, *materiales para bases*, N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Los residuos producto de la remoción del pavimento dañado se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositadas en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolas al banco de desperdicios lo más pronto posible.

Ejecución

Consideraciones generales

Para el bacheo profundo aislado se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG, *ejecución de obras*

Preparación de los materiales para la base

Cuando sea necesario mezclar los materiales con cemento o cal, para lograr un material con calidad de base para la reposición de los materiales subyacentes a la carpeta asfáltica, su mezclado se efectuará mediante uno de los siguientes métodos:

26

Mezclado en plantas

Los materiales se mezclarán incorporando el agua necesaria para la compactación, en una planta de mezclado central del tipo amasado o pugmill, de tambor rotatorio o bien de mezclado continuo, tomando en cuenta la siguiente:

- ✚ En plantas del tipo pugmill o de tambor rotatorio, la dosificación de los materiales se hace por masa.
- ✚ En mezcladoras de tipo continuo, la dosificación de los materiales se hace por masa o por volumen. En ambos casos la mezcla debe cumplir con las mismas características de calidad aprobadas por la Secretaría.
- ✚ El material mezclado en la planta se transportará al sitio de su utilización, procurando mantener el contenido de agua apropiado, para que pueda ser colocado y compactado.

Mezclado en el lugar

Si la mezcla de los materiales con cemento o cal se hace en el lugar de su utilización, se mezclarán en seco con objeto de obtener un material homogéneo.

Proporcionamiento de la mezcla asfáltica

Los materiales pétreos, asfálticos y, en su caso, aditivos que emplean en el bacheo profundo, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla homogénea, con las características aprobadas por la Secretaría. La reposición de la carpeta puede hacerse con mezcla asfáltica en caliente o bien, con mezcla o mortero asfáltico en frío.



Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y, en su caso, aditivos que se utilicen para la reposición de la carpeta, no se obtiene una mezcla con las características aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se ejecutarán los trabajos de bacheo profundo en las siguientes condiciones:

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada.
- ✚ Cuando en el momento de la reposición de la carpeta asfáltica exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual será colocada la mezcla este por debajo de los quince (15) grados Celsius, si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, o bien, cuando esté por debajo de los cuatro (4) grados Celsius en el caso de mezcla o mortero asfáltico en frío.
- ✚ Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los diez (10) grados Celsius, si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, o bien, cuando esté por debajo de los (4) grados Celsius en el caso de mezclas o mortero asfáltico en frío. La temperatura ambiente será tomada a las sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.

27

Trabajos previos

Previo al inicio de los trabajos, se realizará un levantamiento mediante inspección visual, de los daños en el pavimento que serán reparados mediante el bacheo profundo. Si dicho levantamiento no es proporcionado por la Secretaría, el contratista de obra lo realizará, por su cuenta y costos, presentándolo a ésta para su aprobación.

Antes de iniciar el bacheo profundo, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de bacheo profundo mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Sobre la superficie de la carpeta asfáltica, se delimitarán con pintura las áreas por reparar identificadas en el levantamiento de daños previamente aprobado por la Secretaría. Las demarcaciones serán de forma rectangular con dos de sus lados perpendiculares al eje de la carretera, donde el bache quedará inscrito, con un margen



de cincuenta (50) centímetros desde el límite de la demarcación hasta las partes afectadas.

Una vez delimitado el bache, se efectuará el corte perimetral de las áreas marcadas en la carpeta, con una maquina cortadora de disco, para lograr que las paredes de la excavación sean verticales y evitar daños a la carpeta fuera del área afectada.

Después del corte, la carpeta hasta una profundidad de diez (10) centímetros por debajo de la última capa por reponer, el pavimento dañado se retirará desde el interior hacia el perímetro del área afectada, empleando para ello herramientas adecuada, martillos neumáticos, escarificadores u otro procedimiento que no dañe el pavimento fuera de dicha área. La excavación debe quedar con el fondo nivelado libre de residuos del pavimento demolido, partículas sueltas o de cualquier otra materia extraña. Dicha excavación, cuando lo amerite por exceso de humedad principalmente, se prolongará hasta el talud mas próximo. Los residuos podrán cargarse directamente al camión o acumularse en almacenamientos temporales que se apruebe la Secretaría, de tal forma que no vuelvan a depositarse sobre la superficie del pavimento, o que impidan el drenaje superficial u obstruyan las obras de drenaje.

Durante la excavación, al descubrir las capas subyacentes a la carpeta, se procurará no alterar sus condiciones, empleando, si es necesario, herramienta manual para llegar al nivel de excavación previsto en sus últimos veinte (20) centímetros. Para que las paredes de la excavación permanezcan verticales, se aplicará en ellas, si es necesario, un mortero hidráulico en proporción uno a tres (1:3)

28

Si así lo indica Secretaría, el fondo de la excavación se recompactará 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 estándar, dentro de las tolerancias que establezca la Secretaría.

Reposición de las capas subyacentes a la carpeta

Los materiales para la reposición de las capas subyacentes a la carpeta asfáltica, se colocarán con el contenido de agua óptimo de compactación, en capas con espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar, como se indica en la Fracción 9 de esta Norma.

Elaboración de la mezcla

El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla es responsabilidad del contratista de obra, teniendo los cuidados necesarios en el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad aprobados por la Secretaría y atendiendo lo indicado en la Norma N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad de la mezcla asfáltica, difiere de la aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción o suministro en tanto que el contratista de obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Tendido de la mezcla

Inmediatamente antes de iniciar la reposición de la carpeta, la superficie de la base estará debidamente conformada y compactada, exenta de materiales extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico.

Sobre la superficie compactada de la capa subyacente a la carpeta y en las paredes del corte se aplicará un riego asfáltico ligero y uniforme con una emulsión de rompimiento rápido (ECR-60), a razón de uno coma dos (1,2) litros por metro cuadrado, a menos que la Secretaría apruebe otro material asfáltico u otra dosificación. En el caso en que se utilice mezcla asfáltica en caliente, éstas se tenderá con una temperatura mínima de ciento diez (110) grados Celsius. Si inmediatamente antes de ser tendida, su temperatura es de cinco (5) grados Celsius o mas, por debajo de la temperatura mínima de tendido, esa mezcla será rechazada y no será objeto de medición y pago.

La mezcla se extenderá de las orillas del área dañada hacia el centro para evitar la segregación, en cantidad suficiente y utilizando un dispositivo enrasador adecuado para que, una vez compactada, la superficie terminada quede uniforme y al mismo nivel que el resto de la carpeta. No se permitirá el tendido de la mezcla si existe segregación y ésta no será objeto de medición y pago.

De ser necesario, la mezcla se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar, hasta que, una vez compactadas como se indica en la Fracción G 9 de esta Norma, se obtenga el nivel de la superficie original de la carpeta. Cuando el tendido se haga por capas y se utilice mezcla asfáltica en caliente, la capa sucesiva no debe tenderse hasta que la temperatura de la capa anterior sea menos de setenta (70) grados Celsius en su punto medio.

La cantidad y temperatura de tendido de la mezcla son responsabilidad del contratista de obra, tomando en cuenta que no se tenderán volúmenes mayores de los que puedan ser compactados de inmediato.

Compactación

Cada capa de material de base o de mezcla asfáltica se compactará inmediatamente después de colocada o tendida.

En el caso del material de base, la capa se compactará hasta alcanza un grado de compactación mínimo del cien (100) por ciento respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida en la prueba AASHTO estándar, excepto en los últimos treinta (30) centímetros, en los que se compactará como mínimo al cien (100) por ciento respecto a la masa AASHTO modificada, en ambos casos dentro de las tolerancias que establezca la Secretaría.

La compactación de los materiales de base se hará de preferencia con compactadores de placa o de rodillos lisos vibratorios.

Cuando se utilice mezcla asfáltica en caliente, la compactación se iniciará cuando su temperatura sea de cien (100) grados Celsius como mínimo, y se terminará a una temperatura mínima de ochenta y cinco (85) grados Celsius. En todos los casos la compactación de la mezcla asfáltica se hará hasta alcanzar el noventa y cinco (95)



por ciento de la masa volumétrica máxima, obtenida en la prueba Marshal, dentro de las tolerancias que establezca la Secretaría.

La compactación de la base y de la mezcla asfáltica, se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro, efectuando un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

Acabado

La superficie del bache tratado debe quedar limpia, presentar una textura y acabado uniformes, con el mismo nivel que el resto de la carpeta.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el proceso de bacheo, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación rutinaria de las obras*, y sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación del bacheo hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que el bacheo profundo se considere terminado y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

Calidad del material base

- ✚ Que los materiales de base cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma.
- ✚ Que la compactación del material de base, determinada mediante una cala por cada bache, cumpla con lo establecido en el inciso G 9.2 de esta Norma. La Secretaría puede verificar el grado de compactación en cualquier sitio que juzgue conveniente.

Calidad de la mezcla asfáltica

Que los materiales pétreos utilizados en la mezcla asfáltica cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma.

Que la mezcla asfáltica cumpla con las características previamente aprobadas por la Secretaría

Que si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, su temperatura inmediatamente antes de ser tendida, no esté por debajo de la temperatura mínima de tendido menos cinco (5) grados Celsius.

Que la mezcla asfáltica no haya sido quemada.



Que la compactación de la mezcla asfáltica, determinada mediante una cala por cada bache, cumpla con lo establecido en el inciso G 9.4 de esta Norma. La Secretaría puede verificar el grado de compactación en cualquier sitio que juzgue conveniente.

Niveles

Que la diferencia de nivel entre el área bacheada y los bordes de la carpeta que la limitan, determinada mediante la colocación de una regla rígida de longitud suficiente para cubrir la superficie reparada en cualquier dirección, sea como máximo de mas menos cero coma cinco ($\pm 0,5$) centímetros, colocada la regla en cualquier dirección.

Volúmenes

Que para verificar los volúmenes colocados, previo a la reposición del material de base y al tendido de la mezcla asfáltica, se cubique el volumen en la excavación, aplicando seccionamiento y el método de promedio de áreas extremas.

Textura superficial

Que la textura en la superficie del área reparada sea uniforme y similar a la del resto de la carpeta.

Residuos

Que una vez terminado el bacheo profundo, la superficie del pavimento esté limpia, atendiendo lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001 limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos, y que la disposición final de todos los residuos producto de la demolición del pavimento dañado se haya hecho en los bancos de desperdicios aprobados por la Secretaría.

Medición

Cuando el bacheo profundo aislado se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sean ejecutados conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, considerando lo siguiente:

- ✚ La reposición de las capas subyacentes a la carpeta asfáltica se medirá tomando como unidad el metro cúbico de base compactada, según su tipo y grado de compactación, con aproximación a la unidad.
- ✚ La reposición de la carpeta asfáltica se medirá tomando como unidad el metro cúbico de carpeta terminada, según el tipo de mezcla asfáltica utilizada, con aproximación a un décimo (0.1.).

Base de pago

Cuando el bacheo profundo aislado se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medido de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará conforme a lo indicado Cláusula F de la Norma N LEG, *ejecución de obras*, considerando lo siguiente:



La reposición de las capas subyacentes a la carpeta asfáltica, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de base compactada, según su tipo y grado de compactación. Este precio incluye lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de los materiales para la base, incluyendo, en su caso, el cemento o la cal; permisos de explotación de bancos de agua, así como la extracción del agua; incorporación y mezclado del cemento o la cal y del agua; carga, transporte, hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.
- ✚ Levantamiento de daños sobre la carpeta mediante inspección visual y delimitación con pintura de las áreas por reparar.
- ✚ Corte con disco y remoción de las capas dañadas del pavimento.
- ✚ Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan a los almacenamientos temporales y a los bancos de desperdicios, así como su extendido y tratamiento en dichos bancos, en la forma que apruebe la Secretaría.
- ✚ Recompactación del fondo de la excavación.
- ✚ Tendido y compactación de la base, a los grados establecidos en el inciso G 9.2 de esta Norma.
- ✚ Afinamiento de la base compactada.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales y residuos durante las cargas y las descargas.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

La reposición de la carpeta asfáltica se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de carpeta terminada, según el tipo de mezcla asfáltica utilizada. Este precio incluye lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de la mezcla asfáltica y del material para el riego asfáltico. Carga, transporte y descarga de la mezcla y del material para el riego asfáltico hasta el sitio de su utilización y cargo por almacenamiento.
- ✚ Barrido y limpieza de la superficie sobre la que se repondrá la carpeta asfáltica.
- ✚ Aplicación de riego asfáltico
- ✚ Tendido y compactación de la mezcla, al grado establecido en el inciso G 9.4 de esta Norma.
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.



- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales y residuos durante las cargas y las descargas.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

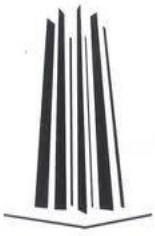
Estimación y pago

La estimación y pago del bacheo superficial aislado, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, ejecución de obras.

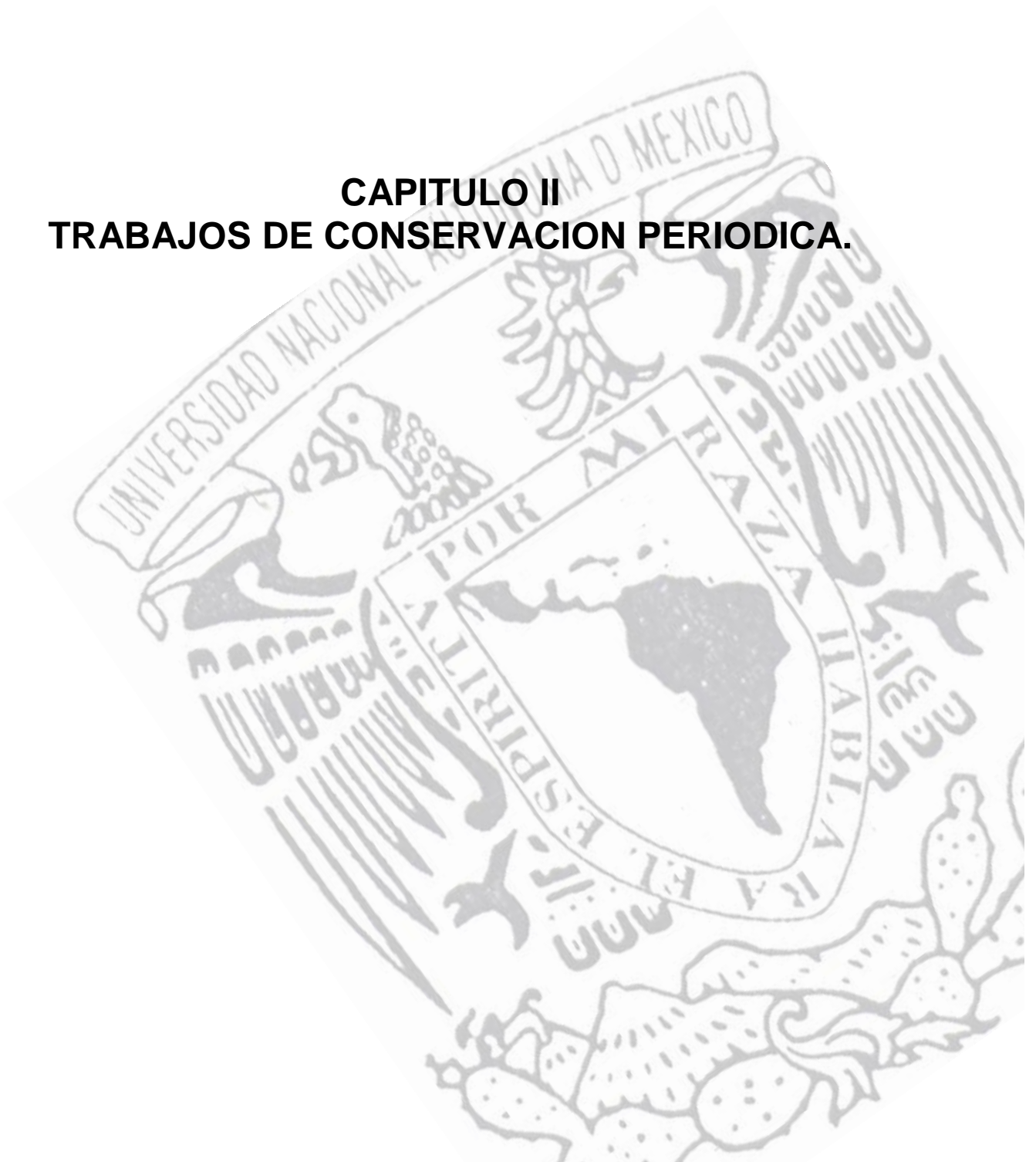
Recepción de los trabajos

Una vez concluidos los trabajos de bacheo profundo aislado, la Secretaría los aprobará y, cuando el tramo sea operable, los recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I e la misma Norma.





CAPITULO II TRABAJOS DE CONSERVACION PERIODICA.





2.1 Renivelaciones locales

Es el conjunto de actividades que se realizan sobre la superficie de rodadura de un pavimento asfáltico para corregir deformaciones permanentes, tales como roderas, depresiones y corrugaciones, entre otras, con el propósito de restablecer las características geométricas, de drenaje superficial, de seguridad y de comodidad de la carretera. La renivelación local puede hacerse con mezcla asfáltica en caliente o en frío, según lo indique el proyecto o apruebe la Secretaría.

Para que una superficie de rodadura sea susceptible de corregirse mediante trabajos de renivelación, no debe existir insuficiencia estructural del pavimento y las deformaciones máximas deben estar comprendidas entre uno (1) y cinco (5) centímetros, medidas con una regla rígida, con longitud mínima de tres (3) metros, colocadas en cualquier dirección; tampoco debe presentar agrietamientos por fatiga, que se reflejarían en la superficie corregida. Se considera renivelación local cuando el volumen de mezcla asfáltica por colocar es menor de doscientos (200) metros cúbicos por kilómetro.

Materiales

Los materiales que se utilicen en la renivelación local, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de los materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados*, N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Los materiales pétreos que se utilicen, tendrán una granulometría densa, cuyo tamaño máximo sea compatible con el espesor de la capa reniveladora para colocar.

Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales pétreos o asfálticos, o la interacción entre ambos utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proyecto o será aprobado por la Secretaría. Si el contratista de obra propone la utilización de aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la Secretaría para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo, las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para el manejo, uso y aplicación de los aditivos.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Equipo

El equipo que se utilice para las nivelaciones locales, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Plantas de mezclado

La mezcla asfáltica se elaborará en caliente o en frío, en plantas mezcladoras que cuenten como mínimo con:

- ✚ En el caso de mezcla en caliente, con un secador con inclinación ajustable, colocado antes de las cribas clasificadoras, con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de la planta.
- ✚ En el caso de mezcla en caliente, con un pirógrafo a la salida del secador, para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- ✚ Cribas para clasificar el material pétreo por lo menos en tres (3) tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas material pétreo disponible para la mezcla.
- ✚ Tolvas para almacenar el material pétreo, protegiéndolo de la lluvia y el polvo, con capacidad suficiente para asegurar la operación continua de la planta por lo menos quince (15) minutos, sin ser alimentadas. Deben estar divididas en compartimientos para almacenar los materiales pétreos por tamaños.
- ✚ Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por masa y sólo en casos excepcionales, cuando así lo apruebe la Secretaría, por volumen. Los dispositivos deberán permitir un fácil ajuste de la mezcla en cualquier momento para poder obtener con rango de veinte (20) a doscientos diez (210) grados Celsius.
- ✚ Dispositivos que permitan dosificar el material asfálticos, con una aproximación de más o menos dos (± 2) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento.
- ✚ Mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- ✚ Recolector de polvo.
- ✚ Dispositivos para agregar finos.



Equipo de corte

Con la capacidad, la potencia y el tamaño adecuados para ejecutar los cortes en la carpeta asfáltica con la profundidad establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría.

Unidades de agua a presión

Provistas de boquillas, capaces de producir una presión mínima de catorce (14) megapascales (2 000 lb/in² aprox.).

Compresores de aire

Capaces de producir una presión mínima de seiscientos veinte (620) Kilopascales (90 lb/in² aprox.), y provistos con los dispositivos necesarios para evitar la contaminación del aire con agua o aceite.

Petrolizadoras

Las petrolizadoras serán capaces de establecer a temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas. Estarán equipadas con medidores de presión, dispositivos adecuados para la medición del volumen aplicado, termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque, bomba y barra de aplicación.

37

Pavimentadoras

Las pavimentadoras serán autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar la capa niveladora con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto o por la Secretaría, incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la carpeta asfáltica, como son: un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal, ser calentado en caso necesario y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora de la mezcla asfáltica con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparte la mezcla uniformemente frente al enrasador; y sensores de control automático de niveles.

Los dispositivos externos que se utilicen como referencia de nivel para los sensores de niveles, estarán colocadas en zonas limpias de piedras, basura o cualquier otra obstrucción que pudiera afectar las lecturas. Si durante la ejecución de los trabajos, los controles automáticos operan deficientemente, la Secretaría, a su juicio, podrá permitir al contratista de obra terminar el tendido del día, mediante el uso del control manual de la pavimentadora, sin embargo, el tendido no se podrá reiniciar en tanto que los controles automáticos funcionen adecuadamente.

Compactadores

Los compactadores serán autopropulsados, reversibles y provistos de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres (3) ejes con rodillos en tándem, con un diámetro mínimo de un (1) metro (40”).



Barredoras mecánicas

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de las superficies tendrán una escoba rotatoria con filamentos de material adecuado según la superficie por barrer y podrán ser remolcadas o autopropulsadas.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales y productos son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Los desperdicios o residuos se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositadas en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolos al banco de desperdicios lo más pronto posible.

Ejecución

Consideraciones generales

Para el bacheo profundo aislado se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Proporcionamiento de materiales

Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la renivelación local, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla homogénea, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la renivelación local, no se obtiene una mezcla con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se ejecutaran los trabajos de renivelación local:

- ☒ Sobre superficies con agua libre o encharcada.



- ✚ Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual será colocada la mezcla este por debajo de los quince (15) grados Celsius, si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, o bien, cuando esté por debajo de los cuatro (4) grados Celsius en el caso de mezcla o mortero asfáltico en frío.
- ✚ Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los diez (10) grados Celsius, si se utiliza mezcla asfáltica en caliente, o bien, cuando esté por debajo de los (4) grados Celsius en el caso de mezclas asfáltica en frío. La temperatura ambiente será tomada a las sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.

Trabajos previos

Previo al inicio de los trabajos, se realizará un levantamiento mediante inspección visual, de las deformaciones de la superficie de la carpeta que serán reparadas mediante renivelaciones locales. Si dicho levantamiento no es proporcionado por la Secretaría, el contratista de obra lo realizará, por su cuenta y costos, presentándolo a ésta para su aprobación.

Antes de iniciar la renivelación local, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de renivelación local mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Sobre la superficie de la carpeta asfáltica, se delimitaran con pintura las áreas por reparar identificadas en el levantamiento de daños previamente aprobado por la Secretaría. Las demarcaciones serán de forma rectangular o compuesta por rectángulos, con dos de sus lados perpendiculares al eje de la carretera. Así mismo, se determinará la profundidad máxima de las depresiones mediante el paso transversal y longitudinal de una regla rígida, con longitud mínima de tres (3) metros o la suficiente para que abarque todo el ancho de un carril.

Para lograr un adecuado remate de la capa reniveladora sobre las orillas de la superficie por tratar, se abrirá un rebaje perimetral mediante el uso de una maquina cortadora de disco sobre las áreas vecinas a los límites previamente marcados, del ancho necesario para que el espesor mínimo de la capa reniveladora sea compatible con el tamaño máximo del material pétreo que se utilice.

Terminado el rebaje, se procederá a picar la superficie por renivelar, empleando para ello herramienta adecuada, martillos neumáticos u otro procedimiento que no dañe la carpeta fuera del área por renivelar, espaciando los orificios aproximadamente a cada treinta (30) centímetros. La superficie por revinelar debe quedar libre de residuos, partículas sueltas, polvo o de cualquier otra materia extraña, si es necesario empleando para su limpieza aire a presión. Los residuos podrán cargarse directamente al camión o acumularse en almacenamientos temporales que se apruebe la Secretaría, de tal forma que no vuelvan a depositarse sobre la superficie del pavimento, o que impidan el drenaje superficial u obstruyan las obras de drenaje.



Inmediatamente antes de iniciar el tendido de la mezcla, se aplicará un riego asfáltico ligero con una emulsión de rompimiento rápido (ECR-60), a razón de cero coma cinco (0,5) litros por metro cuadrado, uniforme en toda la superficie por renivelar.

Al momento de iniciar la renivelación local, la superficie por reparar deberá estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido.

Elaboración de la mezcla

El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla es responsabilidad del contratista de obra, teniendo los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad aprobados por la Secretaría y atendiendo lo indicado en la Norma N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad de la mezcla asfáltica, difiere de la aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el contratista de obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Tendido de la mezcla

Después de elaborada la mezcla asfáltica, se extenderá y se conformará con una pavimentadora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme. Sin embargo, en áreas irregulares, la mezcla asfáltica puede tenderse y terminarse a mano.

El tendido se hará en una forma continua, utilizando un procedimiento que minimice el paro y arranque de la pavimentadora.

En el caso en que se utilice mezcla asfáltica en caliente, el contratista de obra determinará, mediante la curva viscosidad-temperatura del material asfáltico utilizando, las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla. Si la mezcla esta quemada, no se permitirá su tendido no será objeto de medición y pago.

Si se utiliza una pavimentadora, debe tenderse especial cuidado para que el control del espesor sea ajustado de tal manera que el material quede ligeramente por arriba del nivel del resto de la carpeta, para que cuando sea compactada la mezcla, el pavimento quede con la sección transversal y dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto o aprobadas por la secretaria. Durante el tendido de la mezcla, las tolvas de descarga de la pavimentadora deben estar completamente llenas, evitando la segregación.

Si el tendido se hace a mano, la mezcla se extenderá de las orillas del área dañada hacia el centro para evitar la segregación, en cantidad suficiente y utilizando un dispositivo enrasador adecuado para que, una vez compactada, la superficie terminada quede uniforme y al mismo nivel que el resto de la carpeta. En ningún caso se permitirá el tendido de la mezcla si existe segregación y ésta no será objeto de medición y pago.



Se limpiarán perfectamente y con la frecuencia necesaria, todas aquellas partes de la pavimentadora o del dispositivo enrasador manual, que presenten residuos de mezcla.

La cantidad y temperatura de tendido de la mezcla son responsabilidad del contratista de obra, tomando en cuenta que no se tenderán tramos mayores de los que puedan ser compactados de inmediato.

Compactación

Inmediatamente después de tendida la mezcla asfáltica, será compactada.

La capa extendida se compactará hasta alcanzar el mismo nivel que el resto de la carpeta, pero sin que se produzca fractura de las partículas. Por lo regular, para lograr la compactación será suficiente con dar tres pasadas con compactadores de rodillo liso metálico estático, con una masa de ocho (8) a diez (10) toneladas o su equivalente.

La compactación se hará longitudinalmente a la carretera, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.

La compactación se terminará cuando la mezcla asfáltica tenga una temperatura igual o mayor que la mínima conveniente para la compactación, que haya determinado el contratista de obra conforme a lo indicado en el inciso G 6.3 de esta Norma.

41

Acabado

La superficie de la capa reniveladora, debe quedar limpia, presentar una textura y acabado uniformes, con el mismo nivel que el resto de la carpeta.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el proceso de renivelación, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación rutinaria de las obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la renivelación hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que la renivelación local se considere terminada y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:



Calidad de la mezcla asfáltica.

- ✚ Que los materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la mezcla asfáltica, cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma.
- ✚ Que las características de la mezcla asfáltica cumplan con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

Líneas y niveles

Que el perfil y sección de la capa niveladora, así como el acabado en toda su superficie, cumplan con lo establecido en el proyecto, con las tolerancias que se indican en la tabla 2.1 adjunta de esta Norma.

Características	Tolerancia
Nivel de la superficie de la renivelación con respecto a los bordes de la carpeta que limitan	± 0.2 cm
Pendiente transversal	± 0.5 %
Profundidad de las depresiones, observadas, colocando una regla de tres (3) metros de longitud, paralela y perpendicularmente al eje: (máximo)	0.5 cm

Tabla 2.1 Tolerancia para líneas y niveles.

Textura superficial

Que la textura en la superficie del área renivelada sea uniforme y similar a la del resto de la carpeta.

Residuos

Que una vez terminado la renivelación local, la superficie del pavimento esté limpia, atendiendo lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001 *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*, y que la disposición final de todos los residuos generados se haya hecho en los bancos de desperdicios establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Medición

Cuando la renivelación local se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sean ejecutados conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 ejecución de obras, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad de metro cúbico de capa niveladora terminada, según el tipo de mezcla asfáltica utilizada, con aproximación a un décimo (0.1). El volumen será medido en los camiones en que se transporte la mezcla, utilizando la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{\gamma_s}{0.95\gamma_{max}} V_s$$



Donde:

V_c = Volumen compactado, (m^3).

V_s = Volumen suelto medido en el camión, (m^3).

Y_s = Masa volumétrica suelta de la mezcla asfáltica, determinada en el camión, (kg/m^3).

Y_{max} = Masa volumétrica máxima de la mezcla asfáltica, determinada mediante la prueba Marshall, (kg/m^3)

Base de pago

Cuando la renivelación se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medido de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de capa reniveladora terminada, según el tipo de mezcla asfáltica utilizada. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado Cláusula F de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Levantamiento de daños sobre la carpeta mediante inspección visual y delimitación con pintura de las áreas por reparar.
- ✚ Corte con disco de la ranura perimetral, picado de la superficie por renivelar y remoción de los residuos.
- ✚ Carga, descarga y transporte de los residuos que se obtengan a los almacenamientos temporales y a los bancos de desperdicios, así como su extendido y tratamiento en dichos bancos, en la forma que apruebe la Secretaría.
- ✚ Barrido y limpieza de la superficie por renivelar.
- ✚ Valor de adquisición o producción de los materiales asfálticos para la capa reniveladora y para riego de liga, así como de los aditivos que se requieran, limpieza del tanque en que se transporten, movimientos en la planta de producción y en el lugar de destino, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento y todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas.
- ✚ Desmonte y despalle de los bancos; extracción del material pétreo aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; lavado o eliminación del polvo superficial adherido a los materiales; cargas, descargas y todo los acarreos de los materiales y de los desperdicios, y formación de los almacenamientos.
- ✚ Instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
- ✚ Secado del material pétreo y clasificación, separándolo por tamaños.
- ✚ Dosificación, calentamiento y mezclado de los materiales pétreos, asfálticos y aditivos.
- ✚ Aplicación del riego de liga.



- ✚ Cargas en la planta de la mezcla asfáltica al equipo de transporte y acarreo al lugar de utilización.
- ✚ Descarga, tendido y compactación de la mezcla.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales y residuos, durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la carpeta asfáltica hasta que sea recibida por la Secretaría.

Estimación y pago

La estimación y pago de la renivelación local, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Recepción de la obra

Una vez concluida la renivelación local, la Secretaría los aprobará y al término de la obra, cuando la carretera sea operable, la recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I e la misma Norma.

44

2.2 Carpetas de un riego

Las carpetas de un riego son las que se construyen sobre la superficie de una carpeta asfáltica, mediante la aplicación de un riego de material asfáltico y una capa de material pétreo triturado, de composición granulométrica determinada, con el objeto de restablecer o mejorar las características de resistencia al derrapamiento y la seguridad de la superficie de rodadura. Pueden ser premezcladas o no.

Materiales

Los materiales que se utilicen para la elaboración de carpetas de un riego, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de los materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales pétreos o asfálticos, o la interacción entre ambos utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proyecto o serán aprobados por la Secretaría. Si el contratista de obra propone la utilización de aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la Secretaría para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo, las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para el manejo, uso y aplicación de los aditivos.



No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de carpetas de un riego, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o aprobada por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

45

Aspersores

Los aspersores serán capaces de establecer, a temperatura constante, un flujo uniforme del material asfáltico sobre la superficie por cubrir, en anchos variables y en dosificaciones controladas. Estarán adosados a barras de circulación que puedan ajustarse vertical y lateralmente: equipados con medidores de presión, dispositivos adecuados para la medición del volumen aplicado, termómetro para medir la temperatura del material asfáltico dentro del tanque y bomba. El vehículo en que se monten, ya sea una petrolizadora u otro equipo autopropulsable, contará con un odómetro para medir la longitud del tramo que se cubra.

Esparcidores

El contratista de obra contará con el número suficiente de esparcidores para cubrir de inmediato, con los materiales pétreos, todo el riego de material asfáltico recién aplicado. Pueden ser mecánicos autopropulsados, remolcados por camión o bien del tipo de compuerta colocada en la tapa de la caja de los camiones de volteo, que garanticen la aplicación uniforme, en la cantidad adecuada de los materiales pétreos. Estos esparcidores serán calibrados y operados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Compactadores

De rodillo metálico

Los compactadores de rodillo metálicos serán ligeros, autopropulsados, reversibles y provisto de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres



(3) ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de un (1) metro (40”), en todos los casos.

De neumáticos

Los compactadores neumáticos, ya sean remolcados o autopropulsados, tendrán nueve (9) ruedas como mínimo, de igual tamaño, montadas sobre dos ejes unidos a un chasis rígido, equipado con una plataforma o cuerpo que pueda ser lastrado, de forma que la masa total del compactador se distribuya uniformemente en ellas, dispuestas de manera que las llantas del eje trasero cubran, en una pasada, el espacio completo entre las llantas adyacentes en el eje delantero. Las llantas serán lisas, con tamaño mínimo de 7.50-15 de cuatro (4) capas e infladas uniformemente a la presión recomendada por el fabricante, con una tolerancia máxima de treinta y cuatro como cinco (34,5) kilopascales (5lb/in²).

Barredoras mecánicas

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de las superficies tendrán una escoba rotatoria con filamentos de material adecuado según la superficie por barrer y podrán ser remolcadas o autopropulsadas.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

46

Los desperdicios o residuos se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que establezca el proyecto o apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositadas en un almacén temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolos al banco de desperdicios lo más pronto posible.

Ejecución

Consideraciones generales

Para la construcción de carpetas de un riego se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Proporcionamiento de materiales

El proporcionamiento de los materiales asfálticos y pétreos que se empleen en la elaboración de la carpeta de un riego, se efectuará según lo establecido en el proyecto o lo aprobado por la secretaria.

En el caso de carpetas de un riego premezclado, los materiales pétreos, asfálticos y en su caso, aditivos, se mezclarán con el proporcionamiento necesario



para producir una mezcla homogénea, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y en su caso aditivos utilizados en la elaboración de la carpeta de un riego, difieren de las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se construirán carpetas de un riego:

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada.
- ✚ Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la velocidad del viento impida que la aplicación del material asfáltico sea uniforme.
- ✚ Cuando la temperatura ambiente por debajo de los quince (15) grados Celsius y su tendencia sea a la baja. Sin embargo, pueden ser construidas cuando la temperatura ambiente esté por arriba de los diez (10) grados Celsius y su tendencia sea al alza. La temperatura ambiente será tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.

47

Trabajos previos

Antes de iniciar la construcción de la carpeta de un riego, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la construcción de la carpeta de un riego mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra. Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la carpeta de un riego, la superficie de la carpeta sobre la que se colocará estará debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá la construcción sobre tramos que no hayan sido previamente aceptados por la Secretaría.

Previamente a la construcción de la carpeta de un riego, las estructuras de la carretera o contiguas, tales como banquetas, guarniciones, camellones, parapetos, postes, pilas, estribos caballetes y barreras separadoras, entre otras, que pudieran mancharse directa o indirectamente durante la aplicación del material asfáltico, se protegerán con papel u otro material similar, de manera que concluido el trabajo y una vez retirada la protección, se conserven en las mismas condiciones de limpieza en que se hallaban.



Cuando se utilicen emulsiones asfálticas, para retrasar su rompimiento y mejorar la absorción de la superficie, ocasionalmente será necesario un riego de agua antes del riego del material asfáltico; sin embargo, este último no se iniciará sino hasta que el agua superficial se haya evaporado lo suficiente para que no existan encharcamientos.

Aplicación del material asfáltico

- ✚ El material asfáltico, del tipo y con la dosificación establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, se aplicará uniformemente sobre la superficie por cubrir.
- ✚ En las juntas transversales, antes de iniciar un nuevo riego, se colocarán tiras de papel u otro material similar para proteger el riego existente, de tal manera que el nuevo riego se inicie desde dicha tira y al retirarse ésta, no quede un traslape de material asfáltico.
- ✚ Se ajustará la altura de la barra de los aspersores para aplicar el material asfáltico uniformemente, con la dosificación establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, de manera que la base del abanico que se forma al salir el material por un aspersor, cubra hasta la mitad de la base del abanico del aspersor contiguo (cubrimiento doble), o que la base del abanico de un aspersor cubra las dos terceras ($2/3$) partes de la base del abanico del aspersor contiguo (cubrimiento triple), como se muestra en la Figura 2.1 de esta Norma.



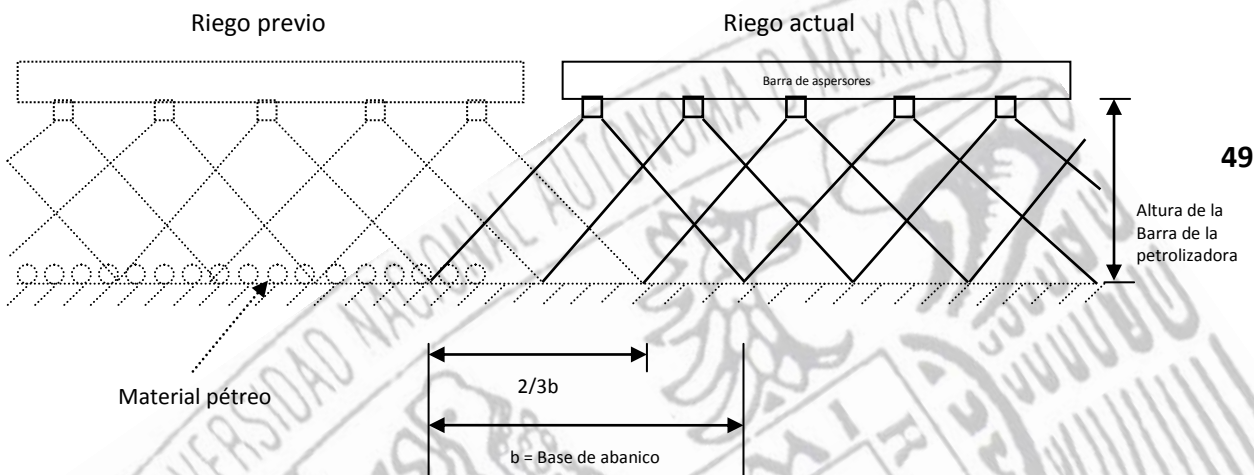
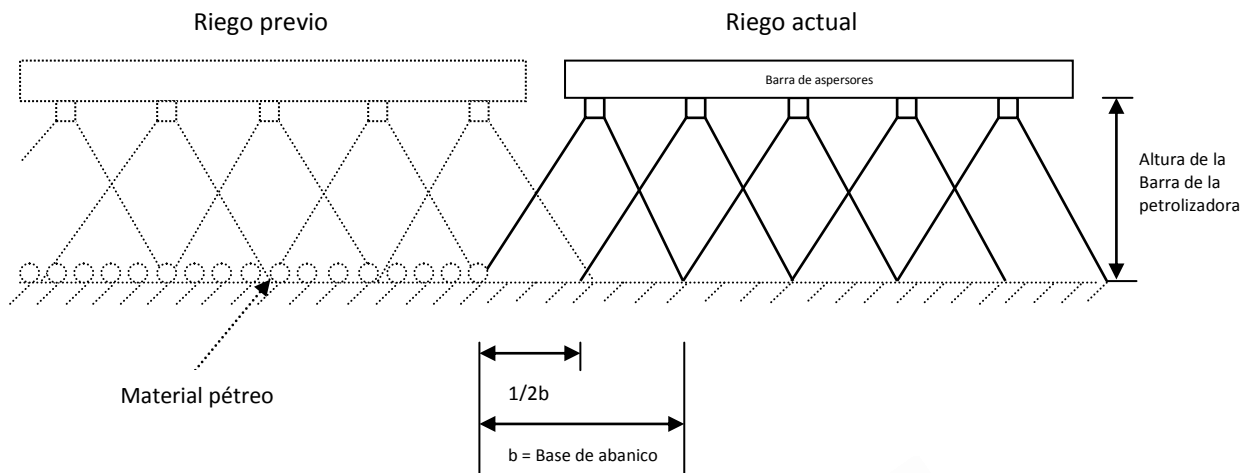


Fig. 2.1 Aplicación del material asfáltico.

- ✚ La aplicación del material asfáltico en una franja contigua a otra en la que previamente se haya construido la carpeta de un riego, se hará de tal manera que el nuevo riego de material asfáltico se traslape con el de la franja anterior, en un medio ($1/2$) o dos tercios ($2/3$) del ancho de la base del abanico del aspersor extremo de la barra, según se trate de cubrimiento doble o triple, como se muestra en la dosificación del producto asfáltico en la orilla de la franja precedente sea la indicada en el proyecto o aprobada por la Secretaría. No se permitirá que el nuevo riego cubra de material asfáltico y se traslape con los materiales pétreos de la franja contigua.
- ✚ Antes del tendido del material pétreo, el exceso del material asfáltico aplicado será removido de la superficie. Las deficiencias que por esta causa se presenten, deben ser corregidas por cuenta y costo del contratista de obra.
- ✚ La cantidad, temperatura, ancho y longitud de aplicación del material asfáltico son responsabilidad del contratista de obra, tomando en cuenta que no se



aplicará en tramos mayores de los que puedan ser cubiertos de inmediato con material pétreo.

- ✚ Cuando se trate de carpetas de un riego premezclado, el riego de material asfáltico se hará con una dosificación igual a la mitad de la establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, la otra mitad será premezclada con el material pétreo.

Tendido del material pétreo

- ✚ De ser necesario, el día anterior al tendido o al premezclado del material pétreo, éste se puede humedecer para eliminar o reducir el efecto del polvo que lo cubre y mejorar sus características de adhesión.
- ✚ Inmediatamente después de la aplicación del material asfáltico y sólo sobre la superficie cubierta con la dosificación correcta, se tenderá mecánicamente el material pétreo con la dosificación establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, formando una capa de espesor uniforme y adicionado material o retirando el excedente, según sea el caso, para lograr los esparcidores mecánicos se hará el tendido manualmente. Si es necesario, enseguida se pasará una rastra ligera con cepillo, para tener una mejor distribución del material y dejar la superficie exenta de ondulaciones, bordos y depresiones, y se planchará.
- ✚ En ningún caso se aceptarán traslapes, zonas rayadas o no cubiertas. Cuando a juicio de la Secretaría la aplicación de los materiales pétreos no sea la adecuada, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra realice los ajustes necesarios para obtener una superficie con la calidad y acabados establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

50

Planchado del material pétreo

- ✚ Inmediatamente después de tendido y rastreado el material pétreo, con el propósito de que quede embebido en el material asfáltico, se acomodará mediante un planchado como se indica a continuación, a menos que el proyecto indique un procedimiento distinto o lo apruebe la Secretaría.
- ✚ El planchado inicial para acomodar el material pétreo, se hará mediante dos pasadas con un compactador ligero de rodillos metálicos
- ✚ Terminado el planchado inicial, se darán cuatro (4) pasadas con un compactador neumático.
- ✚ Para terminar, se darán otras dos (2) pasadas con el rodillo metálico.
- ✚ Los planchados se hará longitudinalmente a la carretera, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior, en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada, siempre a una velocidad lo suficientemente lenta para prevenir que se desplace o levante el material pétreo y evitando su deterioro o trituración por exceso de pasadas o por el uso de compactadores demasiado pesados.



- ✚ El planchado se completará el mismo día de la aplicación del material pétreo, terminándolo cuando haya roto la emulsión asfáltica o fraguado el asfalto rebajado.

Acabado

- ✚ Las orillas de la carpeta de un riego deben quedar bien recortadas y libres de obstáculos que pudieran entorpecer el libre drenaje superficial del pavimento.
- ✚ Una vez concluido el planchado y transcurrido un tiempo no menor de tres (3) días, durante el cual la carpeta estará cerrada a todo tipo de tránsito, o cuando la Secretaría juzgue que el material asfáltico tiene la consistencia adecuada que evite el desprendimiento excesivo del material pétreo, todo el material que no se haya adherido se recogerá dejando la superficie libre de material suelto, depositándolo en la forma y en el sitio indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría, donde quedará a disposición de ésta.
- ✚ Cuando sea indispensable abrir la carpeta de un riego a la circulación en un plazo menor al indicado en el inciso anterior, debe existir un control riguroso del tránsito vehicular, para que la velocidad de circulación no sea mayor de treinta (30) kilómetros por hora, durante tres (3) días y hasta que se concluya el barrido final, cuidando que no se concentre en una misma rodada.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante la construcción de la carpeta de un riego, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación rutinaria de las obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la carpeta de un riego hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que la carpeta de un riego se considere terminada y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

- ✚ Que los materiales pétreos, asfálticos y, en su caso, aditivos utilizados en la elaboración de la carpeta de un riego, cumplan con las características establecidas en el proyecto.
- ✚ En el caso de carpetas de un riego premezclado, que las características de la mezcla cumplan con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- ✚ Que el acabado final de la superficie de rodadura no presente deformaciones, afloramiento del material asfáltico, pérdida sensible del material pétreo o



cualquier defecto que, a juicio de la Secretaría, afecte la calidad y buen comportamiento de la carpeta.

- ✚ Que el ancho de la carpeta sea el establecido en el proyecto o aprobado por la Secretaría, con una tolerancia del eje a la orilla de más o menos cinco (± 5) centímetros.
- ✚ Que una vez terminada la carpeta de un riego, la superficie del pavimento esté limpia, atendiendo lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.

Medición

Cuando la construcción de carpetas de un riego se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sean ejecutados conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad de metro cúbico de capa terminada, según su tipo y para cada banco en particular, con aproximación a la unidad.

Base de pago

Cuando la construcción de carpetas de un riego se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medido de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cuadrado de carpeta terminada, según su tipo y para cada banco en particular. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado Cláusula F de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción del material asfáltico, así como de los aditivos que se requieran, limpieza del tanque en que se transporten, movimientos en la planta de producción y en el lugar de destino, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, descarga en el depósito, cargo por almacenamiento y todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas.
- ✚ Desmonte y despalle de los bancos; extracción del material pétreo aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; lavado o eliminación del polvo superficial adherido a los materiales; cargas, descargas y todo los acarreo de los materiales y de los desperdicios, y formación de los almacenamientos.
- ✚ Instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
- ✚ Barrido y limpieza de la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Protección de las estructuras o parte de ellas, precauciones para no mancharlas con el material asfáltico y para evitar traslapes.
- ✚ Cargas en el depósito del material asfáltico y en los almacenamientos de los materiales pétreos al equipo de transporte y acarreo al lugar de utilización.



- ✚ En su caso, dosificación y mezclado de los materiales pétreos, asfálticos y aditivos, así como las cargas en la planta del riego premezclado al equipo de transporte y acarreo al lugar de utilización.
- ✚ Aplicaciones del material asfáltico en la forma que fije el proyecto o apruebe la Secretaría.
- ✚ Tendido y planchado de los materiales pétreos o del riego premezclado.
- ✚ Rastreos, recolección, remoción, transporte y depósito en la forma y en el sitio indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría, del material pétreo excedente.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes y colocación de todos los materiales y de los excedentes, durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la carpeta asfáltica hasta que sea recibida por la Secretaría.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

Estimación y pago

La estimación y pago de la carpeta de un riego, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Recepción de la obra

Una vez concluida la carpeta de un riego, la Secretaría los aprobará y al término de la obra, cuando la carretera sea operable, la recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I e la misma Norma.

2.3 Carpetas de granulometría abierta

Las carpetas de granulometría abierta, son aquellas que se construyen sobre la superficie de una carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactación de una mezcla elaborada generalmente en caliente, de cemento asfáltico, modificado o no y materiales pétreos de granulometría uniforme, con bajo contenido de finos y alto porcentaje de vacíos, con la finalidad principal de permitir que el agua proveniente de la lluvia sea desplazada por las llantas de los vehículos, ocupando sus vacíos, con lo que se incrementa la fricción de las llantas con la superficie de rodadura, se minimiza el acuaplaneo, se reduce la cantidad de agua que se impulsa sobre los vehículos adyacentes y se mejora la visibilidad del señalamiento horizontal, restableciendo o mejorando las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura.



Materiales

Los materiales que se utilicen para la construcción de carpetas de granulometría abierta, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de los materiales asfálticos* y N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales pétreos, del material asfáltico o de la interacción entre ambos utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proyecto o serán aprobados por la Secretaría. Si el contratista de obra propone la utilización de aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la consideración de la Secretaría para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo, las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para el manejo, uso y aplicación de los aditivos.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

54

Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de carpetas de granulometría abierta, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o aprobada por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Planta de mezclado

La mezcla asfáltica de granulometría abierta se elaborará en caliente, en plantas mezcladoras que cuenten como mínimo con:

- ✚ Tolvas para almacenar el material pétreo, protegidas de la lluvia y el polvo, con capacidad suficiente para asegurar la operación continua de la planta por lo



menos durante quince (15) minutos sin ser alimentadas, y divididas en compartimientos para almacenar los materiales pétreos por tamaños.

- ✚ Secador con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual o mayor que la capacidad de producción de la planta.
- ✚ Un pirógrafo a la salida del secador para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo.
- ✚ Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por masa, y sólo en casos excepcionales, cuando así lo apruebe la Secretaría, por volumen. Los dispositivos permitirán un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la granulometría que indique el proyecto.
- ✚ Equipo necesario para calentar el cemento asfáltico en forma controlada, que garantice que éste no se contamine y que éste provisto de un termómetro con rango de veinte (20) a doscientos diez (210) grados Celsius.
- ✚ Dispositivos que permitan dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de mas menos dos (± 2) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento de la mezcla.
- ✚ Mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- ✚ Recolector de polvo.

Pavimentadoras

Las pavimentadoras serán autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar la capa de carpeta que se tienda, con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la carpeta asfáltica, como son: un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal, ser calentado en su caso necesario y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora de la mezcla asfáltica con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta la mezcla uniformemente frente al enrasador; y sensores de control, automático de niveles.

Los dispositivos externos que se utilicen como referencia de nivel para los sensores de niveles, estarán colocados en zonas limpias de piedras, basura o cualquier otra obstrucción que afecte las lecturas. Si durante la ejecución de los trabajos, los controles automáticos operan deficientemente, la Secretaría, a su juicio, podrá permitir al contratista de obra terminar el tendido del día, mediante el uso del control manual de la pavimentadora; sin embargo, el tendido no se podrá reiniciar en tanto que los controles automáticos funcionen adecuadamente.

Es recomendable contar además, con un equipo especial para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente a las tolvas de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta.

Compactadores

Los compactadores serán autopropulsados, reversibles y provisto de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres (3) ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de un (1) metro (40”), en todos los casos.

Barredoras mecánicas

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de las superficies tendrán una escoba rotatoria con filamentos de material adecuado según la superficie por barrer y podrán ser remolcadas o autopropulsadas.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Ejecución

56

Consideraciones generales

Para la construcción de carpetas de un riego se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Proporcionamiento de los materiales

- ✚ Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la elaboración de las carpetas de granulometría abierta, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla asfáltica homogénea, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- ✚ El proporcionamiento se determinará mediante un diseño de mezclas de granulometría abierta, para obtener las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. Este diseño será responsabilidad del contratista de obra.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la elaboración de granulometría abierta, no se obtiene una mezcla con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se construirán carpetas de un riego:

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada
- ✚ Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los quince (15) grados Celsius.
- ✚ Cuando la temperatura ambiente por debajo de los quince (15) grados Celsius. La temperatura ambiente será tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.

Trabajos previos

- ✚ Antes de iniciar la construcción de la carpeta de granulometría, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la construcción de la carpeta de un riego mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.
- ✚ Cuando así lo indique el proyecto, previo a la construcción de la carpeta de granulometría abierta, se deberá hacer un fresado de toda la superficie por cubrir, para eliminar los defectos superficiales de la carpeta original.
- ✚ Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la carpeta de granulometría abierta, la superficie de la carpeta sobre la que se colocará deberá tener las condiciones adecuadas de drenaje transversal y longitudinal, estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades o depresiones y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá la construcción sobre tramos que no hayan sido previamente aceptados por la Secretaría.
- ✚ Si así lo indica el proyecto o lo aprueba la Secretaría, inmediatamente antes de iniciar el tendido de la carpeta de granulometría abierta, se aplicará un riego de liga en toda la superficie, de acuerdo con lo indicado en la Norma N CTR CAR 1 04 005, *riego de liga*.
- ✚ No se permitirá que los camiones que transportan la mezcla asfáltica, hagan maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de una capa recién tendida. En el caso de que por algún motivo esta situación llegue a suceder, el contratista de obra reparará inmediatamente los daños causados, por su cuenta y costo.



Elaboración de la mezcla

- ✚ El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla es responsabilidad del contratista de obra, quien tendrá los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que la mezcla cumpla con los requerimientos de calidad establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría y atenderá lo indicado en la Norma N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad de la mezcla asfáltica difiere de la establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el contratista de obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.
- ✚ Durante el proceso de producción no se cambiará de un tipo de mezcla a otro, hasta que la planta haya sido vaciada completamente y los depósitos de alimentación del material pétreo sean cargados con el nuevo material.

Tramo de prueba

Sobre la superficie donde se construirá la carpeta de granulometría abierta, el contratista de obra ejecutará previamente un tramo de prueba con una longitud de cuatrocientos (400) metros, con la finalidad de evaluar el procedimiento y los equipos que se utilizarán, considerando que:

- ✚ La construcción del tramo de prueba se hará cumpliendo con todo lo establecido en esta Norma
- ✚ Una vez compactada la carpeta del tramo de prueba, se verificará que cumpla con lo establecido. En caso negativo, el contratista de obra construirá el número de tramos de prueba necesarios hasta que cumpla con lo indicado en dicha Cláusula.
- ✚ Si el tramo de prueba construido cumple con lo indicado, podrá considerarse como parte de la obra y será objeto de medición y pago, de lo contrario no se medirá ni pagará y la Secretaría, a su juicio, determinará si es necesario o no que el contratista de obra retire el tramo de prueba por su cuenta y costo.

Tendido de la mezcla

- ✚ Después de elaborada la mezcla asfáltica, se extenderá y se conformará con una pavimentadora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme. Sin embargo, en áreas irregulares, la mezcla asfáltica puede tenderse y terminarse a mano.
- ✚ Si la mezcla está quemada, no se permitirá su tendido.
- ✚ El contratista de obra determinará, mediante la curva viscosidad-temperatura del material asfáltico utilizado, las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla.



- ✚ El tendido se hará en una sola capa y en forma continua, utilizando un procedimiento que minimice las paradas y arranques de la pavimentadora.
- ✚ Se tratarán de evitar las juntas longitudinales utilizando pavimentadoras en batería. Cuando esto no sea posible, no se utilizarán productos asfálticos para ligar las juntas de dos franjas sucesivas o en la continuación de una franja con otra, debido a la obstrucción que pueden producir al drenaje con otra, debido a la obstrucción que pueden producir al drenaje dentro de la carpeta. Es importante que, por ningún motivo, se obstruya el drenaje interior en cualquier tramo.
- ✚ Se tendrá especial cuidado para que el enrasador traslape las juntas de tres (3) a cinco (5) centímetros y que el control del espesor sea ajustado de tal manera que el material quede ligeramente por arriba de la capa previamente tendida, para que al ser compactado, el pavimento quede con los niveles y dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto.
- ✚ El tendido de la mezcla asfáltica se hará cubriendo como mínimo el ancho total del carril.
- ✚ Durante el tendido de la mezcla, la tolva de descarga de la pavimentadora permanecerá llena, para evitar la segregación de los materiales. No se permitirá el tendido de la mezcla si existe segregación. Es recomendable utilizar un equipo especial para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente a las tolvas de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta.
- ✚ Al final de cada jornada y con la frecuencia necesaria, se limpiarán perfectamente todas aquellas partes de la pavimentadora que presenten residuos de mezcla.
- ✚ La longitud de tendido de la mezcla es responsabilidad del contratista de obra, tomando en cuenta que no se tenderán tramos mayores de los que puedan ser compactados de inmediato.
- ✚ El tiempo de almacenamiento de la mezcla no excederá de treinta (30) minutos, por lo que habrá una coordinación adecuada entre la reproducción, el transporte y la colocación de la carpeta.
- ✚ Una vez extendida la mezcla, se evitará el tránsito vehicular sobre la superficie tratada, hasta que la mezcla sea desprendida. El tiempo de fraguado se determinará en campo, de acuerdo con las condiciones climáticas, el tipo de cemento asfáltico utilizado, las proporciones de los ingredientes y el propio comportamiento de la mezcla.

Compactación

- ✚ Inmediatamente después de tendida la mezcla asfáltica, será compactada.
- ✚ La mezcla se compactará mediante dos pasadas con compactadores de rodillo liso metálico estático, con una masa mínima de diez (10) toneladas. Si así lo aprueba la Secretaría, se dará solamente una pasada cuando, a su juicio, se detecte un posible fracturamiento del material pétreo.



- ✚ La compactación se terminará cuando la mezcla asfáltica tenga una temperatura igual o mayor que la mínima conveniente para la compactación, que haya determinado el contratista de obra conforme a lo indicado en el inciso G 7.3 de esta Norma.
- ✚ Por ningún motivo se estacionará el equipo de compactación, por periodos prolongados, sobre la carpeta recién compactada, para evitar que se produzcan deformaciones permanentes en la superficie terminada.

Acabado

- ✚ La superficie de la carpeta, quedará limpia y presentará una textura y acabado uniformes.
- ✚ Una vez concluida la compactación en todo el ancho de la corona, se verificará que no se haya obstruido el drenaje lateral en ningún tramo. En el caso de que exista obstrucciones, el contratista de obra las eliminará por su cuenta y costo.
- ✚ La carpeta de granulometría abierta permanecerá cerrada al tránsito hasta que la mezcla haya fraguado y no exista el riesgo de deterioro prematuro de la superficie de rodadura.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante la construcción de la carpeta de granulometría, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *Prácticas Ambientales Durante la Conservación Rutinaria de las Obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

60

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la carpeta de granulometría abierta hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que la carpeta de granulometría abierta se considere terminada y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

Calidad de la mezcla asfáltica

- ✚ Que los materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la mezcla asfáltica, cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma.
- ✚ Que las características de la mezcla asfáltica cumplan con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.



Líneas, pendientes y espesores

Que el alineamiento, perfil, sección y espesor de la carpeta, cumplan con lo establecido en el proyecto, con las tolerancias que se indican en esta Fracción, como sigue:

- ✚ Previamente a la construcción de la carpeta de granulometría abierta, en las estaciones cerradas a cada veinte (20) metros, se nivelará la corona terminada de la superficie por cubrir, obteniendo los niveles en el eje y en ambos lados de éste, en puntos ubicados a una distancia igual al semiancho de la corona de la carpeta menos setenta (70) centímetros, a la mitad del espacio comprendido entre éstos y el eje, y en las orillas de la corona.
- ✚ Una vez compactada la carpeta de granulometría abierta, se volverán a nivelar las mismas secciones que se indican en inciso anterior, determinando las elevaciones de los mismos puntos ahí indicados para obtener las pendientes transversales entre ellos, y se medirán, en cada sección, las distancias entre el eje y las orillas de la corona, para verificar que esas pendientes y distancias estén dentro de las tolerancias que se indican en la tabla 2.2 de esta Norma.

Características	Tolerancia
Ancho de la sección, del eje a la orilla	± 1 cm
Pendiente transversal	± 0.5 %

61

Tabla 2.2 Tolerancias para líneas y pendientes.

- ✚ Las nivelaciones se ejecutarán con nivel fijo y comprobación de vuelta, obteniendo los niveles con aproximación al milímetro. Las distancias horizontales se medirán con aproximación al centímetro.
- ✚ A partir de las cotas obtenidas en las nivelaciones a que se refieren los incisos H 2.1 y H 2.2 de esta Norma, en todos los puntos nivelados se determinarán los espesores de la carpeta compactada, los que deberán ser iguales al fijado en el proyecto o, para cada tramo construido en un día de trabajo, cumplir con lo establecido en los incisos H 2.5 y H 2.6 de esta Norma.
- ✚ El espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, deberá ser igual o mayor de noventa y ocho centésimos (0.98) del espesor de proyecto:

$$\bar{e} \geq 0.98e$$

Donde:

e= Espesor de proyecto, (cm).

\bar{e} = Espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, (cm), obteniendo mediante la siguiente fórmula:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n ei}{n}$$



Donde:

e_i = Espesor obtenido en cada determinación, (cm)

n = Número de determinaciones hechas en el tramo

- ✚ La desviación estándar de todos los espesores determinados en el tramo, deberá ser igual o menor que diez centésimos (0.10) del espesor promedio:

Donde:

δe = desviación estándar correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, (cm), calculada con la siguiente fórmula:

$$\delta e = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (e_i - \bar{e})^2}{n - 1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

\bar{e} , e_i Y n tienen el significado indicado en el inciso anterior.

Resistencia a la fricción

Que la superficie de rodadura de la carpeta asfáltica compactada, tenga una resistencia a la fricción en condiciones de pavimento mojado, igual o mayor de seis décimas (0.6), medida con el equipo Mu-meter, a una velocidad de setenta y cinco (75) kilómetros por hora, por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada carril. El contratista de obra hará esta verificación conforme a la norma ASTM E 670.

62

Limpieza de la superficie del pavimento

Que una vez terminada la carpeta de granulometría abierta, la superficie del pavimento esté limpia, atendiendo lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.

Medición

Cuando la construcción de carpetas de granulometría abierta se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad de metro cúbico de carpeta terminada, para cada banco en particular, con aproximación a la unidad. El volumen de cada tramo, se determinará mediante la siguiente fórmula.

$$V = \frac{L * \bar{e} * \bar{a}}{100}$$

Donde:

V = Volumen de la carpeta de granulometría abierta del tramo, (m^3)

L = Longitud del tramo, (m)



\bar{e} = Espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, (cm). La secretaría medirá y pagará hasta el volumen máximo de la carpeta de granulometría abierta que resulte cuando el espesor promedio sea igual que el proyecto más un (1) centímetro.

\bar{a} = Promedio aritmético de los anchos de la carpeta de granulometría abierta, obtenidos con base en las distancias entre el eje y las orillas de la corona, determinadas en todas las secciones del tramo.

Base de pago

Cuando la construcción de carpetas de granulometría abierta se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de carpeta terminada, para cada banco en particular. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado Cláusula F de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de los material asfálticos para la carpeta y para el riego de liga, así como de los aditivos que se requieran. Limpieza del tanque en que se transporten, movimientos en la planta de producción y en el lugar de destino, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, descarga en el deposito, cargo por almacenamiento y todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas.
- ✚ Desmonte y despalme de los bancos; extracción del material pétreo aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; lavado o eliminación del polvo superficial adherido a los materiales; cargas, descargas y todo los acarrees de los materiales y de los desperdicios, y formación de los almacenamientos.
- ✚ Instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
- ✚ Secado del material pétreo; dosificación calentamiento y mezclado de los materiales pétreos, asfáltico y aditivos.
- ✚ En su caso, fresado de toda la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Barrido y limpieza de la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Aplicación del riego de liga según lo indicado en la Norma N CTR CAR 1 04 005.
- ✚ Cargas en la planta de la mezcla asfáltica al equipo de transporte y acarreo al lugar de utilización.
- ✚ Tendido y compactación de la mezcla asfáltica.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.



- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la carpeta asfáltica hasta que sea recibida por la Secretaría.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

Estimación y pago

La estimación y pago de las carpeta de granulometría abierta, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Recepción de la obra

Una vez concluida la construcción de la carpeta de granulometría abierta, la Secretaría los aprobará y al termino de la obra, cuando la carretera sea operable, la recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I e la misma Norma.

2.4 Carpetas de mortero asfáltico

Las carpetas de mortero asfáltico son las que se construyen sobre la superficie de una carpeta asfáltica, mediante el tendido y compactación de una mezcla elaborada generalmente en frío, de emulsión asfáltica y materiales pétreos de granulometría en frío, con el objeto de restablecer o mejorar las características de resistencia al derrapamiento y la seguridad, así como corregir desprendimientos menores. Por lo general, son carpetas delgadas, del orden de un (1) centímetro de espesor.

64

Materiales

- ✚ Los materiales que se utilicen en la construcción de carpetas de mortero asfáltico, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de los materiales asfálticos* y N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003 *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.
- ✚ Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales pétreos, del material asfáltico o de la interacción entre ambos utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proyecto o serán aprobados por la Secretaría. Si el contratista de obra propone la utilización de aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la consideración de la Secretaría para su análisis y aprobación. Dicho estudios ha de contener como mínimo, las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para el manejo, uso y aplicación de los aditivos.
- ✚ No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.



- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de carpetas de mortero asfáltico, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o aprobada por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Mezcladoras / extendedoras

65

Las mezcladoras/extendedoras móviles para la construcción de carpetas de mortero asfáltico, contarán con:

- ✚ Tolva capaz de recibir los materiales pétreos directamente de los camiones.
- ✚ Depósitos para el material fino (filler), el material asfáltico, los aditivos y el agua.
- ✚ Dispositivos para la dosificación de los materiales. La bomba de presión, así como los dispositivos de medición del material pétreo y del material asfáltico, estarán calibrados adecuadamente y serán revisados periódicamente para que el mortero se elabore con la dosificación adecuada.
- ✚ Cámara mezcladora que asegure la correcta incorporación de los materiales para producir un mortero uniforme, que cuente con una compuerta para el control de la descarga. El mecanismo de mezclado será examinado diariamente para detectar desgastes excesivos o un funcionamiento defectuoso.
- ✚ Barra rociadora para humedecer la superficie por cubrir.
- ✚ Distribuidor que asegure un flujo continuo y un extendido uniforme en todo el ancho de la aplicación.

Barredoras Mecánicas

Las barredoras mecánicas que se utilicen para la limpieza de las superficies tendrán una escoba rotatoria con filamentos de material adecuado según la superficie por barrer y podrán ser remolcadas o autopropulsadas.



Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Ejecución

Consideraciones generales

Para la construcción de carpetas de mortero asfáltico se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Proporcionamiento de materiales

- ✚ Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la elaboración de las carpetas de mortero asfáltico, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir un mortero asfáltico homogéneo, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- ✚ El proporcionamiento se determinará mediante un diseño de mezclas de mezclas asfálticas en frío, para obtener las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. Este diseño será responsabilidad del contratista de obra.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la elaboración de la carpeta de mortero asfáltico, no se obtiene un mortero con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

66

Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se construirán carpetas de mortero asfáltico:

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada
- ✚ Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los cuatro (4) grados Celsius.



- ✚ Cuando la temperatura ambiente esté por debajo de los cuatro (4) grados Celsius. La temperatura ambiente será tomada a la sombra lejos de cualquier fuente de calor artificial.

Trabajos previos

- ✚ Antes de iniciar la construcción de la carpeta de mortero asfáltico, el contratista de obra debe instalar las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la construcción de la carpeta de mortero asfáltico mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.
- ✚ Cuando así lo indique el proyecto, previo a la construcción de la carpeta de mortero asfáltico, se deberá hacer un fresado de toda la superficie por cubrir, para eliminar los defectos superficiales de la carpeta original.
- ✚ Inmediatamente antes de iniciar la construcción de la carpeta de mortero asfáltico, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente preparada deberá, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá la construcción sobre tramos que no hayan sido previamente aceptados por la Secretaría.
- ✚ Si así lo indica el proyecto o lo aprueba la Secretaría, inmediatamente antes de iniciar el tendido de la carpeta, se aplicará un riego de liga en toda la superficie, de acuerdo con lo indicado en la Norma N CTR CAR 1 04 005, *riego de liga*.
- ✚ No se permitirá que los camiones que transportan la mezcla asfáltica, hagan maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de una capa recién tendida. En el caso de que por algún motivo esta situación llegue a suceder, el contratista de obra reparará inmediatamente los daños causados, por su cuenta y costo.

Elaboración del mortero

- ✚ El procedimiento que se utilice para la elaboración del mortero es responsabilidad del contratista de obra, quien tendrá los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que el mortero cumpla con los requerimientos de calidad establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría y atenderá lo indicado en la Norma N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, la calidad del mortero asfáltico difiere de la establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el contratista de obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



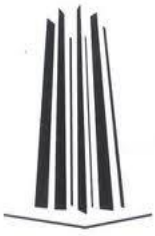
Tramo de prueba

Sobre la superficie donde se construirá la carpeta de mortero asfáltico, el contratista de obra ejecutará previamente un tramo de prueba con una longitud de cuatrocientos (400) metros, con la finalidad de evaluar el procedimiento y los equipos que se utilizarán, considerando lo siguiente:

- ✚ La construcción del tramo de prueba se hará cumpliendo con todo lo establecido en esta Norma
- ✚ Una vez terminada la carpeta del tramo de prueba, se verificará que cumpla con lo establecido. En caso negativo, el contratista de obra construirá el número de tramos de prueba necesarios hasta que cumpla con lo indicado en dicha Cláusula.
- ✚ Si el tramo de prueba construido cumple con lo indicado, podrá considerarse como parte de la obra y será objeto de medición y pago, de lo contrario no se medirá ni pagará y la Secretaría, a su juicio, determinará si es necesario o no que el contratista de obra retire el tramo de prueba por su cuenta y costo.

Tendido del mortero

- ✚ Inmediatamente después de elaborado el mortero asfáltico, se extenderá y se conformará con una mezcladora/extendedora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme. Sin embargo, en áreas irregulares, el mortero asfáltico puede tenderse y terminarse a mano.
- ✚ El tendido se hará en forma continua, utilizando un procedimiento que minimice las paradas y arranques de la mezcladora/extendedora. Por ningún motivo se permitirá el tendido de mortero que no haya sido elaborado en la mezcladora/extendedora.
- ✚ A menos que el proyecto indique otra cosa o lo apruebe la Secretaría, el tendido se hará en una sola capa.
- ✚ Se tratarán de evitar las juntas longitudinales utilizando mezcladoras/extendedoras en batería.
- ✚ Se tendrá especial cuidado para que el enrasador traslape las juntas de tres (3) a cinco (5) centímetros y que el control del espesor sea ajustado de tal manera que el material quede al mismo nivel de la capa previamente tendida, para que el pavimento quede con los niveles y dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto o establecidas por la Secretaría.
- ✚ El tendido del mortero asfáltico se hará cubriendo como mínimo el ancho total del carril.
- ✚ Al inicio del tendido del mortero asfáltico, las tolvas de la mezcladora/extendedora estarán completamente llenas. No se permitirán el tendido del mortero si existe segregación y éste no será objeto de medición y pago.



- ✚ Al final de cada jornada y con la frecuencia necesaria, se limpiarán perfectamente todas aquellas partes de la mezcladora/extendedora que presenten residuos de mortero.
- ✚ La longitud de tendido del mortero asfáltico es responsabilidad del contratista de obra.
- ✚ Una vez extendido el mortero asfáltico, se evitará el tránsito vehicular sobre la superficie tratada, hasta que haya fraguado suficientemente, para evitar que la carpeta sea desprendido. El tiempo de fraguado se determinará en campo, de acuerdo con las condiciones climáticas, el tipo de emulsión asfáltica utilizada, las proporciones de los ingredientes y el propio comportamiento del mortero.

Acabado

- ✚ Las orillas de la carpeta deben quedar bien recortadas y libres de obstáculos que pudieran entorpecer el libre drenaje de la superficie de rodamiento.
- ✚ La superficie de la carpeta, quedará limpia y presentará una textura y acabado uniformes.
- ✚ La carpeta de mortero asfáltico permanecerá cerrada al tránsito hasta que el mortero haya fraguado y no exista el riesgo de deterioro prematuro de la superficie de rodamiento.

69

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante la construcción de la carpeta de mortero asfáltico, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación de suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación rutinaria de las obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la carpeta de granulometría abierta hasta que haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que la carpeta de mortero asfáltico se considere terminada y sea aceptada por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

Calidad del mortero asfáltico

- ✚ Que los materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en el mortero asfáltico, cumplan con las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma.
- ✚ Que las características del mortero asfáltico cumplan con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.



Sección de la carpeta

Que en estaciones cerradas a cada veinte (20) metros, el ancho de la sección del eje a la orilla de la carpeta sea el establecido en el proyecto, con una tolerancia de más o menos un (± 1) centímetro.

Resistencia a la fricción

Que la superficie de rodamiento de la carpeta asfáltica compactada, tenga una resistencia a la fricción en condiciones de pavimento mojado, igual o mayor de seis décimas (0.6), medida con el equipo Mu-meter, a una velocidad de setenta y cinco (75) kilómetros por hora, por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada carril. El contratista de obra hará esta verificación conforme a la norma ASTM E 670.

Limpieza de la superficie del pavimento

Que una vez terminada la carpeta de mortero asfáltico, la superficie del pavimento esté limpia, atendiendo lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.

Medición

Cuando la construcción de carpetas de mortero asfáltico se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad de metro cúbico de carpeta terminada, para cada banco en particular, con aproximación a la unidad. El volumen será medido en los camiones en que se transporte el material pétreo. La Secretaría medirá y pagará hasta un volumen igual al de proyecto más tres (3) por ciento.

70

Base de pago

Cuando la construcción de carpetas de mortero asfáltico se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de carpeta terminada, para cada banco en particular. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado Cláusula F de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de los material asfálticos para la carpeta y para el riego de liga, así como de los aditivos que se requieran. Limpieza del tanque en que se transporten, movimientos en la planta de producción y en el lugar de destino, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, descarga en el depósito, cargo por almacenamiento y todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas.
- ✚ Desmonte y despalle de los bancos; extracción del material pétreo aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; lavado o eliminación del polvo superficial adherido a los materiales; cargas, descargas y



todo los acarreo de los materiales y de los desperdicios, y formación de los almacenamientos.

- ✚ Instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
- ✚ Dosificación y mezclado de los materiales pétreos, asfálticos y aditivos.
- ✚ En su caso, fresado de toda la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Barrido y limpieza de la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Aplicación del riego de liga según lo indicado en la Norma N CTR CAR 1 04 005, *riegos de Liga*.
- ✚ Carga de los materiales a la mezcladora/extendedora para la elaboración del mortero asfáltico.
- ✚ Tendido de la carpeta de mortero asfáltico.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la carpeta asfáltica hasta que sea recibida por la Secretaría.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

71

Estimación y pago

La estimación y pago de las carpeta de mortero asfáltico, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Recepción de la obra

Una vez concluida la construcción de la carpeta de mortero asfáltico, la Secretaría la aprobará y al termino de la obra, cuando el tramo sea operable, la recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

2.5 Carpetas asfálticas de granulometría densa

Son las que se construyen sobre un pavimento existente, mediante el tendido y compactación de una mezcla elaborada generalmente en caliente, de cemento asfáltico, modificado o no y materiales pétreos de granulometría densa, con la finalidad principal de reforzar la estructura del pavimento, además de restablecer o mejorar las características de comodidad y seguridad de la superficie de rodadura. En el caso de



mezclas elaboradas en frío, el material asfáltico puede ser rebajado con solventes o en emulsión.

Materiales

Los materiales que se utilicen para la construcción de carpetas de granulometría densa, cumplirán con lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de los materiales asfálticos* y N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*, salvo que el proyecto indique otra cosa o así lo apruebe la Secretaría. Los materiales pétreos procederán de los bancos indicados en el proyecto o aprobados por la Secretaría.

Si dados los requerimientos de la obra, es necesario modificar las características de los materiales pétreos, del material asfáltico o de la interacción entre ambos utilizando aditivos, éstos estarán establecidos en el proporcionamiento definido por el contratista de obra. Si el contratista de obra propone la utilización de aditivos, lo hará mediante un estudio técnico que los justifique, sometiéndolo a la consideración de la Secretaría para su análisis y aprobación. Dicho estudio ha de contener como mínimo, las especificaciones y los resultados de las pruebas de calidad, así como los procedimientos para el manejo, uso y aplicación de los aditivos.

No se aceptará el suministro y utilización de materiales que no cumplan con lo indicado en la Fracción D 1 de esta Norma, ni aun en el supuesto de que serán mejorados posteriormente en el lugar de su utilización por el contratista de obra.

72

Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, los materiales presentan deficiencias respecto a las características establecidas como se indica en la Fracción D 1 de esta Norma, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra los corrija o los reemplace por otros adecuados, por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Equipo

El equipo que se utilice para la construcción de carpetas de granulometría densa, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o aprobada por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que dure la obra y será operado por personal capacitado. Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo hasta que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo reemplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Planta de mezclado

Contará como mínimo con:

- ✚ Tolvas para almacenar el material pétreo, protegidas de la lluvia y el polvo, con capacidad suficiente para asegurar la operación continua de la planta por lo menos durante quince (15) minutos sin ser alimentadas, y divididas, como



mínimo, en tres (3) compartimientos para almacenar los materiales pétreos por tamaños.

- ✚ Secador con inclinación ajustable colocado antes de las cribas clasificadoras, con capacidad suficiente para secar una cantidad de material pétreo igual a la capacidad de producción de la planta o mayor, en el caso de mezclas en caliente.
- ✚ Pirógrafo a la salida del secador para registrar automáticamente la temperatura del material pétreo, en el caso de mezclas en caliente.
- ✚ Cribas para clasificar el material pétreo por lo menos en tres (3) tamaños, con capacidad suficiente para mantener siempre en las tolvas material pétreo disponible para la mezcla.
- ✚ Dispositivos que permitan dosificar los materiales pétreos por masa, y sólo en casos excepcionales, cuando así lo apruebe la Secretaría, por volumen y que permitan un fácil ajuste de la dosificación de la mezcla en cualquier momento, para poder obtener la granulometría que indique el proyecto.
- ✚ Equipo para calentar el cemento asfáltico en forma controlada, que garantice que éste no se contamine y que éste provisto de un termómetro con rango de veinte (20) a doscientos diez (210) grados Celsius, en el caso de mezclas en caliente.
- ✚ Dispositivos para dosificar el cemento asfáltico, con una aproximación de mas menos dos (± 2) por ciento de la cantidad requerida según el proporcionamiento de la mezcla.
- ✚ Mezcladora equipada con un dispositivo para el control del tiempo de mezclado.
- ✚ Recolector de polvo.
- ✚ Dispositivos para agregar finos.

73

Pavimentadoras

Autopropulsadas, capaces de esparcir y precompactar la capa de mezcla que se tienda, con el ancho, sección y espesor establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría, incluyendo los acotamientos y zonas similares. Estarán equipadas con los dispositivos necesarios para un adecuado tendido de la carpeta asfáltica, como son: un enrasador o aditamento similar, que pueda ajustarse automáticamente en el sentido transversal, ser calentado en su caso necesario y proporcionar una textura lisa y uniforme, sin protuberancias o canalizaciones; una tolva receptora de la mezcla asfáltica con capacidad para asegurar un tendido homogéneo, equipada con un sistema de distribución mediante el cual se reparta la mezcla uniformemente frente al enrasador; y sensores de control, automático de niveles.

Los dispositivos externos que se utilicen como referencia para los sensores de niveles, estarán colocados en zonas limpias de piedras, basura o cualquier otra obstrucción que afecte las lecturas. Si durante la ejecución de los trabajos, los controles automáticos operan deficientemente, la Secretaría, a su juicio, podrá permitir al contratista de obra terminar el tendido del día, mediante el uso del control manual de



la pavimentadora; sin embargo, el tendido se podrá reiniciar solo cuando los controles automáticos funcionen adecuadamente.

Es recomendable contar además, con un equipo especial para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente a las tolvas de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta.

Compactadores

De rodillo metálico

Autopropulsados, reversibles y provisto de petos limpiadores para evitar que el material se adhiera a los rodillos. Pueden ser de tres (3) rodillos metálicos en dos (2) ejes, o de dos (2) o tres (3) ejes con rodillos en tándem, con diámetro mínimo de un (1) metro (40”), en todos los casos.

De neumáticos

Remolcados o autopropulsados. Tendrán nueve (9) ruedas como mínimo, de igual tamaño, montadas sobre dos ejes unidos a un chasis rígido, equipado con una plataforma o cuerpo que pueda ser lastrado, de forma que la masa total del compactador se distribuya uniformemente en las ruedas, dispuestas de manera que las del eje trasero cubran, en una pasada, el espacio completo entre las llantas adyacentes en el eje delantero. Las llantas serán lisas, con el tamaño mínimo de 7.50-15 de cuatro (4) capas e infladas uniformemente a la presión recomendada por el fabricante, con una tolerancia máxima de treinta y cuatro coma cinco (34,5) kilopascales (5 lb/ in2).

74

Barredoras mecánicas

Autopropulsadas o remolcadas. Tendrán una escoba rotatoria con el tipo de cerdas adecuadas para el material por remover y la superficie por barrer.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no sufran alteraciones que ocasionen deficiencias en la calidad de la obra, tomando en cuenta lo establecido en las Normas N CMT 4 04, *materiales pétreos para carpetas y mezclas asfálticas*, N CMT 4 05 001, *calidad de materiales asfálticos*, N CMT 4 05 002, *calidad de materiales asfálticos modificados* y N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*. Se sujetarán en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Ejecución

Condiciones generales

Para la construcción de carpetas de granulometría densa se considerará lo señalado en la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Proporcionamiento de materiales



- ✚ Los materiales pétreos, asfálticos y aditivos que se empleen en la elaboración de las carpetas de granulometría densa, se mezclarán con el proporcionamiento necesario para producir una mezcla asfáltica homogénea, con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- ✚ El proporcionamiento se determinará mediante un diseño de mezclas de granulometría densa, ya sea en caliente o en frío, según corresponda, para obtener las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría. Este diseño será responsabilidad del contratista de obra.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, con las dosificaciones de los distintos tipos de materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la elaboración de granulometría densa, no se obtiene una mezcla con las características establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra las corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

Condiciones climáticas

Los trabajos serán suspendidos en el momento en que se presenten situaciones climáticas adversas y no se reanudarán mientras éstas no sean las adecuadas, considerando que no se construirán carpetas de granulometría densa:

75

- ✚ Sobre superficies con agua libre o encharcada.
- ✚ Cuando exista amenaza de lluvia o este lloviendo.
- ✚ Cuando la temperatura de la superficie sobre la cual serán construidas esté por debajo de los quince (15) grados Celsius y se trate de mezclas en caliente o de los cuatro (4) grados Celsius si se trata de mezclas en frío.
- ✚ Cuando la temperatura ambiente por debajo de los quince (15) grados Celsius y su tendencia sea a la baja, en el caso de mezclas en caliente. Sin embargo, pueden ser construidas cuando la temperatura ambiente esté por arriba de los diez (10) grados Celsius y su tendencia sea al alza. La temperatura ambiente será tomada a la sombra, lejos de cualquier fuente de calor artificial.

Trabajos previos

- ✚ Antes de iniciar la construcción de la carpeta de granulometría densa, el contratista de obra instalará las señales y los dispositivos de seguridad, así como contar con los bandereros, que se requieran conforme a lo indicado en la Norma N PRY 10 03 001, *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, como se indica en la Norma N CSV CAR 2 05 011, *instalación de señalamientos y dispositivos para protección en obras de conservación* y con los bandereros que se requieran, tomando en cuenta todo lo referente a señalamiento y seguridad que establece la Cláusula D de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la construcción de la carpeta de granulometría densa mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



- ✚ Cuando así lo indique el proyecto, previamente a la construcción de la carpeta de granulometría densa, se hará un fresado continuo que abarque toda la superficie por cubrir, eliminando los defectos superficiales de la carpeta original y de las nivelaciones locales que en su caso se hayan colocado.
- ✚ Inmediatamente antes de la construcción de la carpeta de granulometría densa, la superficie de la carpeta sobre la que se colocará deberá estar debidamente preparada, exenta de materias extrañas, polvo, grasa o encharcamientos de material asfáltico, sin irregularidades o depresiones y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido. No se permitirá la construcción sobre tramos que no hayan sido previamente aceptados por la Secretaría.
- ✚ Si así lo indica el proyecto o lo aprueba la Secretaría, inmediatamente antes de iniciar el tendido de la carpeta de granulometría densa, se aplicará un riego de liga en toda la superficie, de acuerdo con lo indicado en la Norma N CTR CAR 1 04 005, *riego de liga*.
- ✚ No se permitirá que los camiones que transportan la mezcla asfáltica, hagan maniobras que puedan distorsionar, disgregar u ondular las orillas de una capa recién tendida. En el caso de que por algún motivo esta situación llegue a suceder, el contratista de obra reparará inmediatamente los daños causados, por su cuenta y costo.

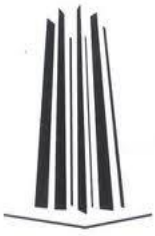
Elaboración de la mezcla

- ✚ El procedimiento que se utilice para la elaboración de la mezcla es responsabilidad del contratista de obra, quien tendrá los cuidados necesarios para el manejo de los materiales a lo largo de todo el proceso, para que la mezcla tendida y compactada, cumpla con los requerimientos establecidos en el proyecto o aprobados por la Secretaría y atenderá lo indicado en la Norma N CMT 4 05 003, *calidad de mezclas asfálticas para carreteras*.
- ✚ Si en la ejecución del trabajo y a juicio de la Secretaría, las características de la mezcla asfáltica difiere de la establecida en el proyecto o aprobada por la Secretaría, se suspenderá inmediatamente la producción en tanto que el contratista de obra la corrija por su cuenta y costo. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.
- ✚ Durante el proceso de producción no se cambiará de un tipo de mezcla a otro, hasta que la planta haya sido vaciada completamente y los depósitos de alimentación del material pétreo sean cargados con el nuevo material.

Tramo de prueba

Sobre la superficie donde se construirá la carpeta de granulometría densa, el contratista de obra ejecutará previamente un tramo de prueba con una longitud de cuatrocientos (400) metros y del ancho mínimo de un carril, con la finalidad de evaluar el procedimiento y los equipos que se utilizarán, considerando que:

- ✚ La construcción del tramo de prueba se hará cumpliendo con todo lo establecido en esta Norma.



- ✚ Una vez compactada la carpeta del tramo de prueba, se verificará que cumpla con lo establecido. En caso negativo, el contratista de obra construirá el número de tramos de prueba necesarios hasta que cumpla con lo indicado en dicha Cláusula.
- ✚ Si el tramo de prueba construido cumple con lo indicado, podrá considerarse como parte de la obra y será objeto de medición y pago, de lo contrario no se medirá ni pagará y la Secretaría, a su juicio, determinará si es necesario o no que el contratista de obra retire el tramo de prueba por su cuenta y costo.

Tendido de la mezcla

- ✚ Después de elaborada la mezcla asfáltica, se extenderá y se conformará con una pavimentadora autopropulsada, de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor sensiblemente uniforme. Sin embargo, en áreas irregulares inaccesibles a la pavimentadora, la mezcla asfáltica puede tenderse y terminarse a mano.
- ✚ En el caso de mezclas en caliente, el contratista de obra determinará, mediante la curva Viscosidad-temperatura del material asfáltico utilizado, las temperaturas mínimas convenientes para el tendido y compactación de la mezcla.
- ✚ El tendido se hará en forma continua, utilizando un procedimiento que minimice las paradas y arranques de la pavimentadora.
- ✚ Cuando el tendido se haga en dos (2) o más franjas, con un intervalo de más de un día entre franjas, éstas se ligarán con cemento asfáltico o con emulsión de rompimiento rápido. Esto se puede evitar si se elimina la junta longitudinal utilizando pavimentadoras en batería.
- ✚ La cara expuesta de las juntas transversales se recortará aproximadamente a cuarenta y cinco (45) grados antes de iniciar el siguiente tendido, ligando las juntas con un cemento asfáltico o con emulsión de rompimiento rápido.
- ✚ Se tendrá especial cuidado para que el enrasador traslape las juntas de tres (3) a cinco (5) centímetros y que el control del espesor sea ajustado de tal manera que el material quede ligeramente por arriba de la capa previamente tendida, para que al ser compactado, el pavimento quede con los niveles y dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto.
- ✚ De ser necesario, la mezcla se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar, hasta que se obtenga la sección y el espesor establecidos en el proyecto. En el caso de mezclas en caliente, cuando el tendido se haga por capas, la capa sucesiva no se tenderá hasta que la temperatura de la capa anterior sea menor de setenta (70) grados Celsius en su punto medio y haya cubierto todo el ancho de la calzada o la corona, según sea el caso.
- ✚ Cada capa de mezcla asfáltica se colocará cubriendo como mínimo el ancho total de un carril.
- ✚ Durante el tendido de la mezcla, la tolva de descarga de la pavimentadora permanecerá llena, para evitar la segregación de los materiales. No se permitirá el tendido de la mezcla si existe segregación. Es recomendable



utilizar un equipo especial para verter la mezcla asfáltica a la pavimentadora, evitando que el camión vacíe directamente a las tolvas de la misma, mejorando así la uniformidad superficial de la carpeta.

- ✚ Al final de cada jornada y con la frecuencia necesaria, se limpiarán perfectamente todas aquellas partes de la pavimentadora que presenten residuos de mezcla.
- ✚ La longitud de las líneas de tendido de la mezcla asfáltica es responsabilidad del contratista de obra, tomando en cuenta que no se tenderán tramos mayores que los que puedan ser compactados de inmediato.
- ✚ Una vez extendida la mezcla, se evitará el tránsito vehicular sobre la superficie tratada, hasta que la mezcla asfáltica haya fraguado suficientemente, para evitar que sea desprendida o se marquen rodadas. El tiempo de fraguado se determinará en campo, de acuerdo con las condiciones climáticas, el tipo de cemento asfáltico utilizado, las proporciones de los ingredientes y el propio comportamiento de la mezcla.

Compactación

- ✚ Inmediatamente después de tendida la mezcla asfáltica, será compactada.
- ✚ La capa extendida se compactará lo necesario para lograr las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con las características indicadas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.
- ✚ La compactación se hará longitudinalmente a la carretera, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada.
- ✚ El uso de compactadores vibratorios sólo se permitirá para la compactación de capas mayores de cuatro (4) centímetros de espesor.
- ✚ En el caso de mezclas en caliente, la compactación se terminará cuando la mezcla tenga una temperatura igual a la mínima conveniente para la compactación, que haya determinado el contratista de obra.
- ✚ Por ningún motivo se estacionará el equipo de compactación, por periodos prolongados, sobre la carpeta recién compactada, para evitar que se produzcan deformaciones permanentes en la superficie terminada.

78

Acabado

- ✚ La superficie de la carpeta, quedará limpia y presentará una textura y acabado uniformes en todo el ancho de la calzada o la corona, según sea el caso.
- ✚ Una vez concluida la compactación de la última capa de la carpeta de granulometría densa, en todo el ancho de la calzada o la corona, según sea el caso, se formará un chaflán en las orillas, cuya base será igual a uno coma cinco (1,5) veces el espesor de la carpeta, compactándolo con el equipo adecuado. Para ello se utilizará mezcla asfáltica adicional de las mismas características, colocándola inmediatamente después del tendido, o bien directamente con las pavimentadoras si están equipadas para ello.



Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante la construcción de la carpeta de granulometría densa, el contratista de obra tomara las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 01 001, *prácticas ambientales durante la conservación periódica de las obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la carpeta de granulometría densa hasta que el trabajo haya sido recibido por la Secretaría, cuando el tramo sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que la carpeta de granulometría densa se considere terminada y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

Calidad de la mezcla asfáltica

- ✚ Que los materiales pétreos, asfálticos y aditivos utilizados en la mezcla asfáltica, hayan cumplido con las características establecidas.
- ✚ Que las características de la mezcla asfáltica hayan cumplido con las establecidas en el proyecto o aprobadas por la Secretaría.

Índice de perfil

Que el índice de perfil de la superficie de la última capa de la carpeta de granulometría densa compactada, en cada línea de tendido de cada subtramo de doscientos (200) metros de longitud o fracción, haya sido de treinta y un centímetros por kilómetro (31 cm/km) como máximo, a menos que el proyecto indique otro valor. SE podrán aceptar índices de perfil hasta de cuarenta y seis centímetros por kilómetro (46 cm/km), en cuyo caso se aplicarán al contratista de obra los factores de sanción por incumplimiento de calidad. En los casos de carriles de aceleración y desaceleración, ampliaciones en paraderos o cuñas de transición en entronques a nivel, no se medirá el índice de perfil. El contratista de obra hará la verificación del índice de perfil, dentro de las cuarenta y ocho (48) horas siguientes a la terminación de la compactación, considerando lo que a continuación se señala y la Secretaría evaluará diariamente los resultados que se obtengan.

Equipo

El contratista de obra dispondrá y mantendrá durante el tiempo que dure la obra de un perfilógrafo. Antes de su utilización, el equipo se calibrará, pudiendo la Secretaría verificar la calibración en cualquier momento y si a juicio, el perfilógrafo presenta deficiencias o no está bien calibrado, se suspenderá inmediatamente la evaluación en tanto que el contratista de obra lo calibre adecuadamente, corrija las



deficiencias o lo remplace. En ningún caso se medirán para efecto de pago carpetas que no hayan sido verificadas.

Tramo de prueba

Para que el tramo de prueba sea aceptado por la Secretaría, tendrá un índice de perfil de treinta y u centímetros por kilometro (31 cm/km) como máximo.

Determinación del índice de perfil

- ✚ La obtención del índice de perfil, en cada línea de tendido, se hará a lo largo de la línea imaginaria ubicada a noventa mas menos veinte (90 ± 20) centímetros de la orilla interior de la línea de tendido por evaluar. Las mediciones serán divididas en secciones consecutivas de doscientos (200) metros, con el propósito de establecer subtramos en los que se aplique un factor de estímulo por mejoramiento de calidad o de sanción por incumplimiento de calidad, según la calidad obtenida en la superficie. Con base en esos factores, una vez terminado el tendido en todo el ancho de la calzada, para cada tramo de un (1) kilometro o mayor, pero siempre menor de dos (2) kilómetros. La carpeta de granulometría densa que se construya en carriles de aceleración y desaceleración, ampliaciones en paraderos o cuñas de transición de entronques a nivel.
- ✚ Cuando la longitud de una línea de tendido de una subtramo construida en un día de trabajo, no alcance los doscientos (200) metros, será agrupada con el tramo inmediato que se construya el día siguiente. En este caso, la medición del índice de perfil deberá hacerse dentro de las cuarenta y ocho (48) horas de completado el subtramo.
- ✚ Si el índice de perfil determinado en una línea de tendido de un subtramo de doscientos (200) metros o fracción, resulta menor de veintiséis coma un centímetro (26,1 cm/km).
- ✚ Cuando el índice de perfil determinado en una línea de tendido de un subtramo de doscientos (200) metros o fracción, éste entre treinta y uno coma uno y cuarenta y seis centímetros por kilómetros (31,1 a 46 cm/km). El contratista de obra podrá elegir entre corregir o aceptar que se aplique sanción por incumplimiento de calidad.

80

Índice de perfil de promedio diario

- ✚ Cada día de trabajo se determinará el índice de perfil promedio diario, obteniendo el promedio aritmético de todos los índices de perfil determinados ese día. Si el índice de perfil promedio diario, resulta mayor de cuarenta y seis centímetros por kilometro (46 cm/km), se suspenderá de inmediato la construcción de la carpeta de granulometría densa. Para reanudar la construcción de la carpeta.

Corrección de la superficie de la carpeta de granulometría densa

- ✚ Después de obtenido el índice de perfil de cada línea de tendido en un subtramo de doscientos metros, todas aquellas áreas en las que el perfil presente una desviación igual a un centímetro o mayor, en siete coma cinco metros o menos, medidos en el perfilograma, serán corregidas mediante fresado. Concluida la corrección, se obtendrá nuevamente el índice de perfil de



la línea de tendido en el subtramo correspondiente para verificar el cumplimiento de lo estipulado.

- ✚ Una vez realizadas las correcciones individuales de todas las desviaciones a que se refiere el párrafo anterior, cualquier subtramo de doscientos metros que presente un índice de perfil mayor de cuarenta y seis centímetros por kilómetro (46cm/km) en cualquiera de sus líneas de tendido, será corregido mediante alguno de los procedimientos que se indican a continuación.

- a) Fresado continuo de la superficie de la carpeta, en tramos no menores de cincuenta metros y a todo el ancho de la calzada, en carreteras de dos carriles, o en todos los carriles de un mismo sentido en carreteras con carriles múltiples, para reducir el índice de perfil a cuarenta y seis centímetros por kilómetro (46cm/km) o menos. Sobre la superficie fresada, se colocará un tratamiento superficial aprobado por la Secretaría, con un espesor de dos centímetros como mínimo, amén que el proyecto establezca la construcción de una carpeta de granulometría densa.
- b) Colocación sobre la carpeta, de una sobrecarpeta de tres centímetros de espesor como mínimo, en tramos no menores de cincuenta metros y a todo el ancho de la calzada, en carreteras de dos carriles, o en todos los carriles de un mismo sentido en carreteras con carriles múltiples, elaborada con la misma mezcla utilizada en la carpeta, que cumpla con todo lo indicado en esta Norma y tenga un índice de perfil de cuarenta y seis centímetros por kilómetro (46cm/km) como máximo.

81

- ✚ Todos los trabajos de corrección serán por cuenta y costo del contratista de obra, y previamente a su ejecución, los procedimientos de corrección de la superficie de la carpeta serán sometidos a la aprobación de la Secretaría. No se permitirá efectuar trabajos de corrección con equipos de impacto que puedan dañar la estructura del pavimento, ni con resanes superficiales adheridos.

- ✚ Todos los trabajos de corrección de la superficie de la carpeta, se efectuarán antes de que se verifiquen de la carpeta, se efectuarán antes de que se verifiquen sus líneas, pendientes y espesores, salvo que la corrección se realice mediante una sobrecarpeta, en cuyo caso la verificación de los espesores se hará antes de colocarla.

Líneas pendientes y espesores

Que el alineamiento, perfil, sección y espesor de la carpeta, cumplan con lo establecido en el proyecto.

- ✚ Previamente a la construcción de la carpeta, en las estaciones cerradas a cada veinte metros, se nivelará la superficie de la capa inmediata inferior, obteniendo los niveles en el eje y en ambos lados éste, en puntos ubicados a una distancia (B) igual al semiancho de la corona de la carpeta (A/2) menos setenta centímetros, a la mitad del espacio comprendido entre éstos y el eje (B/2), y en las orillas de la carpeta, como se muestra en la figura, sin considerar las ampliaciones en curvas, ni los carriles de aceleración o desaceleración, las ampliaciones en paraderos o las cuñas de transición en entronques a nivel. Cuando existan estos elementos, en las mismas secciones a cada veinte metros de los carriles principales, adicionalmente se nivelarán los puntos en



sus orillas, para el posterior calculo de las pendientes transversales. Como se indica en la figura 2.2.

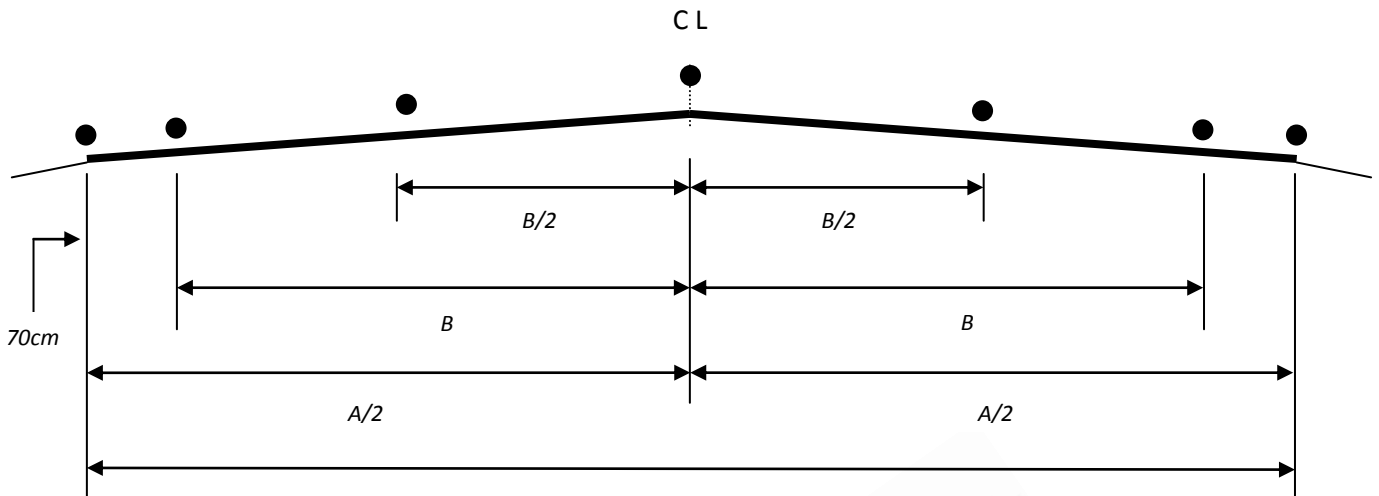


Fig. 2.2 Ubicación de los puntos por nivelar.

- Una vez compactada la carpeta, verificados sus índices de perfil y, en su caso, hechas las correcciones, se volverán a nivelar las mismas secciones, determinando las elevaciones de los mismo puntos ahí indicados para obtener las pendientes trasversales entre ellos, y se medirán, en cada sección, las distancias entre el eje y las orillas de la corona, para verificar que esas pendientes y distancias estén dentro de las tolerancias que se indican en la tabla 2.3.

Características	Tolerancia
Ancho de la sección, del eje a la orilla	±1 cm
Pendiente transversal respecto a proyecto	±0.5%

Tabla 2.3 Tolerancia para líneas y pendientes.

- Si para corregir la superficie de la carpeta se opta por colocar una sobrecarpeta o por cualquier otro procedimiento aprobado por la Secretaría, que eleve esa superficie, antes de su ejecución se nivelaran las mismas secciones, determinando las elevaciones de los mismos puntos ahí indicados para obtener los espesores de la carpeta antes de ser corregida.
- Las nivelaciones se ejecutaran con nivel fijo y comprobación de vuelta, obteniendo los niveles con aproximación al milímetro. Las distancias horizontales se medirán con aproximación al centímetro.
- A partir de las cotas obtenidas en las nivelaciones, en todos los puntos nivelados se determinarán los espesores de la carpeta compactada, los que deberán ser iguales al fijado en el proyecto o, para cada tramo de un kilometro o mayor, pero siempre menor de dos kilómetros.
- El espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, deberá ser igual a noventa y ocho centésimos del espesor de proyecto o mayor:



$$\bar{e} \geq 0.98e$$

Donde:

e= espesor de proyecto, (cm).

\bar{e} = espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo (cm), obtenido mediante la siguiente formula:

$$\bar{e} = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n}$$

Donde:

e_i = espesor obtenido en cada determinación, (cm).

n= numero de determinaciones hechas en el tramo de 1km; en los tramos de ajuste esta longitud podrá ser mayor, pero siempre menor de dos kilómetros.

Resistencia a la fricción

- ✚ Que la superficie de rodadura de la carpeta de granulometría densa compactada, haya tenido una resistencia a la fricción en condiciones de pavimento mojado, igual a seis decimas o mayor, medida con el equipo Mu-Meter, a una velocidad de setenta y cinco kilómetros por hora, por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada línea de tendido.

83

Limpieza de la superficie del pavimento

Que una vez terminada la carpeta de granulometría densa, la superficie del pavimento está limpia, atendiendo lo indicado en "limpieza de la superficie de rodamiento y acotamiento"

Medición

Cuando la construcción de carpetas de granulometría densa, se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad el metro cúbico de carpeta terminada, según su tipo y para cada tramo de un kilometro, se determinara mediante la formula que se indica a continuación. En los tramos de ajuste, los volúmenes se podrán medir para tramos mayores de un kilometro, pero siempre menores de dos kilómetros.

$$V = L \times \bar{e} \times \bar{a}$$

Donde:

V= Volumen de la carpeta de granulometría densa de cada tramo de un km o mayor pero siempre menor de 2 km, (m³).

L= Longitud del tramo, (m).

\bar{e} = Espesor promedio correspondiente a todas las determinaciones hechas en el tramo, (m).



\bar{a} = Ancho promedio de la carpeta de granulometría densa, obtenido con base en las distancias entre el eje y las orillas de la corona.

Base de pago

Cuando la construcción de carpetas de granulometría densa se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula I de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de carpeta terminada en cada tramo de un (1) kilometro, según su tipo y para cada banco en particular. En los tramos de ajuste, se podrán pagar volúmenes correspondientes a tramos mayores de un (1) kilometro, pero siempre menores de dos (2) kilómetros. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado Cláusula F de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, incluyen lo que corresponda por:

- ✚ Valor de adquisición o producción de los material asfálticos para la carpeta y para el riego de liga, así como de los aditivos que se requieran, incluyendo mermas y desperdicios. Limpieza del tanque en que se transporten, movimientos en la planta de producción y en el lugar de destino, carga al equipo de transporte, transporte al lugar de almacenamiento, descarga en el deposito, cargo por almacenamiento y todas las operaciones de calentamiento y bombeo requeridas.
- ✚ Desmonte y despalme de los bancos; extracción del material pétreo aprovechable y del desperdicio, cualesquiera que sean sus clasificaciones; cribados y desperdicios de los cribados; trituración parcial o total; lavado o eliminación del polvo superficial adherido a los materiales; cargas, descargas y todo los acarrees de los materiales y de los desperdicios, formación de los almacenamientos y clasificación de los materiales pétreos separándolos por tamaños
- ✚ Instalación, alimentación y desmantelamiento de las plantas.
- ✚ Secado del material pétreo y su calentamiento previo al mezclado en el caso de mezclas en caliente.
- ✚ Dosificación y mezclado de los materiales pétreos, asfálticos y aditivos.
- ✚ En su caso, fresado de la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Barrido y limpieza de la superficie sobre la que se construirá la carpeta.
- ✚ Aplicación del riego de liga según lo indicado en la Norma N CTR CAR 1 04 005, *riego de Liga*
- ✚ Cargas en la planta de la mezcla asfáltica al equipo de transporte y acarreo al lugar de utilización.
- ✚ Tendido y compactación de la mezcla asfáltica.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Limpieza de la superficie del pavimento según lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.



- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la carpeta de granulometría densa hasta que sea recibida por la Secretaría.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

Cuando procedan estímulos por mejoramiento de calidad o sanciones por incumplimiento de calidad, de acuerdo con los índices de perfil de la carpeta de granulometría densa, que se obtengan según se señala en la fracción H.2., se pagará al contratista de obra una bonificación o se le hará una deducción, según corresponda, calculada para cada tramo de un (1) kilómetro o mayor, pero siempre menor de dos (2) kilómetros, medido como se indica en la clausula de esta Norma, mediante la siguiente formula

$$E = V \times pu \times \bar{F}$$

Donde:

E= bonificación cuando resulta positivo o deducción cuando resulta negativo, para cada tramo de 1 km o mayor, pero siempre menor de 2 km, (\$)

V= volumen de la carpeta de granulometría densa del tramo, (m³)

PU= precio unitario de la carpeta de granulometría densa fijado en el contrato, (\$/m³)

\bar{F} = factor promedio de estímulo o sanción del tramo. Promedio aritmético de los factores de estímulo o sanción (Fj) para cada subtramo de doscientos (200) metros en cada línea de tendido, tomando de tabla 2.4. de esta Norma, (adimensional)

Índice de perfil * Cm/km	Factores de estímulo o sanción (fj)	
10,0 o menos	Estímulo	+0,05
10,1 a 14,0		+0,04
14,1 a 18,0		+0,03
18,1 a 22,0		+0,02
22,1 a 26,0		+0,01
26,1 a 31,0	0	
31,1 a 34,0	Sanción	-0,02
34,1 a 37,0		-0,04
37,1 a 40,0		-0,06
40,1 a 43,0		-0,08
43,1 a 46,0		-0,10
Mayor de 46,0	CORREGIR	

*para cada tramo de 200 m o fracción en cada línea de tendido

Tabla 2.4 Factores de estímulo o sanción, según el índice de perfil.

Estimación y pago

La estimación y pago de las carpeta de granulometría densa, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.



Recepción de la obra

Una vez concluida la construcción de la carpeta de granulometría densa, la Secretaría la aprobará y al término de la obra, cuando la carretera sea operable, la recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

2.6 Fresado de la superficie de rodadura en pavimentos asfálticos

Definición

Es el conjunto de actividades que se realizan con una fresadora para eliminar las deformaciones superficiales, producidas por una construcción deficiente de la capa de rodadura o bien por la acción del tránsito, a fin de mejorar las características de comodidad y la fricción de la capa de rodadura.

Equipo

El equipo que se utilice para el fresado de la capa de rodadura, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o señalada por la Secretaría, en cantidad suficiente para fresar la superficie establecida en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación o la que indique la Secretaría, conforme al programa de utilización de maquinaria. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y a juicio de la Secretaría, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

86

Equipo de fresado

Las fresadoras que se utilicen serán autopropulsadas, con la masa suficiente para producir un fresado uniforme. Sus dimensiones serán tales que no obstruyan la operación de los carriles adyacentes al fresado. Contará con:

- ✚ Cabeza de corte con ancho mínimo de cero coma nueve (0,9) metros y de preferencia del ancho del carril, capaz de controlar la profundidad del fresado o generar un plano de corte geoméricamente igual al de proyecto, mediante el uso de controles electrónicos.
- ✚ Discos de corte montados en la cabeza de corte, con dientes de carburo o diamantados, en cantidad tal que produzcan un patrón de corte fino con espaciamiento no mayor de ocho coma cinco (8,5) milímetros, con capacidad para cortar la carpeta asfáltica hasta cinco (5) centímetros de profundidad.
- ✚ Cilindros hidráulicos para mantener constante la presión sobre la cabeza de corte.
- ✚ Dispositivos para controlar su alineación, detectar variaciones en el nivel de la superficie de la capa de rodadura y ajustar automáticamente la cabeza de



corte para producir una superficie nivelada, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o por la Secretaría.

- ✚ Dispositivo integral de enfriamiento mediante agua.
- ✚ Banda elevadora para cargar el producto del corte directamente al equipo de transporte.

Camión cisterna

Para el suministro de agua a la fresadora, con capacidad suficiente para minimizar al equipo de transporte

Camiones de volteo

Para recibir el producto del fresado y transportarlo al banco de desperdicios

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales producto del fresado son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no contaminen. Se sujetarán, en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes

Los residuos producto del fresado se cargarán y transportarán al banco de desperdicios que establezcan el proyecto o apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen.

87

Ejecución

Consideraciones generales

Para el fresado de la capa asfáltica de rodadura se considerará lo señalado en, Ejecución de obras.

En tramos en operación, el fresado de la capa asfáltica de rodadura se efectuará en los horarios dentro de los cuales la afectación al tránsito sea mínima.

Trabajos previos

Señalamientos y dispositivos de seguridad

Antes de iniciar los trabajos de fresado de la capa asfáltica de rodadura, el contratista de obra instalará las señales y los dispositivos de seguridad que se requieran, conforme a la Norma *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras, instalación de señalamiento y dispositivos para protección de obras* de conservación y contará con los bandereros que se requieran, tomando en cuenta la Norma *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de fresado mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Delimitación del área por fresar

Sobre la superficie de la capa de rodadura, se delimitarán los tramos por fresar que señale el proyecto o la Secretaría.

Precauciones durante la obra

El fresado se realizará de tal forma que no se dañen las cunetas u otras obras de drenaje, las guarniciones, zonas de la capa de rodadura fuera del área de fresado y cualquier otra estructura. Cuando el proyecto o la Secretaría indiquen que el fresado no se realice sobre los elementos del señalamiento horizontal, la distancia entre el límite del fresado y las rayas o vialetas, no será menor de ocho (8) centímetros.

Fresado

- ✚ El fresado podrá realizarse para obtener una superficie de la capa de rodadura conforme a un proyecto geométrico o simplemente para mejorar la resistencia a la fricción.
- ✚ A menos que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa, el fresado siempre se hará paralelamente al eje de la carretera, iniciando y terminando en líneas normales a dicho eje.
- ✚ A menos que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa, el fresado será continuo en tramos no menores de cincuenta (50) metros y a todo el ancho de carril, para reducir el índice de perfil a menos de catorce (14) centímetros por kilómetro e incrementar la resistencia a la fricción a un minuto cero coma seis (0,6), medida con el equipo Mu-meter.
- ✚ Si al final de la jornada, quedan desniveles mayores de tres (3) centímetros, se desvanecerá el fresado hasta llegar al nivel original de la capa de rodadura, en una longitud mínima de cinco (5) metros, a menos que el proyecto o la Secretaría indiquen otro valor.
- ✚ Concluido el fresado, se obtendrá el índice de perfil en cada tramo fresado para cada carril de circulación. Índice de perfil, medido a lo largo de la línea imaginaria ubicada a noventa mas menos veinte (90 ± 20) centímetros de la orilla exterior del carril por evaluar. Para ello, el contratista de obra dispondrá y mantendrá durante el tiempo que duren los trabajos, de un perfilógrafo tipo california. Antes de su utilización, el equipo se calibrará, pudiendo la Secretaría verificar la calibración en cualquier momento y si a juicio, el perfilógrafo presenta deficiencias o no esta bien calibrado, se suspenderá inmediatamente la evaluación en tanto que el contratista de obra lo calibre adecuadamente, corrija las deficiencias o lo remplace. En ningún caso se medirán para efecto de pago tramos que no hayan sido verificados.
- ✚ Concluido el fresado, se obtendrá la resistencia a la fricción en condiciones de pavimento mojado, en cada tramo fresado para cada carril de circulación, a una velocidad de setenta y cinco (75) kilómetros por hora, por lo menos sobre la huella de la rodada externa de cada línea de fresado. Para ello, el contratista de obra dispondrá y mantendrá durante el tiempo que duren los trabajos, de un equipo MU-Meter debidamente calibrado. La Secretaría verificará la calibración en cualquier momento y si a juicio, el Mu-Meter



presenta deficiencias o no esta bien calibrado, se suspenderá inmediatamente la medición en tanto que el contratista de obra lo calibre adecuadamente, corrija las deficiencias o lo remplace. En ningún caso se medirán para efecto de pago tramos que no hayan sido verificados.

Acabado

- ✚ Las superficies fresadas presentarán, a juicio de la Secretaría, una textura y acabado uniformes.
- ✚ Durante el fresado se evitará que los residuos resultantes escurran por los acotamientos, los carriles abiertos al tránsito, las cunetas o cualquier tipo de obra de drenaje. Los residuos serán removidos de la superficie del pavimento al momento del fresado.
- ✚ Al término de los trabajos, la superficie de la capa de rodadura se limpiarán de acuerdo con lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, Limpieza de la Superficie de Rodamiento y Acotamientos.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el fresado de capas asfálticas de rodadura, el contratista de obra tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 02 001, *prácticas ambientales durante la conservación periódica de las Obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

89

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación del fresado de la capa de rodadura hasta que el trabajo haya sido recibido por la Secretaría, cuando la carretera sea operable.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que el fresado se considere terminado y sea aceptado por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

- ✚ Que las superficies fresadas presenten, a juicio de la Secretaría, una textura y acabado uniformes.
- ✚ Que el índice de perfil de toda la superficie fresada sea igual o inferior a catorce (14) centímetros por kilómetro o al valor indicado en el proyecto o por la Secretaría.
- ✚ Que la resistencia a la fricción de la superficie fresada sea de cero coma seis (0,6) o mayor.



- ✚ Que la pendiente transversal del pavimento sea de dos mas menos cero coma cinco ($2\pm 0,5$) por ciento en tramos rectos o igual a la sobre elevación en curvas.
- ✚ Que la superficie de la capa de rodadura esté limpia y los residuos producto del fresado, hayan sido retirados y depositados en el bando de desperdicios aprobado por la Secretaría.

Medición

Quando el fresado de la capa asfáltica de rodadura, se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad el metro cuadrado de capa de rodadura fresada, con aproximación a un decimo (0,1).

Base de pago

Quando el fresado de capa asfáltica de rodadura se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medido de acuerdo con lo indicado en la Cláusula H de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cuadrado de capa de rodadura fresada. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Clausula F de la Norma N LEG *ejecución de obras*, incluyendo lo que corresponda por:

- ✚ Delimitación de las áreas por fresar.
- ✚ Fresado de la capa de rodadura.
- ✚ Suministro y utilización de agua.
- ✚ Limpieza de la superficie de la capa de rodadura después del fresado de acuerdo con la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.
- ✚ Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan a los bancos de desperdicios, así como su tratamiento en la forma que apruebe la Secretaría.
- ✚ Equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los residuos, durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la superficie fresada hasta que haya sido recibida por la Secretaría.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

Estimación y pago

La estimación y pago del fresado de la capa asfáltica de rodadura, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.



Recepción de la obra

Una vez concluidos los trabajos de fresado de la capa asfáltica de rodadura, la Secretaría la aprobará y cuando el tramo sea operable, los recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.

2.7 Recorte de carpetas asfálticas

Definición

Es el conjunto de actividades que se requieren para remover la carpeta asfáltica por medios mecánicos, a la profundidad, ancho y sección requeridos por el proyecto a fin de reponer la carpeta y la capa de rodadura.

Equipo

El equipo que se utilice para el corte de carpetas asfálticas, será el adecuado para obtener la calidad especificada en el proyecto o por la Secretaría, en cantidad suficiente para producir el volumen establecido en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación o la que indique la Secretaría, conforme al programa de utilización de maquinaria, siendo responsabilidad del contratista de obra su selección. Dicho equipo será mantenido en óptimas condiciones de operación durante el tiempo que duren los trabajos y será operado por personal capacitado, el equipo presenta deficiencias o no produce los resultados esperados, se suspenderá inmediatamente el trabajo en tanto que el contratista de obra corrija las deficiencias, lo remplace o sustituya al operador. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.

91

Equipo de fresado

Las fresadoras que se utilicen serán autopropulsadas, con la masa suficiente para producir un fresado uniforme. Sus dimensiones serán tales que no obstruyan la operación de los carriles adyacentes al fresado. Contará con:

- ✚ Cabeza de corte con ancho mínimo de cero coma nueve (0,9) metros y de preferencia del ancho del carril, capaz de controlar la profundidad del fresado o generar un plano de corte geoméricamente igual al de proyecto, mediante el uso de controles electrónicos.
- ✚ Discos de corte montados en la cabeza de corte, con dientes de carburo o diamantados, en cantidad tal que produzcan un patrón de corte con espaciamiento no mayor de uno coma seis (1,6) centímetros (5/8”), con capacidad para cortar la carpeta asfáltica hasta veinte (20) centímetros de profundidad.
- ✚ Cilindros hidráulicos para mantener constante la presión sobre la cabeza de corte.
- ✚ Dispositivos para controlar su alineación, detectar variaciones en el nivel de la superficie de la capa de rodadura y ajustar automáticamente la cabeza de corte para producir una superficie nivelada, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o por la Secretaría.



- ✚ Dispositivo integral de enfriamiento mediante agua.
- ✚ Banda elevadora para cargar el producto del corte directamente al equipo de transporte.

Camión cisterna

Para el suministro de agua a la fresadora, con capacidad suficiente para minimizar las paradas del equipo.

Camiones de volteo

Para recibir el producto del fresado y transportarlo al banco de desperdicios.

Transporte y almacenamiento

El transporte y almacenamiento de todos los materiales producto del recorte son responsabilidad exclusiva del contratista de obra y los realizará de forma tal que no contaminen. Se sujetarán, en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigentes.

Los residuos producto del recorte de carpeta asfáltica, se cargarán y transportarán al banco de almacenamiento que apruebe la Secretaría, en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas, que impidan la contaminación del entorno o que se derramen. Cuando sean depositados en un almacenamiento temporal, se tomarán las medidas necesarias para evitar la contaminación del entorno, trasladándolos al banco de almacenamiento lo más pronto posible.

92

Ejecución

Consideraciones generales

Para los trabajos de recorte de carpetas asfálticas se considerará lo señalado en, Ejecución de obras.

En tramos en operación, el recorte de carpetas asfálticas se efectuará en los horarios dentro de los cuales la afectación al tránsito sea mínima.

Trabajos previos

Señalamientos y dispositivos de seguridad

Antes de iniciar los trabajos de recorte de carpetas asfálticas, el contratista de obra instalará las señales y los dispositivos de seguridad que se requieran, conforme a la Norma N PRY CAR 10 03 001 *ejecución de proyectos de señalamiento y dispositivos para protección en obras*, Instalación de señalamiento y Dispositivos para Protección de Obras de Conservación y contará con los bandereros que se requieran, tomando en cuenta la Norma *ejecución de obras*. En ningún caso se permitirá la ejecución de los trabajos de recorte de carpetas asfálticas mientras no se cumpla con lo establecido en este inciso. Los atrasos en el programa de ejecución detallado por concepto y ubicación, que por este motivo se ocasionen, serán imputables al contratista de obra.



Delimitación del área por recortar

Sobre la superficie de la carpeta asfáltica, se delimitarán los tramos por recortar que señale el proyecto o indique la Secretaría.

Limpieza de la superficie por recortar

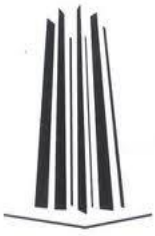
Si así lo indica el proyecto o la Secretaría, inmediatamente antes del inicio de los trabajos, la superficie de rodadura se limpiará de acuerdo con lo indicado en la Norma N CSV CAR 2 02 001, *limpieza de la superficie de rodamiento y acotamientos*.

Precauciones durante la obra

El recorte se realizará de tal forma que no se dañen las cunetas u otras obras de drenaje, las guarniciones, zonas de la capa de rodadura fuera del área de recorte y cualquier otra estructura. Cuando el proyecto o la Secretaría indiquen que el recorte no se realice sobre los elementos del señalamiento horizontal, la distancia entre el límite del fresado y las rayas o vialitas, no será menor de ocho (8) centímetros.

Recorte de la carpeta

- ✚ La superficie del pavimento existente será recortada a la profundidad indicada en el proyecto. El contratista de obra determinará el número de pasadas y la profundidad de corte en cada una de ellas con el objeto de lograr la profundidad total a ser removida.
- ✚ Cuando el proyecto o la secretaría así lo indiquen, el recorte será a la profundidad especificada para obtener la pendiente transversal requerida por el proyecto. El contratista de obra fresará el material en las intersecciones y otras áreas irregulares de acuerdo con lo solicitado por el proyecto o por la Secretaría.
- ✚ Las operaciones del recorte de carpetas asfálticas se llevarán a cabo en cada línea de tal forma que las líneas fresadas estén niveladas en todo lo ancho de la calzada, tan cerca como sea práctico a la terminación de cada día de trabajo, con el objeto de eliminar orillas verticales expuestas que puedan ser peligrosas para los vehículos.
- ✚ El perfil longitudinal de la superficie recortada tomará como referencia una línea guía localizada a la orilla del recorte lomas cercano posible a la línea del eje del camino o bien, de acuerdo con lo establecido en el proyecto. La pendiente transversal de la superficie recortada se determinará mediante un mecanismo de control automático de la pendiente transversal o bien por un segundo dispositivo de patín localizado en la orilla opuesta del recorte. La Secretaría podrá suspender el requisito del dispositivo automático de control y los controles de la pendiente transversal en aquellas zonas donde los trabajos puedan garantizar que la pendiente transversal sea mantenida.
- ✚ Una vez realizado el recorte, la superficie estará razonablemente lisa y libre de marcas excesivas de escarificación, ranuras, crestas y cualquier otro tipo de desperfecto.



- ✚ El contratista de obra establecerá el plan de trabajo para llevar a cabo los ajustes en alcantarillas, válvulas de agua, cunetas, guarniciones y otro tipo de obstrucciones que afecten el proceso de recorte del pavimento.
- ✚ Las operaciones de recorte de carpetas asfálticas se llevarán a cabo de forma tal que se minimice la emisión de polvo. Serán planificadas y conducidas de forma tal que se garantice la seguridad del personal que participe en ellas, las propiedades adyacentes a las áreas de trabajo y la seguridad del tránsito vehicular.

Medidas de mitigación del impacto ambiental

Durante el proceso de recorte de carpetas asfálticas de rodadura, el contratista de obra tomará las precauciones necesarias para evitar la contaminación del aire, los suelos, las aguas superficiales o subterráneas y la flora, conforme a lo señalado en la Norma N CSV CAR 5 02 001, *prácticas ambientales durante la conservación periódica de las obras*, sujetándose en lo que corresponda, a las leyes y reglamentos de protección ecológica vigente.

Conservación de los trabajos

Es responsabilidad del contratista de obra la conservación de la superficie expuesta producto del recorte de la carpeta asfáltica, hasta que haya sido cubierta por la nueva carpeta.

Criterios de aceptación o rechazo

Además de lo establecido anteriormente es esta Norma, para que los trabajos de recorte de carpeta asfáltica se consideren terminados y sean aceptados por la Secretaría, con base en el control de calidad que ejecute el contratista de obra, mismo que podrá ser verificado por la Secretaría cuando lo juzgue conveniente, se comprobará:

Profundidad de corte

Que la profundidad del corte sea la indicada en el proyecto o señalada por la Secretaría.

Calidad de la superficie

La superficie de la carpeta recortada presentará una textura uniforme a todo lo ancho del corte, con la pendiente longitudinal y transversal especificadas por el proyecto sin existir desviaciones en más de cero coma cinco (0,5) centímetros medida a través de la colocación de una regla de tres (3) metros paralela a la línea del centro del carril. Cualquier porción del pavimento recortado que no reúna estos requisitos sea corregida por el contratista de obra.

Medición

Cuando el recorte de la carpeta asfáltica se contraste a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea ejecutada conforme a lo indicado en esta Norma, a satisfacción de la Secretaría, se medirán según lo señalado en la Cláusula E de la Norma N LEG 3 *ejecución de obras*, para determinar el avance o la cantidad de trabajo realizado para efecto de pago, tomando como unidad el metro cúbico de carpeta removida, con aproximación a un decimo (0,1).



Base de pago

Cuando el recorte de carpeta asfáltica se contrate a precios unitarios por unidad de obra terminada y sea medida de acuerdo con lo indicado en la Cláusula H de esta Norma, se pagará al precio fijado en el contrato para el metro cúbico de carpeta removida. Estos precios unitarios, conforme a lo indicado en la Cláusula F de la Norma N LEG *ejecución de obras*, incluyendo lo que corresponda por:

- ✚ Delimitación de las áreas por recuperar.
- ✚ Limpieza de la superficie de trabajo.
- ✚ El recorte de la carpeta.
- ✚ Suministro y utilización de agua.
- ✚ Carga, transporte y descarga de los residuos que se obtengan al banco de almacenamiento.
- ✚ La limpieza de la superficie recortada.
- ✚ El equipo de alumbrado y su operación.
- ✚ Los tiempos de los vehículos empleados en los transportes de todos los materiales durante las cargas y las descargas.
- ✚ La conservación de la superficie después de los trabajos de corte hasta que haya sido cubierta.
- ✚ Y todo lo necesario para la correcta ejecución de este concepto.

95

Estimación y pago

La estimación y pago del corte de carpeta asfáltica, se efectuará de acuerdo con lo señalado en la Cláusula G de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*.

Recepción de la obra

Una vez concluido el corte de carpeta asfáltica, la Secretaría la aprobará y una vez cubierta la carpeta recortada por la nueva carpeta, lo recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula H de la Norma N LEG 3, *ejecución de obras*, aplicando en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula I de la misma Norma.



**CAPITULO III
RECICLAJE DE PAVIMENTOS.**





Se entiende por reciclaje a la reutilización, generalmente luego cierto tratamiento, de un material de pavimento que ha cumplido su finalidad inicial, el cual puede emplearse para construir un refuerzo en la misma carretera o alguna capa de una calzada nueva.

Entre los factores fundamentales que han contribuido al desarrollo de estas técnicas merecen destacarse las siguientes:

- ✚ La crisis energética causante de los significativos aumentos en los precios de los productos derivados del petróleo.
- ✚ El progresivo agotamiento de las fuentes de obtención de los agregados pétreos de adecuada calidad y el incremento de sus precios en canteras.

A estos aspectos debe adicionarse la influencia notable de los costos del transporte cuando los agregados pétreos de calidad se encuentran a considerable distancia de las obras. Factor considerado de significativo peso en los análisis de precios de las obras

- ✚ Los aspectos ecológicos y la necesidad de conservar el medio ambiente, son factores que se les otorgan actualmente ala debida atención en los países mas desarrollados, razones por las cuales es notoria la tendencia hacia la reutilización de los materiales existentes en lugar de procedes a la explotación de yacimientos y canteras, contaminado la zona donde se realizan estas actividades.
- ✚ La crítica disponibilidad de los recursos económicos destinados a proyectos nuevos o su insuficiencia para hacer frente a la continua y efectiva conservación, rehabilitación y reconstrucción de los sistemas viables existentes, ha obligado a estudiar y aplicar técnicas de mantenimiento menos onerosas, pero con un comportamiento similar a las actuaciones convencionales

3.1 Campos de aplicación

El reciclaje de pavimentos puede emplearse en aquellos casos en que las fallas pueden atribuirse a:

- A) Elevada rigidez del ligante asfáltico, como consecuencia de su envejecimiento por acción del tiempo.
- B) Desprendimiento de los agregados ocasionados por una falla de adherencia con el asfalto o bien por el envejecimiento del mismo.
- C) Deformaciones plásticas que producen ahuellamiento, ondulaciones, corrimientos, etc. Esto es atribuible principalmente, a mezclas con baja estabilidad.
- D) Pulimento de los agregados superficiales que disminuye la resistencia al deslizamiento de la capa de rodamiento.



- E) Afloramiento de asfalto, como consecuencia de una falla en el diseño de la mezcla, que conduce también superficies propensas al patinaje de los vehículos.
- F) Fisuras y grietas ocasionadas por fatiga de la capa asfáltica (piel de cocodrilo) o bien por contracción producida por efectos térmicos (fisuramiento transversal).

3.2 Tipos de reciclaje

Existen tres tipos de reciclaje, cuyas denominaciones y características, son las siguientes:

Reciclaje superficial

Este sistema es aplicable a espesores muy delgados de pavimento (generalmente no superiores a 2.5 centímetros), puede realizarse en caliente o en frío y constituye una solución en aquellos casos en los que existen problemas de deslizamiento, ya que mediante la eliminación de un espesor superficial débil, se pueden regenerar las características antideslizantes del pavimento. Así mismo, puede resultar aplicable cuando se presenten otros tipos de fallas superficiales, tales como degradación de la carpeta por pérdidas de ligante o agregados pétreos o abultamientos producidos por el empleo de mezclas asfálticas de baja estabilidad. El retiro de esta delgada capa asfáltica o bien puede ser una solución a largo plazo, válido en todos los casos que no existan defectos de tipo estructural.

98

1. *Fresado en frío.*

Consiste en el molido en frío, controlado automáticamente, de la superficie del pavimento para restaurar las rasantes especificadas y remover ondulaciones y otras imperfecciones, dejando una superficie texturizada, resistente al deslizamiento y al hidropneumático, que sirve como buena superficie en pavimentos en los que el ruido de rodadura no sea el condicionante básico. Las máquinas que ejecutan esta labor se denominan fresados y ejercen su acción mediante una especie de uñas acopladas a un eje de giro horizontal.

2. *Cepillado.*

Lo realizan máquinas llamadas cepilladoras o más comúnmente rasuradoras, las cuales únicamente pueden trabajar previo calentamiento del pavimento y desarrollan su labor por medio de unas cuchillas o útiles similares y solo son utilizables para levantamientos de muy poco espesor.

3. *Termo-reperfilado.*

Comprende un conjunto de operaciones que son realizadas por una sola máquina de forma secuencial a excepción de la compactación final. Estas operaciones son las siguientes:

- ✚ Calentamiento previo del pavimento antiguo, generalmente mediante rayos infrarrojos.
- ✚ Escarificado o fresado del pavimento hasta la profundidad deseada, que generalmente no excede de 2.5 centímetros.



- ✚ Homogeneización del material escarificado y nivelación del mismo.
- ✚ Precompactación del material mediante una muestra adosada a la parte trasera de la maquina.
- ✚ Compactación definitiva hasta la densidad deseada, por medio de equipos normales de compactación.

Las características fundamentales que distingue este sistema, es que no existe aporte de mezcla bituminosa nueva, lo cual impide que el material reciclado mejore sus características; esto limita su aplicación a la corrección de pequeñas irregularidades superficiales, a la corrección de excesos de deslizabilidad o cuando se quiere incrementar la densidad de la carpeta.

Consecuentemente, este tratamiento no resulta apropiado para corregir defectos de tipo estructural, por lo que no es aplicable en los casos en que existas elevadas deformaciones superficiales. Tampoco es viable cuando la mezcla asfáltica presente deficiencias de tipo granulométrico, o exceso de ligante (caso de deformaciones plásticas), ya que, al no existir aporte de mezcla nueva, tales deficiencias no pueden corregirse.

4. *Termo-regeneración.*

Esta técnica representa una serie de características comunes con la anterior, con la diferencia de que existe un aporte de mezcla nueva que se coloca sobre la antigua descarificada (adicionada o no de un agente rejuvenecedor), compactándose sin mezclarlas. El conjunto de operaciones a realizar es el siguiente:

99

- ✚ Calentamiento del pavimento mediante rayo infrarrojos.
- ✚ Escarificado y descompactación del pavimento, en una determinada profundidad.
- ✚ Retiro de la parte del material escarificado, aunque a veces esta operación no se presenta, aprovechándose la totalidad.
- ✚ Adición, en caso necesario, de un agente rejuvenecedor.
- ✚ Distribución transversal del material escarificado mediante una hoja niveladora.
- ✚ Aporte de mezcla nueva, la cual es conducida mediante una banda transportadora, desde una tolva de recepción situada en la parte delantera de la maquina hasta su extremo final, donde es puesta en obra sobre la capa del material escarificado.
- ✚ Precompactación de las dos capas, sin mezclas de las mismas, mediante una maestra vibrante colocada en la parte posterior de la maquina.
- ✚ Compactación hasta la densidad deseada de las dos capas anteriores con un tren de compactación convencional.

Aunque es un proceso menos económico, a veces, la mezcla de aporte, puede colocarse en obra independiente, mediante una terminadora convencional.



Reciclaje en el lugar

Conocido también como reciclaje en frío, Consiste en la pulverización de la carpeta asfáltica existente y su mezcla con el material de base existente, añadiendo un aditivo que desarrolle en la capa reciclada una resistencia suficiente para soportar adecuadamente las cargas del tránsito futuro. La selección del aditivo apropiado depende de factores tales como el uso proyectado, la resistencia requerida y el costo del producto. Los aditivos más empleados para este tipo de reciclaje son el cemento asfáltico, los asfaltos líquidos y emulsionados, el cemento portland y cal cuando el material a reciclar tenga un contenido considerable de arcilla. En la mayoría de los procesos de estabilización, se requiere la colocación de una capa de rodadura para proteger la capa reciclada del efecto abrasivo del tránsito y de la acción de los agentes climáticos.

Selección del aditivo

Evaluadas las características de los materiales a reciclar, se elige el aditivo que proporcione el resultado final deseado. A menudo, con más de un aditivo se obtienen las características requeridas para la mezcla y en tales casos la elección se basa en consideraciones de costos y disponibilidad de incorporar más de un aditivo. Es el caso, por ejemplo, de una base granular que se encuentre contaminada por el suelo arcilloso de una subrasante. En esta eventualidad, puede resultar conveniente un pre-tratamiento con cal que disminuya la plasticidad y haga más trabajable la mezcla a la cual se añadirá después otro aditivo que incremente la resistencia.

Reciclaje en planta

Denominado también reciclaje en caliente, es un proceso por el cual se combinan materiales recuperados de un pavimento asfáltico y eventualmente de la base granular, con asfalto y agregados nuevos y/o agentes de reciclaje, según las necesidades, en una planta central, para producir mezclas para pavimentación en caliente. El producto terminado deberá cumplir todas las especificaciones y requisitos constructivos para el tipo de mezcla producida

Agentes de reciclaje

Las alteraciones o cambios que sufren los asfaltos, ya sea durante el mezclado o en el transcurso del tiempo, conducen a un aumento de consistencia y por lo tanto a una pérdida del poder ligante y cohesivo del asfalto. El límite de servicio de un asfalto se presenta con las siguientes características:

- ✚ Penetración (258, 5seg 100g) <20 (1/10mm).
- ✚ Viscosidad absoluta a 258 >108 poises.

En el reciclaje de pavimentos, cuando lo que se busque sea reciclar asfaltos envejecidos (debe tener presente que el reciclaje se puede aplicar a pavimentos con mezclas de baja estabilidad donde el asfalto no es la causa del problema), lo que se intenta es volver las propiedades del asfalto a su estado original a los más cerca posible de él. Para lograr este objetivo se recurre a los "agentes de reciclaje", denominados también rejuvenecedores, ablandadores o modificadores, los cuales deben restaurar las características del asfalto original, no solamente en lo que se refiere a la consistencia, si no también a su estructura coloidal intrínseca.



El envejecimiento del asfalto de un pavimento es un proceso físico-químico complejo en el que están involucradas fundamentalmente reacciones de oxidación y evaporización. En última instancia, ese endurecimiento progresivo se pone de manifiesto a través de fenómenos visibles como el fisuramiento, el desprendimiento de agregados.

Los agentes de reciclaje deben cumplir las siguientes funciones:

1. Devolverle el asfalto envejecido su estructura fisicoquímica para hacerlo nuevamente durable.
2. Restaurar en el asfalto un nivel de consistencia adecuado para una buena trabajabilidad de la nueva mezcla en sus etapas fundamentales de mezcla, compactación y servicio.
3. Contribuir a satisfacer la cantidad de ligante total requerido por el diseño de la nueva mezcla asfalto-agregado a reciclar.

Para cumplir estas funciones, los agentes de reciclaje, que en general son productos especiales derivados del petróleo, deben cumplir con las siguientes características

- ✚ Alto contenido de hidrocarburos aromáticos.
- ✚ Alto punto de inflamación, por razones de seguridad.
- ✚ Alta viscosidad.
- ✚ Total compatibilidad y facilidad de difusión en el asfalto a reciclar resistencia al endurecimiento.

3.3 Ventajas del reciclado como técnica de conservación

Las técnicas clásicas tienen importantes defectos. Un firme envejecido sin problemas estructurales graves se compone de unas capas inferiores más o menos sanas y de unas capas superficiales deterioradas. La colocación sin ningún tratamiento de una nueva capa sobre la superficie envejecida (refuerzo o recrecido) hace que en el nuevo firme exista una capa intermedia deteriorada que ha perdido sus cualidades mecánicas y que constituye por tanto un elemento inútil y perturbador para su buen funcionamiento. En la actualidad, multitud de capas de rodadura colocadas en una operación de refuerzo por recrecido convencional resultan grave y prematuramente dañadas debido a su mal asiento. El reciclaje de esta capa deteriorada antes de la extensión de la nueva capa superficial asegura un buen funcionamiento estructural del conjunto del firme, una mayor durabilidad y un mejor servicio a los usuarios. El reciclado de pavimentos asfálticos supone en primer lugar un aprovechamiento de los recursos disponibles en la obra. Los materiales envejecidos pueden ser reutilizados mediante una técnica adecuada de forma que son nuevamente válidos para la construcción del firme. Con este tipo de técnicas, en las operaciones de conservación se puede disminuir mucho la demanda de materiales (áridos, betún, etc.), se elimina la necesidad de encontrar canteras y vertederos próximos a la obra, se mejoran los rendimientos de fabricación, etc. Además, los métodos de reciclaje "in situ" permiten eliminar las operaciones de transporte de los materiales, tanto de los envejecidos hasta un vertedero como de los nuevos desde su punto de suministro hasta la obra. Todas estas mejoras repercuten en importantes



ahorros y en un mayor respeto hacia el medio ambiente. Los métodos de reciclaje tienen otras ventajas técnicas, entre las que están las siguientes:

- ✚ Evita problemas de gálibo. La técnica clásica de recrecer el firme, utilizada de forma sucesiva puede provocar problemas asociados al crecimiento de la cota de la superficie del firme. Suele darse este problema en túneles, en ciudades (pérdida de desnivel respecto a la acera), en puntos de recogida de aguas, puede afectar a las pendientes, a la altura de la señalización vertical, etc.
- ✚ Facilita las actuaciones relativas al cambio de la geometría de la carretera. Así, se pueden hacer cambios en la alineación vertical y horizontal sin la necesidad de grandes actuaciones, cosa que sería más difícil hacer mediante técnicas clásicas.
- ✚ Optimiza los recursos disponibles. El recrecimiento de los firmes puede no optimizar los recursos, como es el caso de una vía de varios carriles, donde los deterioros se concentran en los carriles exteriores ya que por ellos circulan los vehículos pesados de forma canalizada. La técnica clásica obliga a recrecer todos los carriles, quedando sobredimensionados los centrales, mientras que las técnicas de reciclado permiten rehabilitar sólo el carril que lo necesita. Además, esta actuación permite el paso del tráfico por los carriles que no son tratados.
- ✚ Tienen un nivel de afección al tráfico menor. Es posible reciclar sólo un carril y permitir la circulación por los restantes. Además, el tiempo de ocupación de la vía es menor que el de las técnicas clásicas, ya que un firme reciclado puede generalmente abrirse al tráfico en pocas horas.
- ✚ Permite la estabilización de las capas inferiores en caso de problemas estructurales y el aprovechamiento de la capa de rodadura envejecida. Es posible reparar fallos estructurales sin necesidad de desechar los materiales existentes.
- ✚ Mejora las condiciones de adherencia superficial. Además, si el firme tiene otros deterioros superficiales, el reciclado puede resolver el problema automáticamente.

102

El reciclaje no es aplicable a todas las operaciones de conservación realizables. Estas técnicas pueden tener un coste económico superior al de las clásicas, pueden no ser aceptables ambiental o socialmente, o simplemente pueden no dar buenos resultados desde el punto de vista técnico. De este modo, el análisis de los fallos es fundamental para la elección de la técnica de conservación a emplear.

Las principales ventajas de las distintas técnicas de reciclado más frecuentemente utilizadas.

Reciclado superficial

- ✚ mejora la resistencia al deslizamiento.
- ✚ corrige las deficiencias de origen superficial.
- ✚ mejora el perfil geométrico de la calzada.



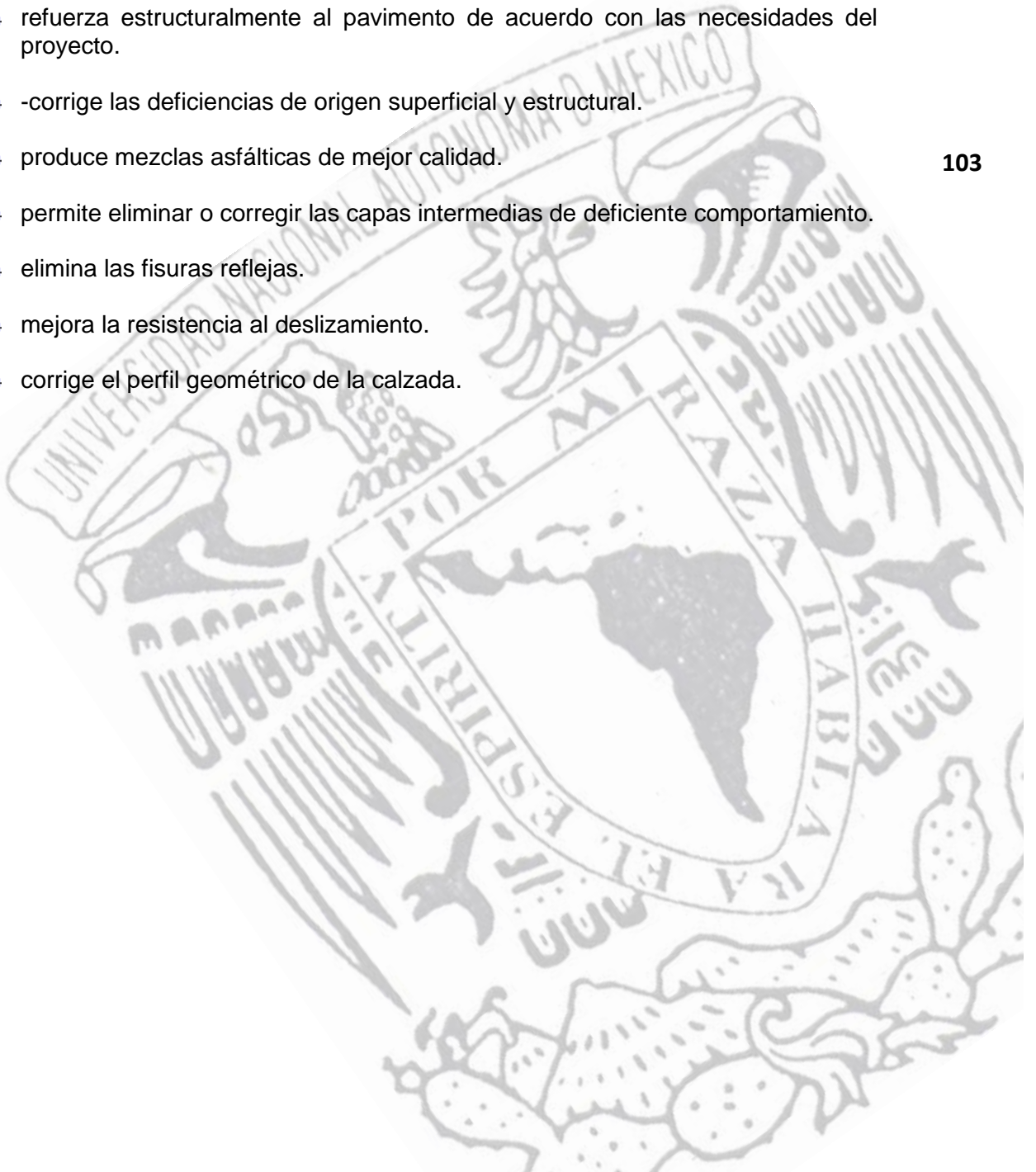
- ✚ permite eliminar la capa de restitución de gálibo en refuerzos del pavimento.

Reciclado in-situ

- ✚ mejora la resistencia al deslizamiento.
- ✚ corrige las deficiencias de origen superficial y estructural.
- ✚ permite incrementar en forma limitada la resistencia estructural del pavimento.
- ✚ elimina temporalmente las fisuras reflejas.
- ✚ permite corregir las características de las mezclas asfálticas superficiales (6 a 7 cm) con deformaciones plásticas.
- ✚ mejora el perfil geométrico de la calzada

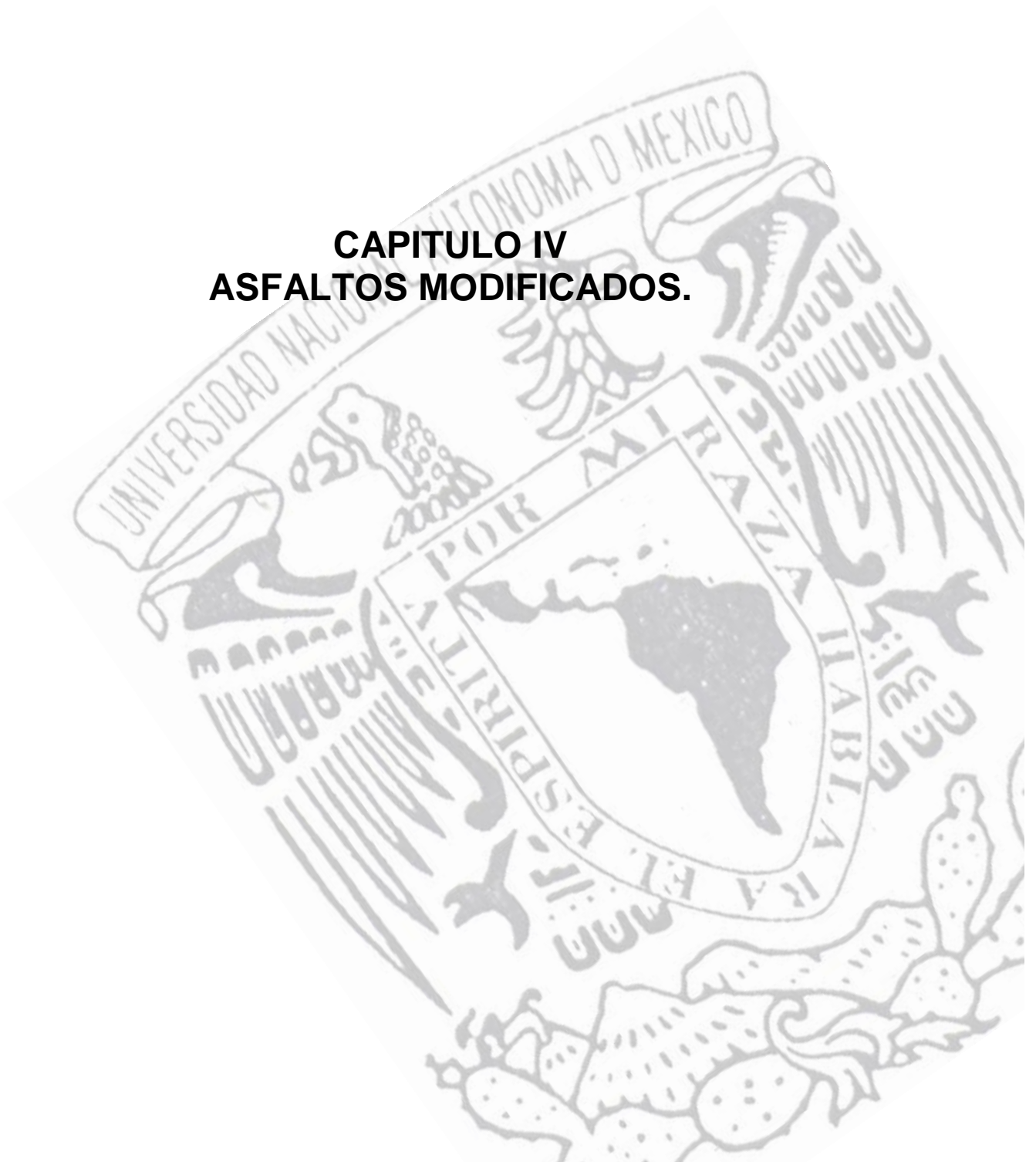
Reciclado en planta

- ✚ refuerza estructuralmente al pavimento de acuerdo con las necesidades del proyecto.
- ✚ -corrige las deficiencias de origen superficial y estructural.
- ✚ produce mezclas asfálticas de mejor calidad.
- ✚ permite eliminar o corregir las capas intermedias de deficiente comportamiento.
- ✚ elimina las fisuras reflejas.
- ✚ mejora la resistencia al deslizamiento.
- ✚ corrige el perfil geométrico de la calzada.





**CAPITULO IV
ASFALTOS MODIFICADOS.**





Hasta ahora el ligante asfáltico tradicional resistía bien la acción del clima y del tránsito. Pero, el constante aumento de las solicitaciones debidas al mayor número de cargas por eje a la mayor presión de inflado, a las mayores cargas por eje a las mayores velocidades, etc. Hace que se requiera para la elaboración de las mezclas asfálticas, un ligante con mejores propiedades reológicas y mecánicas.

La modificación del asfalto con la incorporación de polímeros da por resultado ligantes con extraordinarias características de elasticidad, adherencia y cohesión a un costo competitivo.

4.1 Objetivo de la modificación

Los modificadores le permiten al diseñador intervenir sobre las características mecánicas del asfalto. Entre otras se puede mencionar la reducción de la susceptibilidad térmica, en la búsqueda de unas características reológicas constantes, especialmente a elevadas temperaturas de servicio. En consecuencia, ello implica modificar las propiedades de las mezclas, en el sentido de disminuir tanto la deformación plástica a alta temperatura, como la rigidez a baja temperatura, ofreciendo un mejor comportamiento en servicio ante la acción de las cargas circulantes mas pesadas del tránsito, independientemente de las condiciones climáticas imperantes.

Un asfalto real, común, presenta un cambio continuo de sus características en todo el rango de temperaturas de operación. El asfalto ideal es aquel que muestra una característica mas o menos constante en un amplio rango de temperaturas de servicio, convirtiéndose en un fluido viscoso a las temperaturas de mezcla y compactación.

105

La adición de un polímero adecuado modifica la susceptibilidad térmica del asfalto, obteniéndose debido a una mejora en el comportamiento visco-elástico a las temperaturas de servicio a las deseadas en un asfalto ideal.

4.2 Beneficios que se buscan con la modificación del asfalto

Los principales beneficios que se persiguen con la modificación del asfalto:

- ✚ Aumentar la rigidez a altas temperaturas de servicio mejorando la resistencia de las mezclas a la deformación permanente.
- ✚ Reducir la rigidez a bajas temperaturas, previniendo la fisuración térmica.
- ✚ Aumentar la resistencia a fatiga de las mezclas.
- ✚ Mejorar adhesión con los agregados pétreos.
- ✚ Mejorar la cohesión, brindando mejor retención de los agregados en la vida inicial de los tratamientos superficiales.
- ✚ Reducir el endurecimiento en servicio, brindando una vida superior a la mezcla, debido a la retención de sus ventajas iniciales.
- ✚ Disminuir la susceptibilidad térmica en el rango de temperatura de servicio.



- ✚ Aumentar la viscosidad a bajas velocidades de corte, permitiendo mejores espesores de película en el agregado de las mezclas abiertas y reduciendo la exudación en tratamientos superficiales.

Existe una variedad de aditivos que pueden ser exitosos en la mejora de cuando menos una de las propiedades del asfalto, pero es necesario tener en cuenta que no existe un aditivo que mejore todas las propiedades antes descritas.

4.3 las asociaciones asfalto-polímero

4.3.1 los asfaltos

Estos están compuestos de mezclas complejas de moléculas que varían tanto en composición química como en pesos molecular y se identifican tres grupos de componentes que difieren entre si notablemente, ellos son:

4.3.2 Saturados

Sus componentes tienen consistencia grasa y son prácticamente incoloros. Contiene material parafínico, parcialmente con anillos naftéricos y, parcialmente con cadenas largas y rectas que pueden cristalizar. Su relación H/C varía entre 1.9 y 2.0, la distribución de los pesos moleculares de esta fracción es estrecha entre 300 y 2000.

4.3.3 Aromáticos

Sus componentes son aceites viscosos de color café oscuro. Contiene anillos aromáticos con ciclos naftéricos y asociados a cadenas alifáticas. Aproximadamente el 30% de los átomos de carbono forman parte de las estructuras aromáticas. Su relación H/C es del orden 1.5. Contienen pequeñas cantidades de oxígeno y nitrógeno y hasta 3% de azufre. La distribución de sus pesos moleculares es similar a la de los saturados, es decir, entre 300 y 2000.

4.3.4 Aromáticos polares

Estos compuestos, que agrupan las resinas y los asfáltenos, contienen muchos anillos aromáticos condensados por moléculas (35-40% de los átomos de carbono). El carbono se encuentra en estructuras naftéricas y parafínicas, contiene hasta 1% de nitrógeno y oxígeno y hasta 8% de azufre y varios grupos polares.

Dependiendo de su solubilidad en n-heptano, el grupo de aromáticos polares se subdivide en:

4.3.5 Resinas

Estos materiales son solubles en n-heptano. Son sólidos negros que funden con el calor. La distribución de sus pesos moleculares es amplia, oscilando entre 500 y 50 000 y su relación H/H es del orden de 1.1 a 1.2.

De acuerdo a la descripción anterior, los componentes saturados y aromáticos se pueden considerar como los medios de dispersión de los aromáticos polares. Estos últimos son los responsables del comportamiento viscoelástico del asfalto a temperatura ambiente. Ello se debe a la asociación de estas moléculas (a través de sus grupos polares), dando lugar a estructuras voluminosas en algunos casos similares a redes tridimensionales (asfalto del tipo gel). El grado de asociación depende de la temperatura, distribución del peso molecular y concentración de los

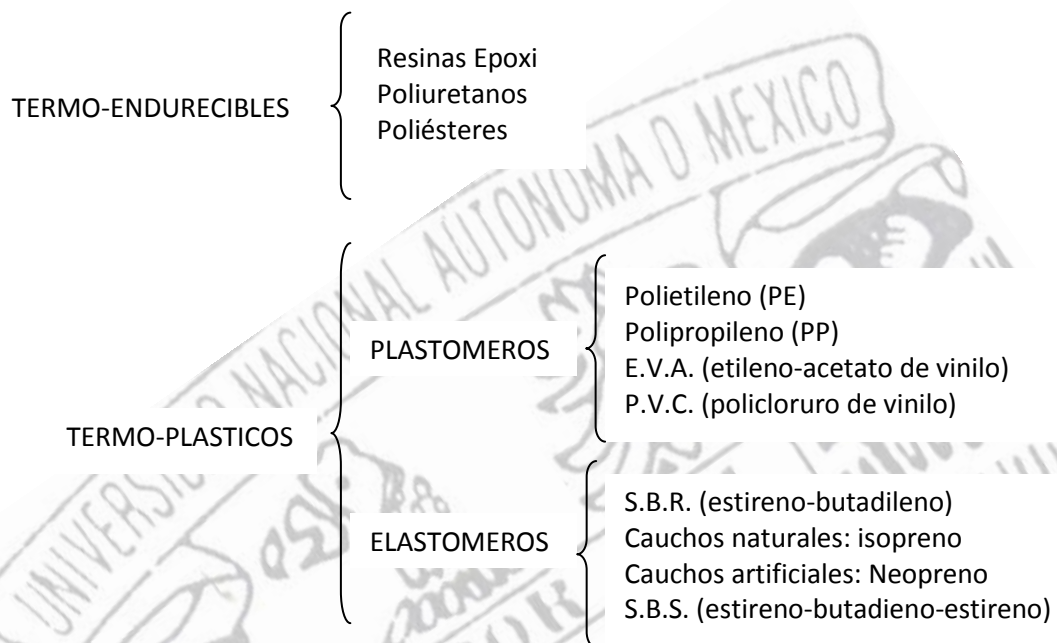


aromáticos. Si los asfaltenos tienen concentración y peso molecular relativamente bajos, el asfalto resultante es de tipo sol.

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que las propiedades reológicas del asfalto dependen de las proporciones en que estén presentes sus componentes las cuales varían de acuerdo con el origen de los crudos de petróleo.

4.3.6 polimeros

Los polímeros son sustancias formadas por la unión de cientos o miles de moléculas pequeñas, llamadas monómeros. La gran diversidad de materiales poliméricos hace que su clasificación y sistematización sea difícil; pero atendiendo a su estructura y propiedades, se clasifican para uso vial como se presenta a continuación.



Los *termoendurecibles*, son polímeros formados por reacción química de dos componentes (base y endurecedor), dando lugar a una estructura entrecruzada, por lo que no pueden ser recuperados para volver a transformarse. Los termoendurecibles más comunes son:

4.3.6.1 Resinas Epoxi

Tienen agentes endurecedores de los enlaces transversales. Se usan en grandes porcentajes, mayores de 20%. Muy costosas, se usan en zonas especiales. Playa de camiones.

4.3.6.2 Poliuretano

Similares a las resinas epoxi. Muy caros. Se usan a bajas temperaturas y en capas delgadas.



4.3.6.3 *Poliésteres*

Son menos usados.

Los *termoplásticos*, son polímeros solubles que se reblandecen por acción del calor y pueden llegar a fluir. Son, generalmente, polímeros lineales o ligeramente ramificados. Los termoplásticos se dividen en dos grupos:

4.3.7 *Plastomeros*

Al estirarlos se sobrepasa la tensión de fluencia, no volviendo a su longitud original al cesar la sollicitación. Tienen deformaciones pseudoplásticas con poca elasticidad. Los plastomeros más comunes son:

4.3.7.1 *Polietileno*

Tienen buena resistencia a la tracción y buena resistencia térmica, como también buen comportamiento a bajas temperaturas.

4.3.7.2 *Polipropileno atáctico (EPDM)*

Se lo mezcla con elastómeros para hacerlo más flexible. Muy flexible y resistente al calor y a los agentes químicos.

4.3.7.3 *E.V.A. (etileno-acetato de vinilo)*

Los copolímeros de etileno copolimerizan al etileno con otros monómeros (acetato de vinilo) para destruir su regularidad estructural y reducir su grado de cristalinidad.

Sus propiedades dependen de:

4.3.7.4 *Peso molecular*

Si aumenta-menor flexibilidad y mayor dificultad para mezclarlo.

4.3.7.5 *% acetato de vinilo (33 al 40%)*

Si aumento es más flexible. Hay que recircularlo en almacenamiento para evitar la separación. Se lo mezcla a 160°C sin aditivos. Tiene buena compatibilidad con el asfalto.

4.3.7.6 *P.V.C. (policloruro de vinilo)*

Tiene muy baja actividad química, pero al mezclarlo con el asfalto a 130°C se gelifica, obteniéndose un ligante más viscoso que el original. Muy resistente a los solventes, es usado en estaciones de servicio y aeropuertos. Se usa de un 2 al 6%. Tiene bajo precio comparativamente.

4.3.8 *Los elastómeros o cauchos*

Son polímeros lineales amorfos, generalmente insaturados, que sometidos al proceso de vulcanización adquieren una estructura parcialmente reticulada, que le confiere sus propiedades elásticas. Los cauchos de uso más generalizado son:



4.3.8.1 S.B.R.

Cauchos sintéticos del 25% de estireno y 75% de butadieno. Para mejorar su adhesividad se le incorpora ácido acrílico.

4.3.8.2 Isopreno

Caucho natural, se lo usa para hacer caucho sintético.

4.3.8.3 Neopreno

Caucho sintético con gran resistencia a los agentes atmosféricos. Se usa en carreteras para apoyo de vigas y estructuras.

4.3.8.4 S.B.S.(estireno-butadieno-estireno)

También conocido como caucho termoplástico, desarrollado en Estados Unidos en la década del 60 en adhesivos y suelos. Llega luego al asfalto. Los dos homopolímeros que lo forman son incompatibles entre sí.

4.3.8.5 El mas incompatible

El estireno (fase dura) con temperatura de cristalización: 100°C.

4.3.8.6 Butadieno

Fase elástica con temperatura de cristalización menor que la ambiente.

La incorporación de un polímero (sustancia macromolecular con propiedades viscoelásticas) a un asfalto dará un lugar a interacciones entre las moléculas del primero y los componentes del segundo y producirá alteraciones en el sistema coloidal del asfalto, con el consiguiente cambio de propiedades. Las interacciones y cambio de propiedades productos, dependerán de los siguientes factores:

- ✚ Composición y estructura molecular del polímero incorporado (peso molecular, composición química, temperatura de transición vítrea, polaridad, etc.).
- ✚ Composición química y estructura coloidal del asfalto.
- ✚ Proporción relativa de asfalto polímero.
- ✚ Proceso de incorporación (modo de fabricación, temperatura, tiempo de mezclado, etc.)

4.4 Compatibilidad

Según Thompson: "cada polímero tiene un tamaño de partícula de dispersión óptica para mejorar las propiedades reológicas".

Toda acción cuyo efecto sea la modificación de la composición química del asfalto conduce, inevitablemente, a la modificación de su estructura y de sus propiedades.

Si se mezclan en caliente, sin precauciones especiales, un asfalto y un polímero, se obtiene alguno de los tres resultados siguientes:



Mezcla heterogénea: Es el caso mas probable y ocurre cuando el asfalto y el polímero son incompatibles. En este caso, los componentes de la mezcla se separan y el conjunto solo presenta las características de un ligante normal.

Mezcla totalmente homogénea, incluso al nivel molecular: Es el caso, poco frecuente, de la compatibilidad perfecta. En este caso, el ligante es extremadamente estable, pero la modificación de sus propiedades de uso es muy débil respecto a las del asfalto original. Solo se aumenta su viscosidad. No es, pues el resultado deseado.

Mezcla micro-heterogénea y constituida por dos fases finalmente imbricadas. Es el caso de la compatibilidad deseada, que permite realmente modificar el ligante. En un sistema de esas características, el polímero compatible “se hincha” absorbiendo una parte de las fracciones aceitosas ligeras del asfalto, para formar una fase polimera diferente de la fase asfáltica residual constituida por las fracciones pesadas de ligante aceites restantes, residuos y asfaltenos.

4.4.1 Polímeros compatibles

Teniendo en cuenta que existe variedad de polímeros comercialmente existentes, con composición químicas y propiedades diferentes, es lógico pensar que las posibilidades de modificación de los ligantes bituminosos con polímeros son compatibles con los ligantes hidrocarbonados.

Los polímeros idóneos para mejorar las propiedades de los asfaltos para uso vial son aquellos que cumplen las siguientes características.

110

- ✚ Cadena general suficientemente larga.
- ✚ Baja polaridad, para facilitar su compatibilidad con el asfalto.
- ✚ Peso molecular elevado pero no excesivamente alto, para disminuir riegos por excesiva viscosidad y problemas de dispersión.
- ✚ Baja temperatura vítrea, para permitir mejorar los problemas de deformación a bajas temperaturas.

En acuerdo con lo anterior, son dos las familias de polímeros mas utilizadas:

- ✚ *Plastómeros*, basados normalmente en copolímeros de etileno, generalmente EVA, cuyos grados difieren en función de la cuantía del acetato de vinilo y el peso molecular.
- ✚ *Elastómeros*, generalmente consistentes en copolímeros del tipo SBS, que se distinguen por su contenido de estireno y su configuración, lineal o radial. En las estructuras radiales, la presencia de bloque estirénicos suplementario origina una red elástica que le confiere al ligante una baja susceptibilidad térmica y buenas características mecánicas. Por su lado, SBS lineal proporciona las mismas propiedades y mayor flexibilidad a bajas temperaturas, siendo los mas utilizados.

La siguiente tabla 4.1 muestra un panorama general de las mejoras obtenidas al modificar los asfaltos con las diferentes clases de polímeros compatibles, así como la incorporación de llantas de caucho usadas, y brinda una indicación de sus costos relativos.

Polímero	resistencia			Adhesión a los agregados	Resistencia al envejecimiento	Incremento de costo
	A la deformación permanente	Al agitación				
termoendurecibles	+++	++	++	+	+	Muy alto
Blastómeros	++	++	++	+	0+	Medio alto
Plastómeros	1	+	0	0	0	Medio medio
Caucho de llanta usada	0/1	+/11	1	0	0	Medio
+++ Muy efectivo ++ Mejora sustancial + Mejora significativa 0 Poca o ninguna mejora						

Tabla 4.1 Panorama del mejoramiento producido en las propiedades de los ligantes por diferentes clases de polímeros.

Los polímeros termoendurecibles producen ligantes de propiedad muy superiores, pero resultan muy costosos y difíciles de elaborar y aplicar. Los ligantes con niveles significativos de elastómeros (tipo SBS) mejoran sustancialmente la resistencia a la deformación y al fisuramiento térmico y por fatiga, mejoran la adhesividad con los agregados y también favorecen la resistencia al envejecimiento. Los ligantes que contienen plastómeros como el EVA, mejoran la resistencia a la deformación permanente, pero tienen menor efecto sobre las demás características, por último el comportamiento con caucho y de, las condiciones de procesamiento. Para generar los beneficios indicados en la tabla se requiere incorporar entre 8 y 20% del caucho, a temperaturas muy elevadas (200 a 230°C).

111

4.5 Caracterización de los asfaltos modificados con polímeros.

En la actualidad, los asfaltos modificados se caracterizan a través de ensayos de tipo convencional así como de otros que se han desarrollado específicamente adaptados a las particularidades de este nuevo ligante.

Algunos de ellos se describen someramente a continuación.

4.5.1 Ensayos de identificación y composición

Estos ensayos tienen por objeto conocer el tipo y proporciones del polímero en el ligante.

En algunos polímeros de uso generalizado en la modificación de los ligantes bituminosos, como los copolímeros de butadieno-estireno telebloque (SBS), se determina su proporción mediante técnicas analíticas convencionales, como son la extracción selectiva con disolvente o precipitación del polímero; pero generalmente necesario del empleo de técnicas como la espectroscopia infrarroja, cromatografía sobre geles porosos, etc. Para su determinación.

4.5.2 Ensayos de compatibilidad

Se deben hacer una estimación “a priori” de la compatibilidad para el caso de polímeros termoplásticos y cauchos sin vulcanizar, comparando los parámetros de solubilidad del polímero y del ligante; o bien mediante la relación hidrofílica-lipofílica (HLB) si el polímero es un termoendurecible; pero el control de la dispersión del



polímero en el ligante se realiza generalmente por microscopía óptica de fluorescencia por reflexión técnica que permite observar la micromorfología de estos ligantes.

La micromorfología depende, además del método y condiciones de fabricación, de la compatibilidad de los dos componentes, por lo que puede ser un método rápido para evaluar esta característica.

4.5.3 Ensayos para determinar la estabilidad al almacenamiento.

Durante el almacenamiento a elevadas temperaturas se pueden producir en los ligantes modificados con polímeros, fenómenos de cremado o sedimentación, enriqueciéndose el ligante en polímero en la parte superior o inferior del tanque, dependiendo de la densidad del polímero respecto al ligante. Esta desestabilización se puede producir por falta de compatibilidad entre ambos, y/o por dispersión incorrecta del polímero, porque el sistema y condiciones de mezclado sean deficientes.

La mayoría de los procedimientos ideados para valorar este fenómeno consisten en mantener el ligante-polímero en un recipiente en posición vertical sobre una estufa elevada temperatura durante un periodo de tiempo razonables y tomar muestras en la parte superior e inferior del recipiente para detectar las diferencias de concentración del polímero entre ellas, generalmente de manera indirecta a través del ensayo de punto de ablandamiento.

4.5.4 Ensayos de comportamiento reológico y susceptibilidad a la temperatura

112

Las propiedades reológicas de los ligantes-polímeros se evalúan generalmente mediante los ensayos convencionales utilizados en la caracterización de los ligantes bituminosos, es decir: penetración, punto de ablandamiento, índice de penetración, punto de fragilidad Fraas, ductilidad y viscosidad a varias temperaturas.

4.5.5 Otros modificadores

En muchas obras los ingenieros han experimentado con éxito en algunos casos la utilización de modificadores que influyen en las propiedades del asfalto y por ende de la mezcla asfáltica, estos son:

4.5.5.1 Llenante inerte

Consiste en polvo de caliza, no reacciona con el asfalto ni tiene efecto sobre sus propiedades químicas. Eleva el punto de ablandamiento y reduce la penetración del asfalto. No produce ventajas de comportamiento respecto de un asfalto de igual penetración.

4.5.5.2 Llenantes reactivos

a. Cal hidratada

Actúa como anti-stripping, aún en baja concentración. Disminuye la velocidad de envejecimiento en servicio. Se usa en cantidades de 1 a 3%

Expuesta del aire absorbe CO₂ y se hace menos activa. Su manejo es menos desagradable.

b. Negro de humo



Incrementa la viscosidad del ligante y reduce la susceptibilidad térmica.

Aumenta la resistencia a la deformación permanente de las mezclas

Absorbe radiación ultravioleta y por lo tanto reduce la velocidad de envejecimiento de películas delgadas del ligante. Se usa en proporción de 5-10%

Dado el pequeño tamaño de sus partículas hace su manejo fastidioso y peligroso para la salud

4.5.5.3 Ceras

Reduce la viscosidad del asfalto por encima de su punto de fusión.

Afectan desfavorablemente la adhesión con los agregados.

4.5.5.4 Fibras minerales

a. Asbesto

Rigidiza el asfalto y modifica las propiedades de flujo. Causa problemas en la salud

b. Fibras de vidrio

Rigidiza el asfalto y modifica las propiedades de flujo. Ocasiona baja adherencia con el asfalto y elongación a la rotura.

c. Lana mineral (Inorphil)

Aumenta la estabilidad, reduce la deformación permanente y aumenta la resistencia a la tensión de las mezclas.

4.5.5.5 Fibras elastoméricas y plastoméricas

Causa el mismo efecto que con las fibras minerales. Existe limitaciones en la temperatura de mezclado por la posibilidad de degradación.

4.5.5.6 Fibras de celulosa

El mismo efecto que con las fibras minerales. Es un producto muy variable de acuerdo con su procedencia. Tiene gran afinidad por el agua.

4.5.5.7 Gilsonita y asfalto duro

Aumenta la rigidez y disminuye la susceptibilidad térmica. Se usan en proporciones hasta el 30% respecto al peso del asfalto.

4.5.5.8 Asfalto del lago de trinidad

Disminuye el envejecimiento en servicio y aumenta la rigidez a altas temperaturas y la resistencia a la fatiga. Se añade entre el 15 y 100% respecto del peso del asfalto.



4.5.5.9 Alquitrán

Mejora la adhesividad y aumenta la resistencia a la degradación por aceites. Tiene el inconveniente que contiene productos cancerígenos.

4.5.5.10 Azufre

En cantidades pequeñas se disuelven en el asfalto sin reacción química.

Niveles mayores actúan como llenantes moldeables que son líquidos de baja viscosidad por encima del punto de fusión (120°C) y se presentan como partículas de forma irregular a baja temperatura.

El calentamiento a más de 160°C es indeseable por cuanto el azufre cambia a una forma alotrópica diferente y la viscosidad del producto fundido aumenta bruscamente.

Las propiedades del asfalto cambian con el tiempo debido a que la cristalización es retardada por el asfalto. Ello implica un retardo en alcanzar la estabilidad última.

Los principales problemas del empleo del azufre es que bajo 150°C, la reacción de este con el asfalto es principalmente adición. Por encima, ocurren reacciones de oxidación, liberando anhídrido sulfuroso y sulfuro de hidrógeno, que son gases tóxicos.

114

4.5.5.11 Modificadores químicos

a. Agentes oxidantes (chemerete)

Reacciona con el asfalto y el oxígeno endureciendo el asfalto reduciendo su susceptibilidad térmica

Se emplean en cantidades de 2 a 5% respecto del ligante.

La desventaja que presenta este modificador consiste en la dificultad de controlar la tasa de reacción. Si es muy rápida el endurecimiento del asfalto puede ser muy alto y si es lenta, la mezcla es susceptible a deformaciones tempranas.

b. Mejoradores de adherencia

Hacen estable la liga asfalto-agregado contra los efectos del agua y del tránsito. La mayoría de los agentes de tipo orgánico tiene vida limitada a las temperaturas normales de elaboración de mezcla en caliente.

4.6 Aplicaciones de los ligantes modificados

Los asfaltos modificados se deben emplear en construcción de carreteras, en aquellos casos específicos en que las propiedades de los ligantes tradicionales son insuficientes para cumplir con éxito la función que tienen encomendada: es decir, en la fabricación de mezclas bituminosas especiales para pavimentos que están sometidos a sollicitaciones excesivas, bien por efecto del tráfico o por otras causas, como temperaturas extremas, agentes atmosféricos, tipología del firme, etc.



Los campos de aplicación son:

4.6.1 Mezclas drenantes

Las mezclas bituminosas drenantes tienen un porcentaje muy elevado de vacíos en la mezcla (superior al 20%) y una proporción de agregado fino muy baja (inferior 20%), por lo que el ligante debe tener una buena cohesión para evitar la disgregación de la mezcla. Además, el ligante necesita una elevada viscosidad para proporcionar una película de ligante gruesa envolviendo a los agregados y evitar los efectos perjudiciales del envejecimiento y de la acción del agua en este tipo de mezclas tan abiertas.

Cuando las circunstancias lo requieran con las emulsiones fabricadas con asfaltos modificados con polímeros se pueden fabricar mezclas drenantes en frío con propiedades similares a las de caliente y con las ventajas de empleo de tecnologías en frío.

4.6.2 Mezclas en caliente en capas delgadas (*microaglomerados en caliente*)

Son capaces de rodaduras de muy reducido espesor, y tienen su aplicación sobre pavimentos estructuralmente buenos en los que se le busca restaurar la resistencia al deslizamiento y mejorar la comodidad de la circulación garantizando bajos niveles de sonoridad, o bien se desea una actuación de mantenimiento periódico de la calzada prolongando su vida útil intentando, simultáneamente, impedir un incremento excesivo de las cotas que genere problemas con bordillos, por sobrecargas excesivas en puentes y viaducto o por pérdida de gálibo en túneles o pasos inferiores.

Estas mezclas se elaboran con cementos asfálticos convencionales y agregados de granulometría continua con tamaño máximo muy pequeño, estas capas presentaron problemas de comportamiento, es especial por corrimientos sobre el soporte en zonas con pendientes fuertes o bajo la acción del tránsito pesado, así como en glorietas, curvas de bajo radio y áreas de frenado permanente. Además, por su reducido espesor, la durabilidad era escasa, obligando intervenciones de mantenimiento de mantenimiento periódico.

A fin de dar solución a este tipo de necesidades, pero garantizando simultáneamente elevadas resistencias a la deformación permanente, a la fatiga y al deslizamiento, se desarrollan los microaglomerados en caliente, cuyos componentes y procesos constructivo presentan algunas características especiales:

- ✚ Los aglomerados, por utilizar que deben presentar una elevada resistencia al pulimento, han de poseer una granulometría con una marcada discontinuidad entre los tamaños de 2 mm y 5 mm, con un contenido de llenante mineral no inferior al 10% y un tamaño máximo nominal de 8 a 10 mm, en función de la textura deseada y de espesor de la capa compactada.



La Tabla 4.2 presenta dos franjas granulométricas usuales; la primera aplicable en capas de 2.5 cm a 3.5 cm de espesor compactado y, la segunda en capas ultrafinas de 1.5 a 2.5 cm.

Tamiz		Porcentaje que pasa	
Normal	Alternativa	Tipo I	Tipo II
12.5mm	1/2"	100	
9.5mm	3/8"	90-100	100
8.0mm	5/16"	-	90-100
4.75mm	4	32-42	30-40
2.36mm	8	25-35	22-32
6.00mm	30	14-25	14-25
75	200	7-12	7-12

Tabla 4.2 Franjas granulométricas para microaglomerados en caliente.

- ✚ El ligante debe ser modificado con polímeros, preferiblemente del tipo SBS y aplicación en una dosificación del orden de 5.5% con respecto al peso de los agregados.
- ✚ El problema de adherencia con la capa de soporte no se soluciona con riegos de liga convencionales, sino empleando una emulsión de ligante modificado y rotura rápida, que permite aplicar altas dosificaciones (entres 500 y 800 g/m² dependiendo del estado de soporte) sin peligro de exudaciones posteriores, obteniendo una interfase que a la vez fija satisfactoriamente las dos capas da lugar a una buena impermeabilidad del soporte.

116

Las mas modernas extendedoras permiten efectuar el riego de liga en el instante mismo de la extensión de la mezcla, manteniéndolo el entorno limpio y asegurando la total eficacia del riego.

De ensayos de tracción indirecta sobre mezclas elaboradas con asfaltos convencionales y con asfaltos modificados se infiere que no solo los valores absolutos de las mezclas con asfalto modificado son mayores, sino que también la pérdida relativa de resistencia al aumentar la temperatura es muy inferior.

4.6.3 Mezclas bituminosas altamente resistentes para capa de rodadura

En tramos de gran intensidad de tráfico pesado y canalizado, como en las vías lentas, se requiere que las mezclas tengan una buena resistencia a las deformaciones plásticas y a la fatiga. En estos casos, los asfaltos modificados con polímeros presentan escasa susceptibilidad a la temperatura y buenas propiedades mecánicas, por lo que son ligantes adecuadas para este tipo de mezclas.

4.6.4 Tratamiento superficial mediante riego con gravilla

Los asfaltos modificados con polímeros y las emulsiones con ellos fabricadas, son adecuadas para riegos en vías de fuerte intensidad de tráfico y/o zonas climáticas con temperaturas extremas, porque el ligante debe tener una buena cohesión en un amplio intervalo de temperatura y una buena susceptibilidad térmica, con el fin de evitar la exudación del ligante durante el verano, así como la pérdida de gravilla en el invierno.



4.6.5 Lechadas bituminosas

En carreteras de fuerte intensidad de tráfico y/o con climas con temperaturas extremas se deben emplear emulsiones fabricadas utilizando asfaltos modificados con polímeros para evitar la exudación del ligante y para proporcionar la cohesión que evite el desprendimiento de gravilla, especialmente en las de mayor tamaño máximo del árido.

Aparte de las lechadas convencionales, las emulsiones modificadas con polímero son el ligante ideal para las lechadas de granulometría discontinuas (discontinuidad 2-4 mm). En estas lechadas el ligante debe tener una excelente cohesión, por lo que es imprescindible una emulsión fabricada con asfalto modificado con polímeros. Estas lechadas proporcionan al pavimento una gran textura y facilitan la evacuación del agua de lluvia superficialmente.

4.6.6 Membranas absorbentes de tensiones

Estas membranas tienen como misión retardar la propagación de las fisuras de un pavimento al nuevo refuerzo, por lo que deben estar fabricadas con asfalto modificado con polímeros para tener buena resistencia mecánica, resiliencia y flexibilidad para absorber las tensiones provocadas por el movimiento de las fisuras del firme.

Estas membranas están compuestas de asfalto modificado que se aplica en caliente sobre la superficie fisurada y una segunda capa de lechada bituminosa con asfalto modificado y fibras. Posteriormente se coloca una capa de rodadura.

117

4.6.7 Mezclas de alto modulo

Son mezclas bituminosas con granulometría continua que tienen un porcentaje de filler entre el 8-10% y son fabricadas con asfalto especial de penetración 10-20, o bien con asfalto modificado con polímero de muy baja penetración.

Estas mezclas presentan módulos muy altos, similares a los de la grava cemento y son, por lo tanto, muy adecuados para reforzar calzadas cuando hay limitaciones de espesor. Como capa de rodadura se suele aplicar mezcla bituminosa delgada. En pavimentos de nueva construcción este tipo de mezclas empleados, como capa de base permite sustituir las gravas cemento evitando los problemas de fisuraciones o bien las mezclas bituminosas reduciendo su espesor.

El empleo de asfalto modificado aumenta las posibilidades de deformación de este tipo de mezcla y aumenta la resistencia a la fatiga, por lo que se recomienda su empleo cuando se apliquen sobre soportes deformables.

4.7 Emulsiones con asfaltos previamente modificados (2,3,4)

Las emulsiones de asfaltos modificados con polímeros representan un gran avance sobre las emulsiones modificadas con látex. Los asfaltos emulsionados son asfaltos que han sido previamente modificados con polímeros, con contenidos de éstos entre 1 y el 4% que constituyen un producto estable y homogéneo, perfectamente caracterizados en cuanto a sus propiedades geológicas.



La facilidad de emulsiones de un asfalto depende de su naturaleza química y en especial de sus componentes polares. Es por ello que algunos asfaltos son mas emulsionables que otros, a igualdad de características físicas.

4.8 Elaboración de emulsiones con asfalto modificado

Teniendo en cuenta que un asfalto modificado presenta una viscosidad mas alta que la del asfalto convencional: es por esto que su temperatura a la entrada del molino coloidal debe ser mas elevada, que la de un asfalto no modificado de la misma penetración, del orden de 160-170°C (dependiendo del tipo de asfalto modificado empleado) para la obtención de la viscosidad optima de emulsificación (200 cps).

Como consecuencia de las elevadas temperaturas de fabricación, la temperatura de la emulsión a la salida del molino coloidal oscila entre 90 y 95°C.

4.9 Caracterización de las emulsiones modificadas

A las emulsiones modificadas se les hacen ensayos habituales empleados en el control de emulsiones, tales como Dean Stark, destilación, viscosidad, sedimentación e índice de rotura.

Un aspecto muy importante en este tipo de emulsiones es la obtención de un residuo de asfalto-polímero sobre el cual se evalúa el grado de modificación alcanzado. Los métodos habituales de obtención del residuo asfáltico de la emulsión no son validos, ya que, en general, implican un fuerte calentamiento de la emulsión que altera dicho residuo y que, incluso, pueden llevar a la degradación del polímero.

118

Es por ello que en los últimos años se han desarrollado numerosos procedimientos para la obtención de un residuo inalterado entre las que pueden enumerarse las siguientes:

- ✚ Congelación rápida de la muestra, seguida de una destilación a vacio del residuo a baja temperatura, mediante el Rotavapor.
- ✚ Evaporación a 163°C.
- ✚ Evaporación de dos fases: primero a 118°C y posteriormente a 138°C (método del Estado de California)
- ✚ Evaporación a 50°C durante 15 días (método AFNOR, francés)

4.10 Aplicaciones de las emulsiones modificadas con polímeros

Las principales aplicaciones actuales de las emulsiones modificadas con polímeros son los tratamientos superficiales y los microaglomerados en frio. También se emplean para la ejecución de los riegos de liga requeridos por los aglomerados en caliente.

4.10.1 Riego de liga

La adherencia de un microaglomerado en caliente a un pavimento existente solo queda garantizada con la aplicación de un riego de liga con una emulsión modificada de rotura rápida a una tasa de 500 a 800 g/m², de acuerdo al estado en que se encuentre el soporte.

4.11 Tratamientos superficiales

El uso de emulsiones modificadas en especial en combinación con agregados de muy alta calidad, amplia el campo de aplicación de los tratamientos, por cuanto proporciona:

- ✚ Buena adhesión activa, con mejora de la viscosidad que se traduce en una apertura al tránsito más rápida.
- ✚ Excelente adhesión pasiva en cualquier tipo de clima.
- ✚ Alta cohesión interna para resistir los esfuerzos tangenciales causados por la combinación de una elevada densidad de tránsito y alta temperatura.
- ✚ Buena flexibilidad a baja temperatura.

Las mejoras descritas obedecen a las características del ligante utilizado: emulsión catiónica de asfalto modificado con elastómero de rotura rápida de alta viscosidad, ligante residual de elevada cohesión a alta temperatura, gran elasticidad y notable resistencia al envejecimiento.

Por su alta viscosidad, la emulsión requiere calentamiento a unos 45-50°C, antes de su aplicación.

Las dosificaciones típicas para estos trabajos, se presentan en la tabla 4.3

119

Dosificaciones típicas para tratamientos con emulsiones modificadas

Dosificaciones típicas para tratamientos con emulsiones modificadas			
Tipo de tratamiento	Gravilla		Emulsión kg/m ²
	Tamaño	l/m ³	
T.S.S.	4/16	6-8	1.0-1.3
T.S.D.			
Primer riego	10/14	9-10	0.9-1.1
Segundo riego	4/6	6-8	1.1-1.3
Sandwich			
Primer riego	10/14	9-12	1.8-2.0
Emulsión			
Segundo riego	4/6	6-8	

Tabla 4.3 Dosificaciones típicas para tratamientos con emulsiones modificadas.

4.12 Mezclas abiertas en frío

El principal problema de las mezclas abiertas tradicionales es su baja cohesión inicial, consecuencia de ser formuladas a partir de ligantes residuales blandos y fluxados, lo que hace que se obtengan sus óptimas características mecánicas después de un periodo de curado, mas o menos lento, que depende del tipo y el contenido de fluidificantes en la formula de la emulsión.



Esta baja cohesión inicial ha condicionado el empleo de este tipo de mezclas, a ser utilizadas en capas de rodadura en carreteras secundarias.

De otra parte, la utilización de emulsiones de rotura media con ligantes modificados abre un mayor número de posibilidades a las mezclas en frío, por cuanto al mejorar las características mecánicas de su ligante residual, permite la elaboración de mezclas abiertas con alto porcentaje de vacíos, elevadas cohesiones iniciales y altas estabilidades mecánicas que le permiten soportar mejor las cargas del tránsito.

4.13 Microaglomerados en frío

Es una solución especializada, que permite prolongar la vida de los pavimentos que presentan oxidación, intemperización o ahuellamiento. Se puede utilizar como mantenimiento preventivo o como mantenimiento curativo para superficies asfálticas desgastadas y consiste en la aplicación de una mezcla in situ de agregados de alta calidad, emulsiones asfálticas modificadas con polímeros. Agua y otros aditivos, aplicados con un equipo altamente especializado.

Además de mejorar la resistencia al deslizamiento, el microaglomerado brinda todos los beneficios que se derivan del empleo de un ligante modificado: menor susceptibilidad térmica, y mayor resistencia al desgaste, al envejecimiento y a la fatiga.

La obtención de estas propiedades exige, sin embargo, una cuidadosa selección de los componentes, en buen diseño y una correcta ejecución en obra.

Los agregados pétreos, por ejemplo, deben satisfacer los siguientes requisitos mínimos:

- ✚ Desgaste Los Angeles < 25 %
- ✚ Coeficiente de pulimiento acelerado > 0.45
- ✚ Equivalente de arena < 75 %
- ✚ Valor de azul de metileno < 75 %
- ✚ Granulometría tabla

120

Granulometrías para microaglomerados en frío				
Tamiz		Porcentaje que pasa		
Normal	Alternativo	I	II	III
12.5 mm	½"			100
9.5 mm	3/8"		100	85-100
6.3 mm	¼"	100	80-100	70-90
4.75 mm	4	85-100	70-90	60-85
2.36 mm	8	65-90	45-70	40-60
1.18 mm	16	45-70	28-50	28-45
600 µm	30	30-50	18-33	18-33
30 µm	50	18-35	12-25	11-25
150 µm	100	10-25	7-17	6-15
75 µm	200	7-15	5-10	4-8

Tabla 4.4 Granulometría para microaglomerados en frío.

La ejecución de la capa se debe controlar por dosificación y no por espesor. Este último está acondicionado al tamaño máximo del agregado utilizado.



Las tasas de aplicación corrientes, son las que se presentan en la tabla 4.5

Tasas de aplicación de los microaglomerados en frío		
Aplicación	Gradación agregados	Tasa de aplicación (kg/m ²)
Vías urbanas y carreteras	I	8-11
De dos carriles	II	10-14
Autopistas	II	10-14
	III	12-16

Tabla 4.5 Tasas de aplicación de los microaglomerados en frío.

4.13.1 Aplicación

Normalmente es mezclado y aplicado usando una Maquina auto propulsada especialmente diseñada.

- ✚ Previamente se elimina el polvo, materiales sueltos y se corrigen grietas y baches.
- ✚ Entre 8 y 11 mm de mezcla son colocados rápidamente y 60 minutos después están listos para el paso del tráfico que ejerce una compactación neumática necesaria para el acabado final.
- ✚ Capacidad de colocación hasta 10,000 metros cuadrados en Carretera y entre 7,000 a 8,000 metros cuadrados en la ciudad por jornada de trabajo.
- ✚ Tasa de aplicación : 8 a 11 Kilogramos por metro cuadrado.

121

4.13.2 Ventajas del microaglomerado

- ✚ Mejora la resistencia al deslizamiento.
- ✚ Corrige los efectos del ahuellamiento.
- ✚ Su textura ofrece un buen drenaje.
- ✚ Sella pequeñas grietas en la superficie.
- ✚ Provee al pavimento de una nueva superficie de desgaste, aumentando su vida útil y a la vez lo protege.
- ✚ No se altera perceptiblemente el perfil del camino, por lo que no necesita ajustes en las guías del mismo.
- ✚ Se aplica a temperatura ambiente, no emite emanaciones químicas dañinas al medio ambiente.
- ✚ Mínima interrupción al tráfico.
- ✚ Proporciona a la vía una nueva superficie de rodamiento, mejorando su textura y dotándola de una superficie con alto grado de fricción.
- ✚ En una doble aplicación corrige el ahuellamiento y evita el hidropelano.



4.13.3 Lo mejor al mas bajo costo

Además de ser uno de los métodos de mantenimiento preventivo más integral, el microsurfacing es el más económico, lo que permite que un mayor número de calles o carreteras sean atendidas con un bajo presupuesto.

Un sistema de recarpeteo cuesta aproximadamente \$10.00 por metro cuadrado, el microsurfacing le cuesta aproximadamente \$3.50/metro cuadrado, ahorra el 65% en una comparación simple.

Lo Mas Económico En El Tiempo

En una programación a 4 años el costo del recarpeteo y mantenimiento cuesta aproximadamente \$18.- por m² durante el período.

El microsurfacing tendría un costo aproximado de \$4.00/metro cuadrado El recarpeteo colocado por el gobierno en una vía principal se hace históricamente cada tres años. El micropavimento colocado en la misma vía deberá hacerse una vez cada cuatro años.

Importante Recordar

- ✚ Reparar todas las áreas de falla previa a la aplicación del Micropavimento.
- ✚ Sellar las fisuras en las superficies del pavimento con un aceptable sellador de fisuras.
- ✚ El mantenimiento oportuno es mas barato que la reconstrucción de calle o carretera

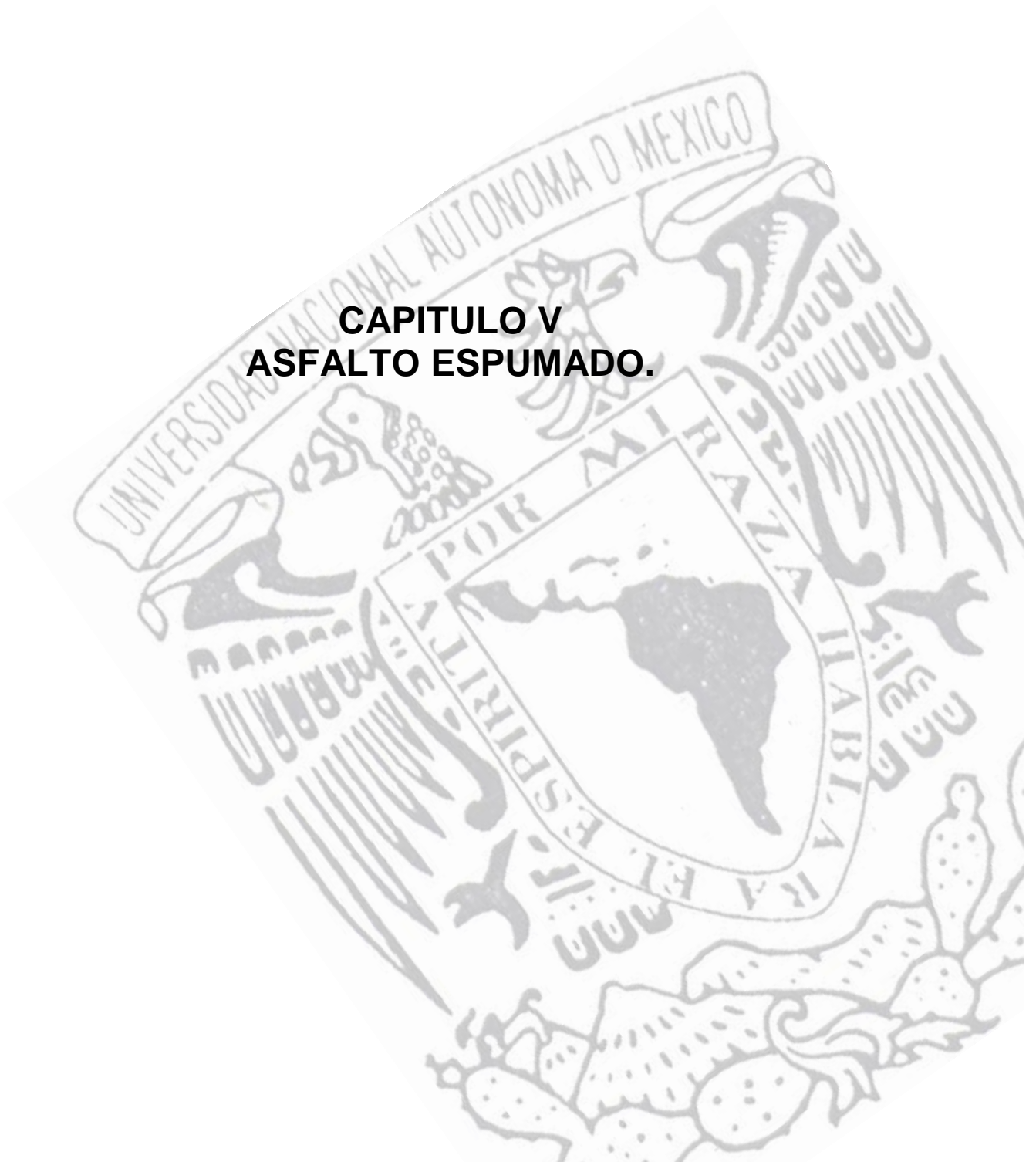
122

4.14 Tratamiento antifisuras

Las emulsiones de asfaltos modificados con geotextiles son utilizadas e la forma contra las fisuras de calzadas semi-rigidas. El éxito del sistema depende de las características de sus dos componentes: emulsión y geotextil y del contenido del ligante residual.



CAPITULO V ASFALTO ESPUMADO.





La técnica del asfalto espumado permite expandir el asfalto y producir mezclas asfálticas de un modo muy diferente a los sistemas tradicionales. La mezcla íntima que se produce entre asfalto y agregado es también diferente, pero sin embargo, este tipo de mezclas tiene un comportamiento estructural similar a una mezcla tradicional. Las mezclas con asfalto espumado presentan ventajas especiales frente a mezclas tradicionales, las más importantes son las del tipo energéticas y ambientales.

Desde el punto de vista constructivo, el empleo de técnicas modernas especialmente desarrolladas para este tipo de aplicación, le confiere ventajas adicionales en comparación a otro tipo de técnicas constructivas; específicamente admite mayor tolerancia en la especificación de agregados y los procesos constructivos pueden ser de muy alto rendimiento.

El asfalto espumado puede ser usado como un agente estabilizador con una variedad de materiales que van desde gravas chancadas, de buena calidad, hasta suelos marginales con plasticidad relativamente alta y también en materiales asfálticos reciclados. Las mezclas con asfalto espumado pueden ser confeccionadas tanto en terreno como en una planta central.

5.1 Asfalto espumado

El asfalto espumado (también conocido como asfalto celular), se logra mediante un proceso, en el cual se inyecta una pequeña cantidad de agua fría (1 a 2% del peso del asfalto) y aire comprimido a una masa de asfalto caliente (160° C - 180° C), dentro de una cámara de expansión (Figura 1), generando espontáneamente espuma.

124

El proceso de expansión se puede explicar de la siguiente manera: en el momento en que las gotas de agua fría toman contacto con el asfalto caliente, se produce un intercambio de energía entre el asfalto y las gotas de agua, lo que eleva la temperatura del agua hasta los 100°C. Esta transferencia energética genera, en forma instantánea, vapor y una expansión explosiva del asfalto. Las burbujas de vapor son forzadas a introducirse en el asfalto dentro de la cámara de expansión. El asfalto, junto con el vapor de agua encapsulado, es liberado desde la cámara a través de una válvula (dispositivo rociador) y el vapor encapsulado se expande formando burbujas de asfalto contenidas por la tensión superficial de éste, hasta alcanzar un estado de equilibrio.

Debido a la baja conductividad térmica del asfalto y del agua, las burbujas pueden mantener el equilibrio por pocos segundos (10-30 segundos).

Este proceso ocurre para una gran cantidad de burbujas. A medida que la espuma se enfría a temperatura ambiente, el vapor en las burbujas se condensa causando el colapso y la desintegración de la espuma. La desintegración de la burbuja (o colapso de la espuma) produce miles de gotitas de asfalto, las cuales al unirse recuperan su volumen inicial sin alterar significativamente las propiedades reológicas originales del asfalto. Para la producción de mezclas con asfalto espumado, el agregado debe ser incorporado mientras el asfalto se encuentre en estado de espuma. Al desintegrarse la burbuja en presencia del agregado, las gotitas de asfalto se aglutinan con las partículas más finas (especialmente con aquellas fracciones menores a 0.075 mm), agregado fino, proceso que se denomina dispersión del asfalto. Esto resulta en una pasta de filler y asfalto que actúa como un mortero entre las partículas gruesas.



5.2 Caracterización del asfalto espumado

Cuando una cantidad de agua fría medida cuidadosamente es introducida dentro del asfalto caliente se forma una espuma, incrementando su volumen y su energía superficial. Esto facilita que se mezcle el duro asfalto vial junto con los fríos y húmedos agregados, sin tener que llegar a adicionarle con un solvente el costo de la disolución del aglomerante, o de la emulsificación. En el proceso de espumado, la viscosidad del asfalto se reduce enormemente, permitiéndole que se disperse apropiadamente a través del agregado.

Dos parámetros han sido desarrollados para ayudar en la caracterización del asfalto espumoso:

✚ Relación de expansión

Definida como la relación entre el máximo volumen de asfalto en su estado espumoso y el volumen de asfalto una vez la espuma se haya asentado completamente, y

✚ Vida media

Es el tiempo (en segundos) empleado por la espuma para asentarse la mitad del máximo volumen alcanzado.

La relación de expansión y la vida media están influidos tanto por el grado y el tipo de asfalto, como por la cantidad de agua inyectada al asfalto caliente durante el proceso de formación de la espuma. Lógicamente, entre mayor sea la relación de expansión, menos viscoso será el asfalto y por lo tanto se puede esperar una mejor dispersión de asfalto en la mezcla. Así mismo, una mayor vida media implica que hay mas tiempo disponible para que el asfalto sea mezclado con el material mientras están aun en su forma espumada.

La relación de expansión se incrementa en la medida en que la cantidad de agua que se adiciona al asfalto aumenta, mientras que aumente en la adición de agua causa una reducción en la vida media.

La relación de expansión y la vida media del asfalto espumado puede ser mejoradas por la introducción de aditivos químicos al asfalto, el agua o ambos, en la producción de la espuma. Tales aditivos son esenciales cuando han sido introducidos agentes anti-espumantes al asfalto durante el proceso de manufactura.

5.3 Materiales tratados con asfalto espumado

5.3.1 mezcla

Una diferencia marcada entre las mezclas producidas usando asfalto espumado y las mezclas con asfalto caliente, o mezclas usando emulsiones asfálticas, es la manera como el asfalto se dispersa a través del agregado. En los dos últimos casos, el asfalto tiende a cubrir todas las partículas, mientras que en las mezclas de asfalto las partículas largas no son cubiertas totalmente. El asfalto espumado se dispersa así mismo entre las partículas finas, formando un mortero, el cual se adhiere de manera efectiva manteniendo unida la mezcla.



Este revestimiento parcial es el responsable del pequeño cambio de color de los agregados tratados con asfalto espumado. Materiales similares mezclados con un asfalto caliente, o en frío con emulsiones bituminosas, tienden a ser más oscuros o aun negros. Si un agregado claro es usado, el producto tratado con la espuma tenderá a permanecer de color claro.

Una espuma con una alta relación de expansión y una vida media, se dispersa de una manera adecuada en el material pétreo, mejorándose el cubrimiento de los agregados por el asfalto y, por lo tanto, las propiedades de la mezcla.

Son limitadas las referencias disponibles, sobre las magnitudes más apropiadas de la relación de expansión y la vida media, para la elaboración de las mezclas de asfalto espumado con materiales pétreos: Sin embargo, parece existir consenso que con relaciones de expansión superiores a 10 se logra una adecuada dispersión de asfalto en el agregado mineral.

Ruckel (1983) recomienda valores superiores a 8 o 15 para la relación de expansión y como mínimo de 20 segundos para la vida media. Maccarrone y otros (1995), sugieren que con el uso de ciertos tipos de agentes de superficie activa, es posible fabricar asfaltos espumados con relaciones de expansión superiores a 15 y vidas medias mayores de 60 segundos. De acuerdo con la experiencia surafricanana, vidas medias alrededor de 10 segundos han resultado apropiadas, teniendo expansiones superiores a 10 en diferentes aplicaciones realizadas en obra.

5.3.2 Agregados

126

En la tabla 5.1 siguiente se muestra una clasificación de materiales, agrupados por tipo de suelo, de acuerdo con su conveniencia para ser tratados con asfalto espumado, desarrollada por Bowering y Martin. Esta clasificación se logró a partir del análisis de los resultados de ensayos realizados sobre un total de 50 materiales.

Observando estos resultados, parece ser que los materiales que resultan adecuados para ser tratados con asfalto espumado se extienden desde arenas arcillosas de baja plasticidad, hasta gravas y piedras trituradas.



USC	Convenienci a para el tratamiento	Rango de contenidos de asfalto		Cohesión	Factores de equivalencias de capa	Comentarios
		Total	Optimo			
GW	Buena	1.5- 5.0	2.0-2.5	300-700	1.25-1.50	Mezclas permeables
GW- GM	Buena	1.5- 5.5	2.0-4.5	300-400	1.25-1.33	Mezclas permeables
GP- GC	Buena	1.5- 4.0	2.5-3.0	300-400	1.25-1.33	Baja permeabilidad
GC	Pobre	4.0- 6.0	4.0-6.0	300-400	1.25-1.33	Impermeable Contenido de asfalto critico Puede usarse bajo % de cal
SW	Regular	3.5- 5.0	4.0-5.0	100		Requiere adición de finos pasa No 200
SW- SM	Buena	1.0- 6.0	2.5-4.0	100-400	1.0-1.33	
SP- SM	Pobre	4.85- 6.04	3.0-4.5	100		Requiere asfaltos de baja penetración y adición de finos
SP	Regular	1.0- 6.0	2.5-5.0	100-300	1.0-1.33	Posiblemente requiera de adición de finos
SM	Buena	1.5- 6.0	2.5-4.5	100-400	1.0-1.33	
SM- SC	Buena	2.5- 6.0	4.0	400-700	1.33-1.50	
SC	Sola-pobre	3.5- 6.0	4.0-6.0	400-700	1.33-1.50	Requiere la adición de un pequeño % de cal
	Con cal-buena		3.0-4.0		1.33-1.50	

Tabla 5.1 Materiales tratados con asfalto espumado, Bowering et al 1976.

5.4 Condiciones de humedad de los agregados

Otro aspecto que resulta crítico en la elaboración de mezclas con asfalto espumado y que también tiene gran influencia en el comportamiento de las mismas, es el contenido de la humedad presente en los agregados, antes de ser tratados y en el momento de la compactación.

Tanto los trabajos originales de estabilización de suelos con asfalto espumado, desarrollados por el profesor Csanyi quien se le atribuye el origen de la tecnología como diversos estudios realizados en Australia y otros lugares, han mostrado la necesidad de agregar agua al suelo o al agregado antes de adicionarle el asfalto espumado.



Acerca de la importancia del contenido de agua de los agregados el profesor Csanyi realizo la siguiente observación:

“El agua añadida al agregado, durante el proceso de mezclas, ablanda los materiales arcillosos o las fracciones duras, rompe las aglomeraciones y se distribuye uniformemente en la mezcla. El agua, además, separa las partículas finas y las suspende en un medio liquido, creando canales de humedad a través de los cuales el asfalto espumado puede penetrar y cubrir todas las partículas minerales. La cantidad de agua no es critica, procedente a agregar la suficiente para que la mezcla se haga satisfactoriamente. El exceso de agua es indeseable, porque hace que la mezcla se reblandezca demasiado y se reduce la cobertura de los agregados. La cantidad apropiada de agua para cualquier mezcla debe ser determinada haciendo pruebas de ensayo y error en algunas cochadas de material”

Para algunos autores el concepto de contenido óptimo de fluidos para la compactación, tal como el usando para mezclas como emulsiones asfálticas, resulta valido para las mezclas con asfalto espumado; este concepto, se considera la acción lubricante del ligante y la del agua, de tal manera que el contenido de humedad de la mezcla para una compactación optima, se reduce en la proporción en que se incrementa la cantidad del ligante.

Sakr y Manke (1985) desarrollaron la ecuación mediante la cual es posible calcular el contenido de la humedad requerido para alcanzar la máxima densidad, después de la compactación de mezclas elaboradas con asfalto espumado. Como sugiere esta ecuación con un mayor contenido de ligante se requerirá en menor contenido de humedad de compactación.

128

$$CHMD = 8.92 + 1.48CHO - 0.4PF - 0.39CA$$

Donde:

CHMD= contenido de humedad para máxima densidad.

CHO= contenido de humedad óptimo.

PF= porcentaje de finos.

CA= contenido de cemento asfáltico.

De acuerdo con la expresión anterior, el contenido óptimo de humedad para mezclado resulta ser aproximadamente 10 a 20% mayor que el contenido de humedad requerida para compactación (CHMD). Con el objeto de reducir el consumo de tiempo en el secado de material, después de mezclado, para alcanzar la humedad de compactación y debido a que no se presentan diferencias significativas en las propiedades de las mezclas, Sakr y Manke sugieren que el valor CHMD sea usado tanto para la mezcla como para la compactación.

En síntesis, las mezclas con asfalto espumado requieren un contenido definido de humedad de los agregados para romper los terrones y alcanzar una buena dispersión del asfalto durante el proceso de mezclado, colaborando de esta manera con su compactación y por tanto, con la estabilidad de la mezcla.

Este contenido de humedad varia según el tipo de material y, en especial, con el contenido de la fracción inferior a 0.075 mm; pero, en general, se encuentra entre el 65% y el 85% del contenido óptimo determinando en una prueba AASHTO T99.



Resulta importante mencionar que la adición del agua a la mezcla posterior a la inyección al asfalto espumado, no tiene efectos benéficos.

5.5 El asfalto espumado en la construcción

El asfalto espumado ha sido usado exitosamente a nivel mundial en el tratamiento de variados materiales, desde dunas de arena sin cohesión, gravas naturales, molindas de asfalto recuperado, hasta agregados triturados.

En algunos países es practica normal adicionar 1% de cal (medida con relación a la masa del material tratado) para reducir la plasticidad de las gravas naturales, y el mejorar la adhesión entre el material y el asfalto. Además, para proveer protección adicional contra la posibilidad de que el asfalto se desprenda del agregado a menudo se adicionan al asfalto agentes que evitan el desprendimiento antes de ser espumado.

5.6 Procedimiento del diseño de mezcla

El procedimiento del diseño de la mezcla requiere el uso de una pequeña planta de laboratorio para producir el asfalto espumado. Es importante que este equipo simule cuidadosamente el asfalto espumado que será producido durante la producción a gran escala.

La planta de laboratorio de asfalto espumado consiste, esencialmente, en una caldera para calentar el asfalto y dos sistemas de bombeo calibrados, uno para el asfalto caliente y otro para el agua usada en la producción de la espuma. Predeterminadas cantidades de asfalto caliente diseñada, donde el asfalto es espumado antes de ser descarado a través de una boquilla.

129

La relación de expansión y la vida media de un asfalto espumado pueden ser variadas por la alteración de la proporción de agua que se adiciona al asfalto, o por la adición de aditivos químicos.

En el diseño de mezclas de asfalto espumado, es necesario optimizar las características de espumado del cemento asfáltico que vaya a ser usado. Ello se logra midiendo la relación de expansión y la vida media de las espumas elaboradas, bajo diferentes condiciones de temperatura, presión de aire y concentración de agua.

Algunas veces, puede ser necesario al uso de aditivos para contrarrestar el efecto deletéreo de siliconas presentes en el asfalto y causantes de características pobres de espumado en el mismo.

Tanto la relación de expansión como la vida media de las espumas se evalúan a temperaturas en el rango 140°C a 180° C, presiones de are entre 1 y 5 bares (1 bar= 14.5 psi) y concentración de agua desde el 1% al 4% usando incrementos del 0.5%.

En la referencia se presenta un ejemplo que permite observar la optimización de las características de espumado en una grafica que relaciona, la vida media, la relación de expansión y el contenido de agua, para unas condiciones de presión de aire y temperatura.

Una vez que la relación agua asfalto ha sido determinada, un volumen predeterminado del asfalto espumado se descarga directamente sobre una muestra de agregado, mientras este esta siendo agitado en la mezcladora del laboratorio.



Normalmente se producen 5 muestras de esta manera, con valoraciones en el contenido de asfalto. Antes de la adición del asfalto espumado el material es llevado a su óptimo contenido de humedad. Si hay necesidad de cal, esta se adiciona con este estado.

Briquetas tipo Marshall se elaboran de cada una de las muestras, aplicando, aplicando 75 golpes por cara. En algunos países como Australia, el compactador giratorio es usado en lugar del martillo Marshall. Las briquetas son curadas en sus moldes durante 24 horas a temperatura ambiente. Luego son extraídas en sus moldes y curadas en un horno de aspiración forzada por 72 horas, a temperatura de 60° C.

El contenido óptimo del aglutinante esta basado en el volumen y en el diseño de las curvas de estabilidad Marshall, como en las mezclas con asfalto caliente, excepto que las briquetas no son sumergidas a una elevada temperatura antes del ensayo de estabilidad. En lugar de ello, se chequeen a la susceptibilidad de la mezcla a la humedad con varios contenidos de aglutinante llevado a cabo ensayos adicionales de la estabilidad Marshall en muestras dejadas al vacío. Ensayos de resistencia a la tracción indirecta en muestras son sumergir y sumergidas, también pueden ser usados como una manera adicional de evaluación de la mezcla con diferentes contenidos de aglutinante.

Ensayos adicionales de las propiedades mecánicas de las mezclas, específicamente módulos resilientes y creep dinámico pueden ser llevados a cabo en réplicas de las muestras.

5.7 Condiciones de curado

130

Otro aspecto relevante a ser tenido en cuenta en la tecnología de los asfaltos espumados, es el curado de las mezclas y el efecto de las condiciones del mismo, sobre las propiedades mecánicas del material tratado.

El curado es el proceso mediante el cual la mezcla del agregado con asfalto espumado gana gradualmente resistencia con el tiempo, mientras se presenta la reducción en el contenido de humedad. La temperatura del curado, su duración y por lo tanto las condiciones de humedad, afectan severamente la resistencia de las mezclas con asfalto espumado.

De manera similar a lo que sucede con las mezclas en frío, elaboradas con emulsiones asfálticas, las mezclas con asfalto espumado desarrollan su resistencia con el tiempo, aunque se requiere un periodo relativamente menor para alcanzar su resistencia final.

Ruckel y otros proponen el procedimiento del curado que se muestran en la tabla 5.2 con el objeto de reproducir en el laboratorio las condiciones de humedad y así mismo de resistencia obtenida de material tratado en obra, a diferentes edades corto, mediano y largo plazo.



Termino	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Duración en laboratorio	24 horas	48 horas	96 horas
Condición curado	Dentro de los moldes	24 horas dentro de los moldes y 24 horas fuera de los moldes	24 horas dentro de los moldes y 72 horas fuera de los moldes
Temperaturas	Ambiente	40°C	40°C
Similitud con la obra -duración después de extendida la capa -condición climática	-1 día -Seca	-2 a 14 días -Seca	-30 días -Seca

Tabla 5.2 Procedimientos propuestos para el curado de las mezclas.

En un gran número de trabajos e investigaciones se han adoptado el procedimiento de curado de las mezclas propuesto por Bowering (1970), consistente en el secado de las muestras en horno a 60° C durante 3 días. Algunos autores consideran que esta temperatura, por el hecho de ser superior a la temperatura correspondiente a la del punto de ablandamiento del cemento asfáltico, puede generar cambios en su dispersión y un posible envejecimiento del mismo.

5.8 Aplicación del asfalto espumado

131

Existen principalmente dos tipos de aplicaciones para el asfalto espumado, el reciclado en frío de pavimentos asfálticos y la estabilización de suelos: Reciclado en frío de pavimentos asfálticos: Consiste en la recuperación del material de un pavimento asfáltico existente, el cual es mezclado con asfalto espumado, adiciones (cemento o cal) y agregados nuevos (si es necesario) para formar una base asfáltica que será colocada en el mismo lugar o en otro distinto. La recuperación puede ejecutarse mediante un equipo fresador capaz de disgregar el material o mediante métodos convencionales donde el proceso de disgregación ocurre con posterioridad a la recuperación. En general el material recuperado está formado no sólo por concreto asfáltico disgregado, sino también por agregados aportados por la base y subbase granular existente.

Estabilización de suelos: Consiste en la estabilización de suelos de relativa baja plasticidad ($IP < 16$) con asfalto espumado, en donde los suelos pueden provenir de la recuperación de áridos de un camino sin pavimentar o de nuevos pozos. Principalmente se emplean agregados recuperados cuya granulometría es mejorada por agregados nuevos (si es necesario), ya que uno de los objetivos de esta aplicación es obtener mezclas de bajo costo. El proceso de recuperación de los agregados es similar al descrito para el reciclado en frío de pavimentos asfálticos. Ambas aplicaciones pueden ejecutarse mediante tecnología en sitio y en planta:

- ✚ La tecnología en sitio requiere de un equipo fresador-mezclador. Existen varios modelos y configuraciones para este tipo de equipos, pero en general todos poseen un tambor de fresado mezclado, en el cual el material es removido desde la superficie, triturado, mezclado con el asfalto espumado y extendido.

La inyección del asfalto espumado en el agregado se realiza simultáneamente a través de varias cámaras de expansión individuales. Dependiendo de los aditamentos del equipo de reciclado, la mezcla puede quedar acordonada, extendida o extendida y nivelada. En este último caso se puede prescindir de motoniveladora.



- ✚ En la tecnología en planta el material es fresado, retirado y transportado hasta una planta donde se incorpora el asfalto espumado y se homogeneiza la mezcla. Luego la mezcla se transporta hasta el frente de trabajo, donde es extendida por medio de motoniveladoras o, preferentemente con pavimentadoras (ya que no se requerirá de nivelación), para luego ser compactada. Los tipos de plantas utilizadas permiten su instalación en lugares inmediatos al frente de trabajo. Esto, permite reducir significativamente las distancias de transporte de materiales, además la tecnología en planta permite un mejor control de calidad de la mezcla mediante un control de su dosificación. Tanto en el reciclado en frío de pavimentos asfálticos, como en la estabilización de suelos se coloca sobre la base asfáltica una carpeta de rodado del tipo sello de agregados, lechada asfáltica o una carpeta asfáltica. En caminos de menor importancia, la colocación de la carpeta de rodado puede incluso no ser necesaria.

5.9 Reciclaje con asfalto espumado

Cuando se considera como alternativa el uso de asfalto espumado como agente estabilizador para rehabilitación de vías, se deben tener en cuenta tres aspectos importantes:

1. Espesor requerido de la capa de material por estabilizar.
2. Determinar si el material a ser reciclado es adecuado para estabilizar con asfalto espumado.
3. Definición de la cantidad de asfalto espumado que debe ser adicionado para estabilizar el material

132

5.9.1 Espesor de capas

El espesor requerido de las capas individuales que constituyen el pavimento es normalmente determinado por ingenieros especializados en diseño de pavimentos. El proceso de diseño para la rehabilitación de las vías por medio de reciclaje, requiere análisis detallados de la estructura del pavimento existente, una apreciación de carga de tráfico actual y futuro, y un conocimiento de los materiales que constituyen las capas superiores del pavimento existente. Con esta información, es posible moldear varias estructuras de pavimento y determinar cual ofrece la solución "óptima".

No obstante a menudo es posible "comparar diseños" como un primer caso para determinar si un tipo específico de proceso (como reciclar con asfalto espumado) es posible. Para hacer esto es esencial tener un diseño de pavimentos ya especificado para comparar una alternativa.

Como guía muy aproximada, las siguientes "equivalencias" del espesor de la capa, pueden ser usadas para determinar el potencial de usar una capa de asfalto espumado estabilizado:

Base asfáltica	1 : 0.8
Capas estabilizadoras del cemento	1 : 2
Capas estabilizadoras de emulsión de asfalto	1 : 1

Este ejercicio sólo suministrará una indicación de si un pavimento alternativo usando asfalto espumado como agente estabilizador es potencialmente una alternativa viable.



5.9.2 Adaptabilidad del material

Como indicador inicial, la fracción de finos de un material, suministrará una respuesta inmediata a su adaptabilidad para estabilizar con asfalto espumado. Si el porcentaje de la muestra de un material que sobrepasa el tamiz de 0.075 mm se ubica entre el 5% y el 15%, entonces el material es el mas adaptable para mezclar con asfalto espumado.

No obstante, es importante sobrellevar tal análisis de tamiz con un entendimiento como el proceso de reciclaje. La preparación de la muestra es lo mas importante como el proceso de reciclaje tiende a “pulverizar” el del material existente, la muestra preparada en el laboratorio debe, por consiguiente, emular el producto de tal proceso. También, la muestra debe ser hecha usando las proporciones correctas de los diferentes materiales que constituyen el pavimento existente. Esto implica la necesidad de conocer la profundidad de reciclaje, o las consideración de varias opciones de profundidad.

5.9.3 Dosificación del asfalto espumado

La cantidad de asfalto espumado a ser adicionado al material reciclado para adquirir la resistencia requerida. Sólo puede ser determinada estableciendo un proceso de laboratorio de diseño de mezcla. Esto vincula muestras preparadas de mezclas con diferentes cantidades de asfalto espumado (típicamente 2%, 3%, 4%, etc. Por masa), fabricado briquetas y luego determinando su resistencia relativa.

133

5.10 Ventajas del asfalto espumado

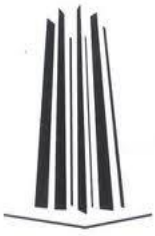
La principal ventaja del asfalto espumado en comparación con los métodos tradicionales de mezclado en caliente, son del tipo energético.

Se han medido ahorros de energía demás de 80% sobre los métodos tradicionales, en tramos experimentales con asfalto espumado(para soluciones estructuralmente equivalentes). La principal ventaja del asfalto espumado con respecto a las emulsiones asfálticas son del tipo técnico - económico. Menores costos de manufactura y de transporte.

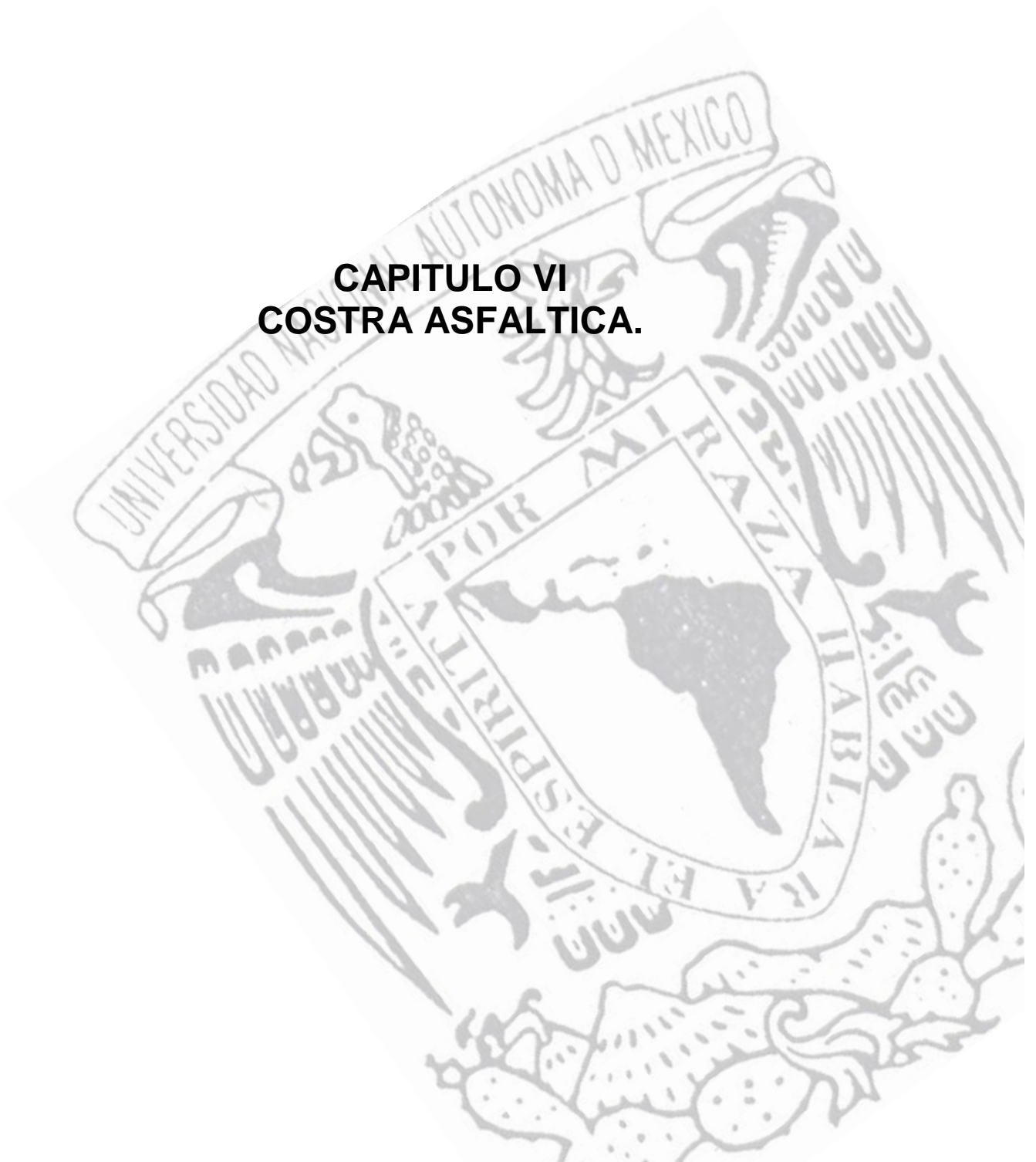
El tiempo de proceso (colocación -compactación - apertura al tráfico) es sensiblemente menor para el material tratado con asfalto espumado, permanece trabajable por mayor es períodos de tiempo y, además, puede ser usado en condiciones climáticas adversas (clima lluvioso).

5.11 Las economías del asfalto espumado

El proceso del asfalto espumado ha mostrado ser una manera favorablemente económica de mezclar el asfalto con los agregados. No hay costo por el calentamiento del agregado, el cual es significativo en el costo de producción del asfalto. No hay ningún costo de manufactura, lo cual hace a la emulsión asfáltica relativamente costosa. El proceso de asfalto espumado emplea solamente asfalto en un grado de penetración constante y agua.



**CAPITULO VI
COSTRA ASFALTICA.**





Consiste en la colocación de un riego de emulsión asfáltica de rompimiento lento (CRL o CSE) diluido al 75% de agua, sobre la superficie de una base afirmado compactado al 80% aprox. De su densidad esperada.

Se remueve aproximadamente de 1 a 2 pulgadas de la superficie para batir con una motoniveladora, se perfila y luego se compacta al 100% de la densidad esperada, creándose de esta manera una costra de afirmado fino mas ligante asfáltico. Finalmente, se riega emulsión diluida al 50% de agua seguido del esparcido de una arena fina o gruesa según el uso que vaya a tener el pavimento. El resultado se denomina costra asfáltica.

Valor de tratamiento: US\$ 0.75/ metro cuadrado

Materiales

- ✚ Agregado fino
- ✚ Emulsión asfáltica CRL, CSE
- ✚ Agua potable

Equipos y herramienta

- ✚ Motoniveladora
- ✚ Rodillo neumático
- ✚ Camión distribuidor de asfalto

En forma manual

- ✚ Regadores de asfalto manuales
- ✚ Lampas, carretillas
- ✚ Rodillos lisos o neumáticos

6.1 *tratamiento antipolvo*

Consiste en un riego de emulsión asfáltica de rompimiento lento o superestable, seguido de un esparcido con arena, los cuales se pueden ejecutar en una o mas capas sobre una superficie nivelada, compactada e imprimada.

Este tipo de tratamiento no aporta estructura a la carpeta de rodadura, y solo la protege frente a la acción abrasiva del tránsito, viento y lluvia. Puede ejecutarse en forma mecanizada o manual y permite la construcción por etapas de una solución definitiva de pavimento estructural.

Valor aproximado del tratamiento: US\$ 1.12/ metro cuadrado

Materiales

- ✚ Imprimante

Se utilizan como imprimantes emulsiones asfálticas de rompimiento lento o asfaltos diluidos del tipo MC-30, lo cual dependerá del tipo de base a tratar, siendo recomendable la emulsión cuando se trate de bases húmedas y sin plasticidad



✚ Riesgo asfáltico

Se utiliza emulsión asfáltica tipo CSE (catiónica Super Estable), para evitar contratiempos que ocasionan las emulsiones de rompimiento rápido, debido a que muchos de los trabajos se efectúan en forma manual.

Esta emulsión (producto peruano) por sus características otorga buen recubrimiento de los agregados empleados, buena adhesividad sellando e impermeabilizando efectivamente la superficie tratada.

Las especificaciones técnicas de esta emulsión se muestran en la siguiente tabla 6.1

Ensayos	Normas ITINTEC 1983	Especificaciones
Ensayos sobre la emulsion		
1.0 Viscosidad Saybolt furol, a 25° C	321.070	20-100
2.0 Sedimentación. % max. En peso	321.076	5.0
3.0 Mezcla con cemento, % max.	-	1.2-2.0
4.0 Carga de la partícula	321.061	Positiva
5.0 PH, max.	-	6.5
Ensayos sobre el residuo		
Destilación 25° C	321.033	50-250
Tenor de bitumen, % en peso máximo	-	97
Ductilidad a 25° C, 5 cm/min, min. Cm.	321.055	40

Tabla 6.1 Especificaciones técnicas.

6.2 Agregados pétreos

Se utiliza arena, material de fácil disponibilidad, ya sea de río o como productos de chancado. Es recomendable usar arenas gruesas para zonas con mayor tránsito e intermedia para vías con tránsito ligero.

La arena debe estar constituida por granos firmes, tenaces, sin laminación y libre de materias orgánicas. Debe acopiarse sobre superficies limpias para evitar su contaminación.

Equipos de construcción
Construcción mecanizada (recomendable para áreas sobre los 30000 m²)

- ✚ Camión distribuidor de asfalto.
- ✚ Esparcidor mecánico de arena.
- ✚ Rodillo neumático

En forma manual (recomendable para áreas inferiores a los 300000m²)

- ✚ Regadores manuales de asfalto
- ✚ Palas, carretillas
- ✚ Rodillo liso o neumático



6.3 proceso constructivo

a) Preparación de la superficie

Cuando se trate de suelos totalmente consolidados, la superficie se escarifica a lo menos en 10 cm, se humedece, homogeniza y completa al 95% de su DMCS de modo que quede una superficie nivelada, con pendiente de a lo menos 2%.

Cuando sea necesario reemplazar el material, esta se efectuara en un espesor mínimo de 10 cm. Compactado. Las características de los materiales recomendados de base deben de ser las siguientes, como se muestra en la tabla 6.2:

Tamiz (mm)	Tm-50	Tm-50	Tm-25
50	100	100	
40	70-100	-	
25	55-85	70-100	100
20	45-75	60-90	70-100
10	35-65	40-75	50-80
5	25-55	30-60	35-65
2	15-40	20-45	25-50
0.5	5-25	10-30	10-30
0.08	0-10	0-15	0-15

Tabla 6.2 Características de los materiales.

- Limite liquido < 25
- Índice de plasticidad >6
- Desgaste Los angeles <35%
- Partículas chancadas >50%
- CBR >80%

137

-la densidad deberá ser como mínimo el 95% de la DCM determinada por el Ensayo de proctor modificado

En caminos rurales, cuando se requiere proteger la carpeta con el tratamiento, está deberá tener los siguientes requisitos, en la tabla 6.3.

Tamiz (mm)	Tm-40
40	100
25	80-100
10	50-80
5	35-65
2	25-50
0.5	15-30
0.08	5-20

Tabla 6.3 Granulometrías

b) Imprimación

Dependiendo del tipo de base a tratar, se utiliza emulsión asfáltica o asfalto diluido tipo MC-30 (RC-250+15 al 25% de K.I.), a razón de 0.8 a 1.6 l/m². Se deja curar hasta que pueda ser transitada sin riesgo de que se adhiera el asfalto a los neumáticos.

c) Riego de Emulsión asfáltica

El riego de emulsión se efectuará a una temperatura ambiente cubriendo toda la superficie. Cuando se efectúa en forma manual, se debe tener la precaución que el riego sea uniforme.



d) *Esparcido de arena*

Inmediatamente a continuación del riego de emulsión, se efectúa el esparcido de arena húmeda a razón de 5 a 8 l/m², de tal manera que se recubra totalmente con un leve exceso. Cuando se esparce en forma manual, se debe tratar de mantener un esparcido uniforme.

e) *Compactación*

Terminada la aplicación de la arena, se compacta con rodillo neumático o liso, según sea el caso, dando a lo menos tres pasadas por un mismo punto.

f) *Apertura al tránsito*

Terminada la compactación, se puede entregar al tránsito en forma inmediata, recomendando velocidad reducida de 40 km/hr durante las primeras 48 horas

g) *Controles*

Debe verificarse las cantidades establecidas de riego y esparcido para cada operación respectivamente, mediante el uso de bandejas o por medición de consumo de material por área ejecutada.

6.4 Recomendaciones generales

138

- a) La ejecución de la faena debe efectuarse en condiciones climáticas favorables, evitando hacerla con tiempo amenazante de lluvia.
- b) Para prolongar su vida útil, es conveniente reparar cualquier deterioro o falta que se produzca en la superficie terminada, repitiendo la operación de ejecución del tratamiento en forma manual en las zonas afectadas.
- c) Deben cumplirse las indicaciones técnicas y llevar un control riguroso durante la etapa de construcción, a fin de garantizar un tratamiento final.
- d) La solución adoptada representa un mejor aprovechamiento de los recursos económicos que normalmente se destinan a la conservación de calles en tierra, ya que la experiencia indica que mas o menos durante cuatro años no es necesario efectuar conservación
- e) Esta solución cumple con un fin social, pues índice en una mejora de la calidad de vida en todos los sectores poblacionales que no poseen calles pavimentadas
- f) Representa una valiosa alternativa ecológica para el grave problema de la contaminación ambiental, a un bajo costo. Que solo es posible a través de un material noble como lo es el asfalto en su tercer estado de fluidificación.
- g) La experiencia demuestra que efectivamente puede considerarse como una construcción por etapa de un pavimento definitivo, ya sea colocando otro tratamiento, una lechada asfáltica convencional, un micropavimento, o una carpeta de mezcla en caliente, ya que basta aplicar un riego de liga sobre la superficie, remanente evitando el costo de reponer la base estabilizada.



6.5 Lechadas asfálticas convencionales

Se define así la mezcla de emulsión asfáltica, agregado fino bien graduado granulométricamente, filler mineral, algunas veces aditivos y agua.

Estos materiales mezclados en proporciones adecuadas dan como resultado un producto fluido, homogéneo y cremoso, que extendido como un tratamiento superficial, rellena grietas y fisuras, y después de la evaporación del agua, se adhiere firmemente a la superficie de la carretera y proporciona un sellado impermeable y antideslizante.

Aplicaciones

- ✚ Sellado de fisuras y grietas.
- ✚ Impermeabilización de superficies .
- ✚ Tratamiento rejuvenecedor de pavimentos envejecidos o descarnados.
- ✚ Revestimiento de bermas.
- ✚ Canchas deportivas.
- ✚ Vías urbanas de bajo tránsito

139

6.5.1 Características técnicas

Las condiciones de calidad del agregado fino que se exigen en mezclas bituminosas deben extremarse en las lechadas:

Agregados

- ✚ Limpieza: Deberán estar desprovistos de materia orgánica y cualquier otra sustancia que puede ser perjudicial
Equivalente de arena >45.
- ✚ Dureza: Desgaste los Angeles <30.
- ✚ Absorción: La porosidad tienen doble interés, tanto por la influencia en la absorción de agua, (para el establecimiento de la fórmula de trabajo) y su contribución a la rotura de la emulsión, como por su posible efecto sobre la resistencia a las heladas.
- ✚ Uniformidad: De acuerdo con las especificaciones, el agregado grueso (retenido en el tamiz N° 4 ASTM) procederá de trituración de piedras de canteras o de grava natural.

-piedras trituradas con 2 o mas caras fracturadas >75%.

-coeficiente de aplanamiento <35.



Conviene tener en cuenta que en muchos casos el empleo exclusivo de agregado de trituración puede dificultar la trabajabilidad y producir segregaciones y capas con pésima compacidad después de la segregaciones con la rastra.

Si se necesita mejorar la granulometría con la adición de arenas naturales, o por otra circunstancia, éstas no podrán incorporarse en cantidad superior al 15% para evitar una disminución en la estabilidad de la lechada.

-índice de adhesividad <4

Los agregados deben presentar una clara homogeneidad mineralógica y contener una importante proporción de silicio, tabla 6.4.

Tamices ASTM	Porcentaje que pasa I	Porcentaje que pasa II	Porcentaje que pasa III
3/8"	100	100	-
Nº4	70-90	85-100	100
Nº8	45-70	65-90	95-100
Nº16	28-50	45-70	65-90
Nº30	19-34	30-50	40-60
Nº50	12-25	18-30	24-42
Nº100	7-18	10-20	15-30
Nº200	5-15	5-15	10-20

Tabla 6.4 Homogeneidad mineralógica.

-ligantes asfálticos: se utilizan emulsiones asfálticas cationicas de rompimiento lento o super estable (CRL-CSE).

- agua de pre-envuelta: agua potable
- aditivos

En el caso que la emulsión no cumpla el ensayo de mezcla con cemento, podría producirse una rotura prematura lo que haría inaceptable la mezcla. Este componente cuya naturaleza química es bastante compleja, tiene por misión facilitar la envuelta de la emulsión y regular la velocidad de rotura de la misma, siendo para ello condición indispensable que los agregados se pongan en contacto con el aditivo antes que con la emulsión; de lo contrario se produciría la rotura de éste en el cajón mezclador.

El aditivo actúa de la siguiente manera:

- 1) Disminuye la tensión superficial agregado-emulsión, permitiendo un mojado perfecto y homogéneo de la arena, a la vez que una mejora de la adhesividad agregado-ligante.
- 2) Crea un película sobre la superficie del agregado que actúa de barrera protectora, regulando la rotura de la emulsión y actuando, a la vez, sobre la viscosidad de la lechada.

La dosificación del aditivo exigirá normalmente la realización en laboratorio de un cierto numero de ensayos para definir la cantidad mas apropiada del mismo, que permita una fácil puesta en obra y una rápida apertura al tránsito.

Dicha proporción es función de numerosas variables, entre las que podemos citar:

- a) Naturaleza del agregado.



- b) Temperatura ambiente.
- c) Temperatura de la emulsión.
- d) Contenido de finos.
- e) Influencia del llenante: cemento portland.

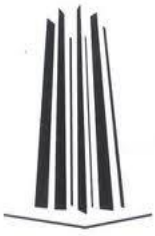
6.5.2 Ventajas que ofrecen las lechadas

- ✚ Es el sistema de tratamiento de pavimentos mas versátil que existe en el mercado tecnológico.
- ✚ Inversión de alta eficacia.
- ✚ Prolonga la vida de servicio del pavimento, ya que lo protege de la oxidación y el deterioro.
- ✚ Con la aplicación de una capa de lechada asfáltica, obtenemos una superficie duradera, apropiada para toda clase de climas, sin exudaciones y sin contaminación polvorienta.
- ✚ Se puede contar con una pista lista para ser transitada poco después de su aplicación.
- ✚ Mejora las propiedades anti-deslizantes de las superficies de rodadura, eliminando los riesgos de piedras sueltas.
- ✚ Rellena fisuras y grietas proporcionando un color y textura uniforme en una sola pasada.
- ✚ Sirve para aplicarla a cualquier superficie pavimentada, vieja o nueva, sin necesidad de utilizar riego de liga ni rodillo para compactar.

141

6.5.3 Beneficios que ofrece la lechada asfáltica para la conservación de pavimentos

- ✚ Inclusive el mejor de los pavimentos está sujeto al desgaste y deterioro del tiempo, de los elementos y del tráfico ningún pavimento es permanente.
- ✚ Mediante la puesta en practica de un programa de conservación de pavimentos planificado, se puede conseguir un ahorro considerable en los costos de rehabilitación.
- ✚ La estructura de su pavimento se mantendrá solido utilizable y seguro.
- ✚ Los largos periodos de paralización necesarios para reparar profundas grietas y baches se verán reducidos o eliminados.
- ✚ La aplicación de la lechada asfáltica prolongará significativamente la vida de los pavimentos existentes, protegido las capas debajo de la carpeta de rodadura es un beneficio añadido.



- ✚ Un programa de conservación de pavimentos, empleando lechada asfáltica no solamente ayudara a proteger su pavimento sino que también ayudará a proteger su inversión en pavimentaciones.



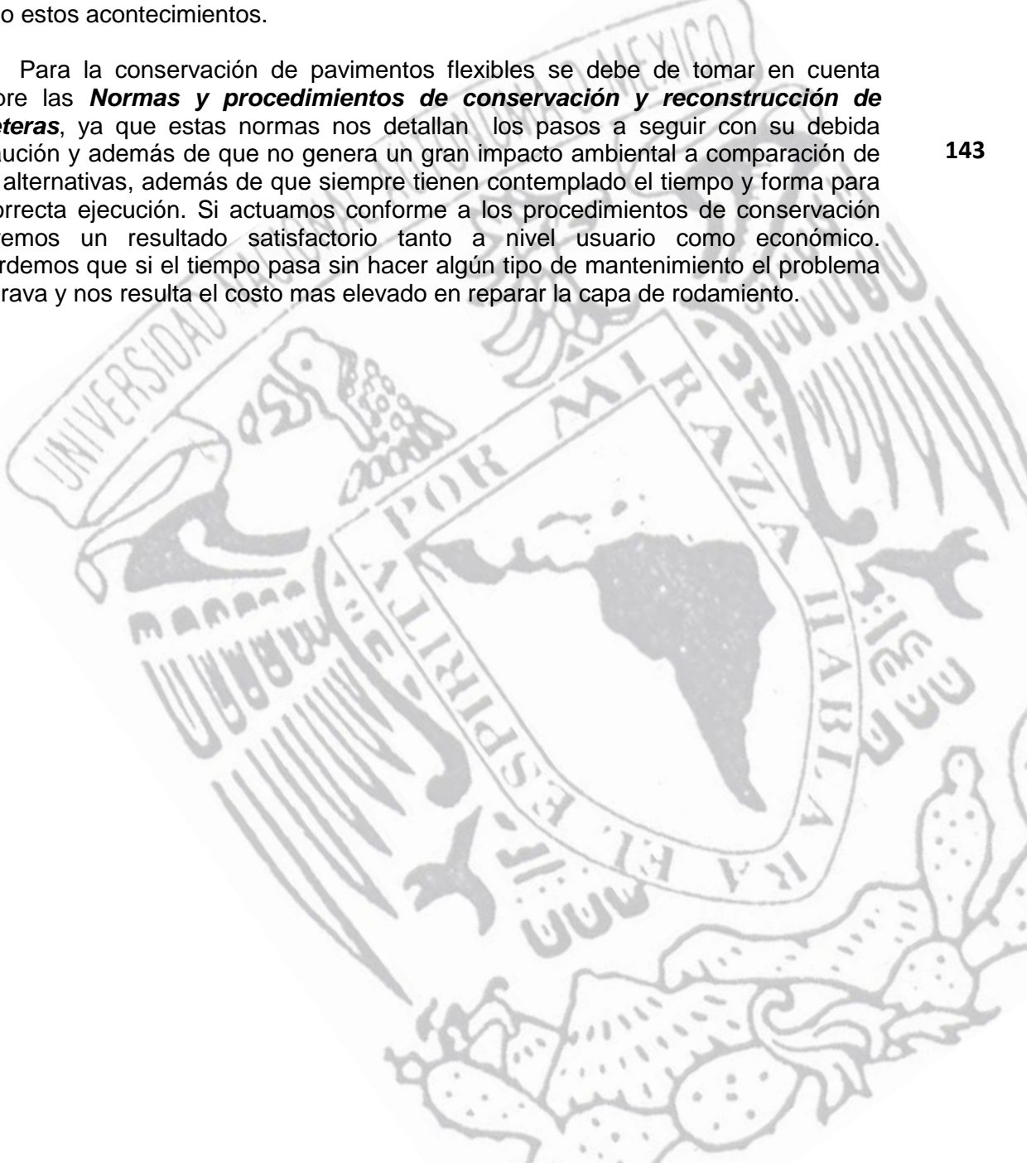


CONCLUSIONES.

Existen diferentes alternativas para conservar los pavimentos, en este caso flexible. En la actualidad debido al uso constante y al clima se va deteriorando poco a poco la capa de rodamiento. Se pueden presentar de diversas formas como; ahuellamiento, agrietamiento, baches y desprendimiento de la carpeta en capas considerables, ahora bien, para cada problema existe una solución viable y segura lo cual aumenta su costo y tiempo de reparación, lo cual nos puede ocasionar impacto ambiental debido a la alta demanda de tránsito de las calzadas.

Para que nuestra capa de rodamiento se encuentre en optimas condiciones de servicio es factible tener conciencia, tanto el usuario como el gobierno, para lograr lo anterior debemos de ser mas precavidos al conducir un automotor y respetar los señalamientos que se encuentran en cada calzada y respecto al gobierno deben de tener mas en cuenta una serie de mantenimiento de las carpetas asfálticas del país, ya que no tienen cuantificado todo el dinero que se ahorraría por atender en forma y tiempo estos acontecimientos.

Para la conservación de pavimentos flexibles se debe de tomar en cuenta siempre las **Normas y procedimientos de conservación y reconstrucción de carreteras**, ya que estas normas nos detallan los pasos a seguir con su debida precaución y además de que no genera un gran impacto ambiental a comparación de otras alternativas, además de que siempre tienen contemplado el tiempo y forma para un correcta ejecución. Si actuamos conforme a los procedimientos de conservación alojaremos un resultado satisfactorio tanto a nivel usuario como económico. Recordemos que si el tiempo pasa sin hacer algún tipo de mantenimiento el problema se agrava y nos resulta el costo mas elevado en reparar la capa de rodamiento.





BIBLIOGRAFIA.

Normas y procedimientos de conservación y reconstrucción de carreteras
Secretaría de Comunicaciones y Transporte

Ingeniería de pavimentos para carreteras
Ing. Alfonso Montejo Fonseca

ELVIRA M., José L. "introducción al reciclado de pavimentos" jornadas sobre maquinaria de reciclado de pavimentos, Madrid, 1982

BERDIÑAS, Mariano A., "sobre la acción de los polímeros en los cementos asfálticos" (primera parte). Comisión permanente del asfalto. Vigésima octava reunión del asfalto, 1995

FIZA LTDA "reciclaje de pavimentos asfáltico espumoso"

