



**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
DIVISION DE OBRAS PÚBLICAS**

**MOPT-02-01-09-001-2017**

**Procedimiento Sobre:**

**Sello Asfáltico Integrado No Estructural Con Emulsión Asfáltica**



**AUTORIZA**

**Ing. Ariel Vega León  
Director General a.i.  
División de Obras Públicas**

**San José, junio 2017.**

**MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES  
DIVISION DE OBRAS PÚBLICAS**

**PROCEDIMIENTO SOBRE:  
SELLO ASFÁLTICO INTEGRADO NO ESTRUCTURAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA**

**En la elaboración y revisión de este documento participaron los siguientes  
Ingenieros:**

**Ing. Ariel Vega León, D.O.P. MOPT**

**Ing. Juan Carlos Hernández Rodríguez, D.O.P. MOPT**

**Ing. Luis Mariano Ocampo Ruiz, Dirección de Ingeniería MOPT**

**Ing. Mario Campos Vega, Dirección de Ingeniería MOPT**

**Ing. Andrés Moya Herrera, Dirección de Ingeniería MOPT**

**Ing. Fabián Elizondo Arrieta, LANAMME UCR**

**Ing. Alonso Ulate Castillo, LANAMME UCR**

**Ing. Eduardo Barquero Soto, GIZ-MOPT**

**Ing. Juan Carlos Barrantes Alpízar, UEC-MOPT**

**Ing. Aníbal Sanabria Valverde, UEC-MOPT**

**San José, junio 2017.**

## **OBSERVACIONES**

**Se presenta el procedimiento que se debe cumplir para sellar las capas de rodadura existentes o nuevas compuestas por materiales granulares de diversa índole con emulsión asfáltica de rompimiento lento, ejecutadas por la División de Obras Públicas.**

## Tabla de contenido

INTRODUCCION .....	2
ANTECEDENTES.....	2
OBJETIVO .....	4
DESCRIPCIÓN. ....	4
SUSTENTO TÉCNICO .....	4
REQUISITOS. ....	5
1. Diseño.....	5
2. Condición de tránsito de la vía.....	5
3. Agregados .....	5
4. Material de secado para la aplicación de sello final.....	6
5. Emulsión asfáltica.....	6
6. Agua.....	6
METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MEZCLA.....	7
REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	8
EQUIPO.....	9
SECCIÓN DE PRUEBA .....	9
LIMITACIONES DEL CLIMA. ....	10
PREPARACIÓN DE LA SECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DE AGUA .....	10
DOSIFICACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....	11
CONFORMACIÓN, COMPACTACIÓN Y ACABADO. ....	11
SELLO DE IMPRIMACIÓN .....	12
MEDICIÓN.....	13
CONTROL DE CALIDAD. ....	13
PROCEDIMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA A MATERIAL GRANULAR. ....	16
DOCUMENTOS Y NORMAS DEREFERENCIA .....	16
RESUMEN DEL MÉTODO.....	16
EQUIPO .....	17
MATERIALES.....	17
ENSAYO PRELIMINAR: EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD (RECUBRIMIENTO Y ADHERENCIA) ..	18
PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA .....	20
REPORTE .....	21
RECOMENDACIONES.....	22

# **SELLO ASFÁLTICO INTEGRADO NO ESTRUCTURAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA**

## **INTRODUCCION**

Debido al interés de la División de Obras Públicas de contar con un procedimiento para el sellado de capas de rodadura compuestas por materiales granulares existentes o nuevos de diversa índole, utilizando Emulsión Asfáltica, así como contar con un mecanismo de control administrativo y, además, para asegurar la calidad y procurar la durabilidad de los trabajos realizados, se emite y se oficializa la siguiente Disposición:

**“SELLO ASFÁLTICO INTEGRADO NO ESTRUCTURAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA”**

## **ANTECEDENTES**

En Costa Rica el crecimiento poblacional, el cual está distribuido a lo largo y ancho del territorio nacional, históricamente ha demandado un incremento importante de la Red Vial para suplir las necesidades en sectores como el agrícola, ganadero, turismo, educación, salud, transporte, etc. En razón de estas necesidades, también se ha tenido que priorizar la atención de las diferentes clases de vías que componen la Red Vial, siendo que por las condiciones financieras del país, alrededor de 31.000,00 km de la Red Vial cuentan con una superficie de ruedo compuesta por materiales granulares expuestos o tierra, por lo que, en la mayoría de los casos, las actividades de conservación en esta Red a lo largo del tiempo, se han enfocado a la reposición de material proveniente de diversas fuentes.

En los últimos años, producto del aumento del tránsito vehicular por muchas de estas vías con superficie de ruedo en materiales granulares expuestos o tierra, se ha evidenciado, sustancialmente, un incremento en la afectación de la salud en los habitantes de las poblaciones vecinas a los caminos, esto como consecuencia

de los efectos contaminantes relacionados al levantamiento de partículas (polvo) debido a la circulación vehicular y a la acción del viento. Ante esta situación, la División de Obras Públicas, ha realizado esfuerzos en la ejecución de labores para la mitigación de polvo, resultado de acciones de inconstitucionalidad acogidas por la Sala Constitucional. A partir de múltiples experiencias en esta materia, se ha procedido con la implementación de los sellos asfálticos integrados no estructurales como una opción muy viable para solucionar esta problemática, especialmente en zonas donde es predominante la estación seca.

Adicionalmente, se ha podido constatar los beneficios que brinda esta técnica en cuanto a la reducción de las tasas de deterioro de la superficie de ruedo en vías no pavimentadas, especialmente en la estación lluviosa.

Históricamente se han realizado actividades propias de mantenimiento rutinario o periódico como bacheo mecanizado, relastrados, conformación, compactación, entre otras, las cuales, por su corta vida útil, se traducen en altos costos de mantenimiento y operación, y en una necesidad de atención permanente por parte de la Administración. Ante la demanda de recursos económicos que requiere el mantenimiento de estas vías, mediante las técnicas históricamente utilizadas, es deseable el desarrollo de nuevas alternativas de mantenimiento que permitan obtener vidas útiles mayores y mejores niveles de servicio al usuario, además de mitigar efectos por la contaminación mencionada.

A partir de lo anterior, es factible en la actualidad promover la implementación y puesta en práctica de la actividad “**SELLO ASFÁLTICO INTEGRADO NO ESTRUCTURAL CON EMULSIÓN ASFÁLTICA**” en superficies de ruedo expuestas, sometidas a la acción de tránsito vehicular bajo, lo cual, en conjunto con un adecuado sistema de drenaje, permita disminuir la infiltración de humedad en la estructura del camino, logrando mantener un adecuado nivel de servicio y reducir los costos de mantenimiento para la Administración.

## **OBJETIVO**

Recopilar, actualizar y ampliar la normativa existente sobre el uso de Emulsiones Asfálticas para el sellado de superficies de ruedo expuestas, compuestas por materiales granulares, ya sean heterogéneos u homogéneos, según el caso a intervenir, así como establecer el procedimiento para su aplicación, de modo tal que la Administración obtenga un mecanismo de control que garantice tanto el buen uso de los materiales, así como la calidad y la durabilidad de las intervenciones de sellado de la superficie de ruedo.

## **DESCRIPCIÓN.**

Esta actividad consiste en proveer una capa selladora que reduzca la generación de partículas (polvo) e inhiba la penetración de humedad a la estructura del camino en vías no pavimentadas, con el objetivo de disminuir la afectación en la salud de las poblaciones vecinas a estas vías. Además, permite disminuir la frecuencia de mantenimiento al impermeabilizar la superficie de ruedo, lo cual reduce la erosión hidráulica y aquella producida por el tránsito vehicular, lo cual conlleva a una mejora funcional y de durabilidad de la superficie de ruedo del camino.

## **SUSTENTO TÉCNICO**

La presente Disposición se soporta en los lineamientos establecidos en el CR-2010 y en el MCV-2015, y sus actualizaciones; dentro de los cuales se destacan, pero no se limita, a las secciones: 306 Estabilizador de polvo, 311 Capas Granulares de Rodadura, 312 Lastrado y 411 Tratamientos Superficiales Asfálticos, del CR-2010; y las secciones: 502 Reconformación de una Ruta en Lastre, 503 Reposición de Lastre o Colocación de Sobrecapa de Lastre, 507 Control de polvo mediante el riego de agua y otros agentes estabilizadores, del MCV-15. Adicionalmente, se soporta en el informe LM-PI-GM-INF-04-2016 “Sello integrado con emulsión asfáltica de rompimiento lento” del LANAMME UCR, de fecha 24 de octubre de 2016.

Como antecedente, se mencionan las buenas experiencias recabadas en el Programa Red Vial Cantonal PRVC-I MOPT/BID, con la aplicación de la especificación especial CR-422 desarrollada conjuntamente por el MOPT y GIZ.

## **REQUISITOS.**

### 1. Diseño

- Toda aplicación requiere, previo a su ejecución, la realización de un diseño de mezcla a nivel de laboratorio, con los materiales granulares y la emulsión asfáltica a ser empleados en el proyecto. Este diseño determinará la humedad óptima, la densidad máxima y las dosificaciones requeridas de emulsión asfáltica, así como la inclusión de cualquier otro componente requerido para garantizar el adecuado desempeño del sello asfáltico integrado no estructural; dentro de los que se podría contemplar la necesidad de incorporar uno o varios de los siguientes materiales: material granular correctivo, cemento, cal, aditivos, entre otros.

### 2. Condición de tránsito de la vía

- Se recomienda la aplicación de este tipo de intervención para rutas con TPD menor a 500 vehículos, y hasta un 15% de vehículos pesados, cuya responsabilidad queda en manos del profesional responsable.

### 3. Agregados

- a. Para el caso de utilización de los materiales granulares existentes en la vía:
  - Deben ser materiales pétreos o granulares, de características uniformes, libres de terrones de arcilla, material orgánico u otros elementos deletéreos.
  - Índice de Plasticidad (IP):  $IP \leq 10$ .
  - Granulometría:

<b>Malla</b>	<b>Porcentaje pasando/peso</b>
75 mm	100
N° 200 (5 µm)	≤ 20

- b. Para el caso en que se incorpore material granular nuevo a la vía:
- Adecuarse a los requerimientos establecidos en la subsección 703.05 Agregado para capas de sub-base y base.
4. Material de secado para la aplicación de sello final
- Debe estar conforme a lo estipulado en la subsección 703.10 Agregado para tratamiento superficial bituminoso del CR-2010, idealmente designación E.
5. Emulsión asfáltica
- Cumplimiento con los requerimientos establecidos en la sección 702.03 emulsión asfáltica. Se podrán emplear, tanto emulsiones catiónicas como aniónicas, de acuerdo a la disponibilidad en el mercado y a los resultados del diseño de mezcla a nivel de laboratorio.
- Cumplir con los requisitos que establece el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 75.01.22:04 productos de petróleo asfaltos.
- Nota. En casos de ejecución de obra mediante equipo recuperador de caminos, para el proceso de homogenización del material con la incorporación de la emulsión en el tambor mezclador, se podrá emplear emulsiones asfálticas de rompimiento medio, controlado o rápido, previa verificación a nivel de laboratorio (diseño de mezcla) y tramo de prueba en campo para garantizar su adecuado comportamiento.
6. Agua
- Suministrar agua libre de sales solubles dañinas, químicos reactivos o cualquier otro contaminante que cause detrimentos en el trabajo.
  - Deberá verificarse que el nivel de pH del agua no sea incompatible con la emulsión asfáltica.

## **METODOLOGÍA DE DISEÑO DE MEZCLA**

Previo a la ejecución de la obra y para efectos del Diseño de Mezcla, se deberán realizar sondeos de espesores y propiedades de los materiales, especialmente para cuando se utilicen los materiales existentes en sitio para la construcción del sello integrado. Es necesario identificar la presencia de diferentes tramos dentro del proyecto, los cuales podrían requerir un diseño de mezcla diferenciado para cada tramo dentro de un mismo proyecto. Sitios puntuales donde se identifiquen requerimientos adicionales, en cuanto a la transitabilidad de la vía, se recomienda su corrección previa a la intervención, a criterio del ingeniero responsable. Durante estos sondeos, será necesaria la extracción de muestras representativas, las cuales se emplearán en la etapa de diseño de mezcla del sello asfáltico integral no estructural.

En casos donde el proyecto contemple la incorporación de material granular, con el cual se estaría realizando el sello asfáltico integrado, para el diseño de la mezcla deberán incorporarse muestras representativas de este material granular, obtenidas de los correspondientes acopios.

La metodología a ser aplicada para el diseño de mezcla de los sellos asfálticos integrados no estructurales, se describe en detalle en el anexo A adjunto a la presente disposición.

## **REQUERIMIENTOS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN**

Antes de iniciar las actividades constructivas en el proyecto, se deben colocar dispositivos de seguridad de tipo preventivo y regulatorio, necesarios para asegurar el control adecuado del tránsito; además, verificar que todo el personal disponga de la vestimenta obligatoria y en buen estado. Para tal efecto se debe considerar lo dispuesto en el capítulo 6 del Manual Centroamericano de Dispositivos y Señales de Tránsito de la SIECA.

El Director Regional, el Ingeniero de Proyecto o el Gerente de Obras, con base en la dosificación obtenida mediante el respectivo diseño de mezcla, proporcionado por el Laboratorio, deberá calcular la cantidad total de litros de emulsión que utilizará en la estabilización de la capa de ruedo, en el sello de acabado final y en el o los paños de prueba, y procederá a elaborar la respectiva solicitud de materiales para el trámite correspondiente.

El trabajo deberá iniciarse con una preparación previa de la superficie del camino y sus componentes, de acuerdo con lo establecido en la sección 303.07 Reacondicionamiento de la calzada, del CR-2010. Es importante resaltar la necesidad de eliminar manualmente las partículas mayores a 75 mm y aquellos materiales inadecuados que causen detrimento en el desempeño de la técnica.

Se continuará con la escarificación y homogenización de un espesor de 50 mm de la capa de ruedo (compuesta por materiales nuevos o existentes). Posteriormente se aplicará, mediante riegos sucesivos, el agua y la emulsión con la dosificación establecida en el diseño de mezcla, mezclando uniformemente los materiales.

Por frente de trabajo, la obra se ejecutará en tramos de una longitud tal que el proceso de construcción del sello se complete en un plazo máximo de 3 horas, de ser convenido, realizando primero un carril y luego el otro. No se debe dejar ninguna sección sin compactar por más de 1 hora. No se debe permitir la apertura

al tránsito sobre la superficie tratada hasta que el sello integrado haya curado lo suficiente para evitar el levantamiento excesivo de partículas por el tráfico.

Los trabajos descritos se ejecutarán conforme a la normativa ambiental vigente.

## **EQUIPO**

Los equipos necesarios para la adecuada ejecución de esta actividad son al menos:

- Motoniveladora. También podrán utilizarse recuperadoras de caminos.
- Compactadora de suelos, aunque es recomendable una compactadora de doble rodillo liso para mejorar acabados, especialmente en los bordes de la calzada
- Compactadora llanta de hule. Su uso es necesario para eliminar agrietamiento fino que se genera durante la etapa de curado. Además, se deberá compactar con este equipo previo a la colocación del sello de imprimación y material de secado, con el objetivo de eliminar cualquier agrietamiento a nivel de superficie que pudiera presentarse.
- Tanque de agua
- Camión distribuidor de emulsión asfáltica

## **SECCIÓN DE PRUEBA**

Para la o las dosificaciones de emulsión asfáltica que se determinen a través del diseño de mezcla a nivel de Laboratorio, el Director Regional, el Ingeniero de Proyecto o el Gerente de Obras, deberá construir los respectivos paños de prueba, mediante los cuales establecerá la o las diferentes fórmulas de trabajo. Se deben documentar los resultados obtenidos para incorporarlos en el expediente de la obra.

La ubicación de la sección de prueba será definida por el Ingeniero Responsable del Proyecto. Para que estos paños tengan representatividad deberán contar con una longitud mínima de 100 metros, un espesor de 50 mm y del ancho del carril

de la sección a intervenir.

La construcción del tramo de prueba requiere la aplicación de los mismos procesos de conformación, incorporación de la emulsión, homogenización y compactación que se aplicarán en la ejecución del proyecto. Se iniciarán las actividades del proyecto después que los materiales y el tramo de prueba sean evaluados y aceptados por el Director Regional, el Ingeniero de Proyecto o el Gerente de Obras.

### **LIMITACIONES DEL CLIMA.**

Las operaciones del sello integrado no deben ejecutarse cuando esté lloviendo o cuando las condiciones atmosféricas no permitan llevar a cabo correctamente el proceso constructivo. En caso de presentarse una condición con neblina que pueda afectar la seguridad de los usuarios o trabajadores debe suspenderse la actividad.

El material que sea dañado por precipitaciones, debe ser reprocesado o reparado por métodos aprobados según criterio del Director Regional, el Ingeniero de Proyecto o el Gerente de Obras.

### **PREPARACIÓN DE LA SECCIÓN Y DOSIFICACIÓN DE AGUA**

La sección debe ser escarificada a una profundidad de 50 mm y adicionar el agua ajustando el contenido de humedad dentro de un rango de 2% del contenido de humedad óptimo, considerando como referencia la humedad óptima reportada en el Diseño de Mezcla elaborado por el Laboratorio, proveniente del ensayo AASHTO T 180, método D, con los ajustes que el Director Regional o el Ingeniero de Proyecto determine con base en los resultados del paño o los paños de prueba y las condiciones prevalecientes en el momento de ejecución de los trabajos. También se debe considerar la porción de agua aportada por la emulsión asfáltica al momento de su integración.

## **DOSIFICACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.**

Para la aplicación del riego de emulsión asfáltica se adoptará la fórmula de trabajo que razonablemente se defina en el paño de prueba. Se recomienda calentar la emulsión asfáltica a una temperatura entre 50 y 60 °C, con el objetivo de evitar el rompimiento prematuro de la emulsión debido al aumento en la presión y efecto cortante durante el bombeo e inyección a través de la barra de aspersión.

La velocidad del camión distribuidor, así como la altura, el ángulo de las boquillas y la presión de bombeo de la barra de aspersión deberán ser ajustados, para con ello garantizar un riego continuo y uniforme del material ligante a lo largo y ancho de la superficie de riego y así cumplir con la dosificación, conforme a la fórmula de trabajo establecida.

## **CONFORMACIÓN, COMPACTACIÓN Y ACABADO.**

La mezcla debe ser homogenizada hasta que todas las partículas estén uniformemente recubiertas con la emulsión. La compactación debe realizarse con una o más pasadas de los compactadores y continuar hasta que no se observe ningún desplazamiento, iniciando en los bordes y avanzando hacia el centro, de forma paralela a la línea de centro de la carretera. A lo largo de cordón, cabezales, muros y otras zonas que no sean accesibles con el rodillo compactador, se compactará el material con compactadores manuales u otros equipos aceptados por el Director Regional, Ingeniero de Proyecto o el gerente de obras. De ser requerido, deben conducirse los equipos utilizados en el proyecto de manera uniforme sobre todo el ancho de la superficie para minimizar la formación de surcos, grietas o una compactación irregular.

Se debe compactar la capa en todo el ancho de la sección hasta obtener una densidad igual o mayor al 95% de la densidad máxima obtenida del ensayo AASHTO T 180, método D. Se determinará la densidad en campo de acuerdo al método AASHTO T 310 u otros procedimientos aprobados por el Director Regional, el Ingeniero de Proyecto o el Gerente de Obras.

Después de efectuado el proceso del sello integrado, no se debe permitir la circulación vehicular sobre la mezcla, hasta que la capa logre el grado de transitabilidad suficiente, según resultados obtenidos en el paño de prueba, y de acuerdo con el criterio del Director Regional, el Ingeniero de Proyecto o el Gerente de Obras.

Al finalizar, se deberá realizar limpieza y retiro del material sobrante, especialmente en las cunetas. Concluidas las labores se procederá a retirar los dispositivos de seguridad en orden inverso a como fueron colocados.

### **SELLO DE IMPRIMACIÓN**

Una vez que la sección de la capa integrada alcance la transitabilidad deseada y con un máximo de 3 días, se procederá a realizar el sello de imprimación de acabado final, aplicando la emulsión asfáltica y el material de secado a las tasas de dosificación definidas en el paño de prueba.

De previo a la aplicación del riego de imprimación, se deberá barrer y humedecer la superficie con agua por medio de aspersores. Se deberá asegurar que la superficie esté libre de material suelto y de otros materiales que afecten la calidad de las obras.

En los casos donde se presenten agrietamientos finos, en la superficie previo a la colocación del sello de imprimación, será requerido el uso de un compactador llanta de hule para sellar estas grietas previo al riego de imprimación.

Para la aplicación de la emulsión, se debe ajustar la barra de aspersión y controlar la velocidad del camión distribuidor, para garantizar un riego continuo y uniforme. La tasa de aspersión de la emulsión asfáltica es de 0,8 a 1,35 L/m<sup>2</sup>.

Se distribuirá y compactará el material de secado de manera uniforme

inmediatamente después de aplicar la emulsión y previo a que esta rompa. Se deberán corregir los excesos y deficiencias de material hasta lograr una textura uniforme.

Se recomienda realizar este sello de conformidad con lo establecido en designación E de la tabla 703-11 “Rangos requeridos para la granulometría en tratamientos superficiales de simple y múltiple capa”, del CR-2010, sin embargo, en caso de no contar con dicho material, podrá emplearse la designación F de la tabla arriba indicada del CR-2010. Las cantidades de materiales serán ajustadas con base en la evaluación de los tramos de prueba.

### **MEDICIÓN.**

La medida final será la cantidad de metros cuadrados de área tratada, de acuerdo con el procedimiento descrito en este documento.

### **CONTROL DE CALIDAD.**

El control de calidad y la evaluación del sello integrado se realizarán verificando los siguientes parámetros:

#### 1. Diseño de mezcla:

- a. Determinar la dosificación de la emulsión asfáltica y de cualquier otro componente necesario para el desempeño óptimo de la mezcla.
- b. Determinar la humedad óptima y densidad teórica máxima.

#### 2. Emulsión asfáltica:

- a. El material adquirido debe cumplir con el certificado de calidad correspondiente, de conformidad con lo estipulado en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 75.01.22:04.
- b. Tasa de dosificación: se debe verificar el punto de riego de cada tanque distribuidor de asfalto.

3. Sello asfáltico integrado:

- a. Pendiente transversal: se debe asegurar que la pendiente transversal se mantenga en el rango de 6% - 8%.

## ANEXO A

### Metodología de Diseño para Sellos Asfálticos integrados no estructurales

<b>Material/Producto</b>	<b>Característica</b>	<b>Tipo de aceptación</b>	<b>Frecuencia de muestreo</b>
Diseño de mezcla	Dosificación	Informe	1 por diseño de mezcla suministrado
	Humedad		
	Densidad máxima		
Emulsión Asfáltica	Calidad	Certificado de calidad correspondiente	1 por cada camión cisterna entregado en el proyecto
	Tasa de aspersión	Punto de riego	1 por cada tanque distribuidor de emulsión por día
Sello asfáltico integrado	Compactación	Ensayo y medición	1 por cada 2500 m <sup>2</sup>
	Contenido de humedad		
	Pendiente transversal	Medición	1 a cada 20 m o a cada 10 m en zonas críticas y en curvas

## **PROCEDIMIENTO PARA LA DOSIFICACIÓN DE EMULSIÓN ASFÁLTICA A MATERIAL GRANULAR.**

---

### **DOCUMENTOS Y NORMAS DEREFERENCIA**

---

- Tecnología de Reciclado en frío Wirtgen2012. 1era Edición
- Guía Técnica: Materiales estabilizados con bitumen. Asphalt Academy. 2009. 2nda Edición
- Informe LM-PI-GM-INF-04-2016 Sello integrado con emulsión asfáltica de rompimiento lento. LANAMME UCR. 2016.
- Manual básico de emulsiones asfálticas (MS-19). Instituto del Asfalto.
- DISPOSICIÓN DOP-2011- 01. División de Obras Públicas, MOPT
- AASHTOT-180
- INTE04-01-10-06
- INTE04-01-11-06
- INTE04-01-05-05

### **RESUMEN DEL MÉTODO**

---

El material granular es homogenizado con emulsión asfáltica dosificada en un rango que generalmente oscila entre un 2% y un 3% de cemento asfáltico por peso. Estas mezclas se utilizan para determinar la densidad máxima y humedad óptima mediante la prueba Próctor Modificado. Posteriormente se moldean probetas con el método Marshall que serán falladas para determinar tensión diametral. Seguidamente se analizan los resultados para escoger el porcentaje de emulsión adecuado; para finalizar se reportan los resultados y se recomienda una dosificación de emulsión para aplicar en campo.

## **EQUIPO**

---

El equipo requerido para ejecutar este procedimiento deberá cumplir con lo indicado en las normas de referencia AASHTO T-180, INTE 04-01-10-06, INTE 04-01-11-06 e INTE 04-01-05-05.

## **MATERIALES**

---

Previo al inicio del procedimiento de dosificación los materiales a utilizar deberán ser analizados.

### 4.1 Material granular (nuevo y/o existente):

- Granulometría, AASHTO T-27.
- Límites, AASHTOT-89.
- Abrasión, AASHTO T-96.
- Caras fracturadas, ASTM D-5821.
- Partículas planas y alargadas, ASTM D-4791.

### 4.2 Emulsión asfáltica:

- Densidad, AASHTO T-59.
- Residuo por evaporación, AASHTO T-59.
- Ensayo de desnudamiento y adherencia, AASHTO T-182.

## 2. ENSAYO PRELIMINAR: EVALUACIÓN DE COMPATIBILIDAD (RECUBRIMIENTO Y ADHERENCIA)

---

El ensayo de recubrimiento y adherencia (Asphalt Institute, 1998) determina la compatibilidad química entre el agregado y la emulsión a ser utilizada.

5.1 Determinar del contenido óptimo de fluido total ( $W_{OFC}$ ) (agua y emulsión asfáltica), para el material granular a ser empleado. Se realiza el ensayo de relación densidad-humedad (Próctor modificado), hasta obtenerse el valor de mayor densidad.

5.2 Determinación de la cantidad de emulsión a utilizar por probeta utilizando la siguiente fórmula:

$$\%_{emul} = \left( \frac{RB_{reqd}}{PBE} \right) \times M_{muestra}$$

Donde,

$M_{emul}$ : masa de emulsión asfáltica agregada (g).

$RB_{reqd}$ : porcentaje de residuo asfáltico requerido (%).

$PBE$ : porcentaje de asfalto en la emulsión (%).

$M_{muestra}$ : masa seca de la muestra (g).

5.3 Determinada la densidad máxima y humedad óptima para cada porcentaje de cemento asfáltico se procede a realizar especímenes tipo Marshall siguiendo la metodología de la norma INTE 04-01-10-06, la cantidad de emulsión asfáltica en cada espécimen se debe calcular aplicando la fórmula indicada en la sección 5.2 y para la cantidad de agua a utilizar por espécimen usar la siguiente fórmula:

$$M_{agua} = \left\{ \frac{(W_{OFC} - W_{seco\ aire})}{100} \times M_{muestra} \right\} - M_{emul}$$

Donde,

$M_{\text{agua}}$ : masa de agua requerida (g).

$W_{\text{OFC}}$ : contenido de fluido óptimo (%), obtenida en la sección 5.1.

$W_{\text{seco aire}}$ : contenido de humedad de la muestra seca al aire (%).

$M_{\text{muestra}}$ : masa seca de la muestra (g).

$M_{\text{emul}}$ : masa de emulsión asfáltica agregada (g).

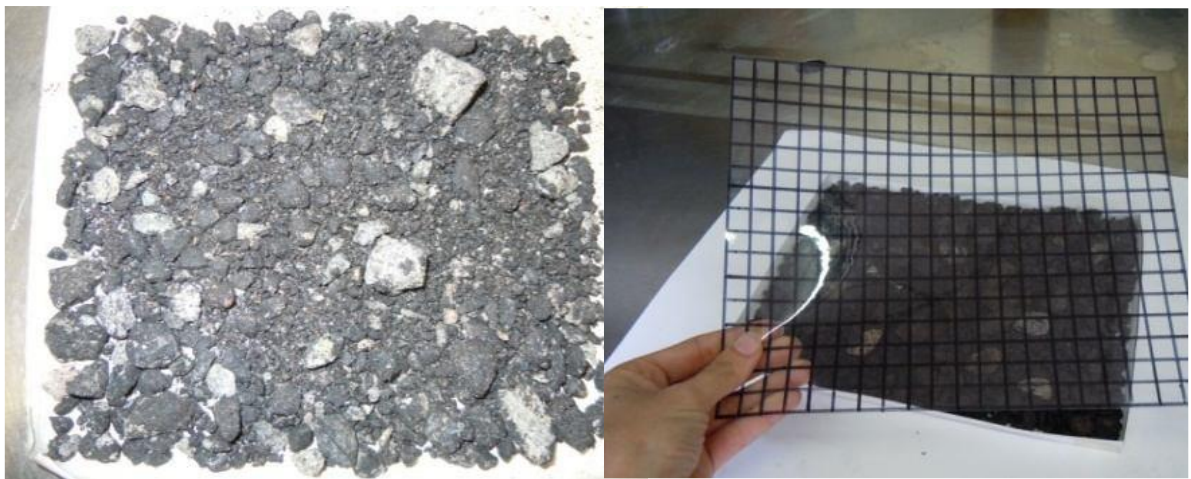
5.4 Preparar muestras de agregado de 500 g, emulsión asfáltica (2%, 2.5% y 3%) y agua (correspondiente al óptimo identificado mediante el punto anterior), los cuales se mezclan y se dejan curar por 24 horas a 60°C.

5.5 Determinar el recubrimiento de forma visual, al tomar la muestra de 500 g y mediante el uso de una cuadrícula y de forma visual se determina el porcentaje de material recubierto con asfalto.

5.6 Tomar una muestra de 100 g del material curado y colocarlo en agua hirviendo por un período de 3 minutos.

5.7 Dejar secar y determinar el porcentaje de adherencia de forma visual mediante el uso de una cuadrícula. El valor mínimo recomendado por el Asphalt Institute es de 60%.

Figura N° 1. Ensayo de recubrimiento y adherencia



Fuente: extraído del Informe LM-PI-UGM-INF-04-2016, LANAMME UCR.

### 3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE MEZCLA

---

6.1 Un mínimo de 8 especímenes tipo Marshall se compactarán para cada porcentaje de cemento asfáltico (2%, 2.5% y 3%). Los especímenes deben tener el mismo tipo de agregado, calidad y granulometría, la misma fuente de emulsión asfáltica, tipo y cantidad. Además, los especímenes deben tener la misma preparación, esto es, temperaturas, enfriamiento, compactación y curado.

6.2 Los especímenes compactados y desmoldados se colocan en una superficie lisa y plana. Se debe de acondicionar (curar) todos los especímenes moldeados por un periodo de 72 horas, a una temperatura de  $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  en horno con aire forzado.

NOTA: Para las temperaturas de moldeo y compactación de las probetas y especímenes se ejecutan bajo las condiciones ambientales predominantes en el laboratorio.

6.3 Determinar la densidad bruta de cada espécimen utilizando la siguiente fórmula:

$$DB = \frac{(4 \times M_{prob})}{(\pi \times d^2 \times h) \times 1000}$$

Donde,

DB: densidad bruta ( $\text{kg}/\text{cm}^3$ )

$M_{prob}$ : masa de la probeta (g).

d: diámetro de la probeta (cm).

h: altura promedio de la probeta (cm).

NOTA: Excluya cualquier espécimen cuya densidad bruta difiera del promedio en más de  $50 \text{ kg}/\text{m}^3$ .

6.4 Utilizar al menos 4 especímenes para el ensayo de tensión diametral indirecta

retenida siguiendo el procedimiento INTE 04-01-05-05, con la excepción de los apartados 7, 9 y 10 de la norma INTE04-01-05-05. Los especímenes compactados, desmoldados y curados se colocan en una superficie lisa y plana durante el enfriamiento, para posteriormente realizar la correspondiente falla.

6.5 Utilizar al menos 4 especímenes para el ensayo de tensión diametral indirecta retenida (saturadas) siguiendo el procedimiento INTE 04-01-05-05, con la excepción de los apartados 7, 9 y 10 de la norma INTE 04-01-05-05 y serán colocados en un baño de agua por un periodo de 24 h a la temperatura de ensayo,  $25 \pm 1$  °C ( $77 \pm 1.8$ °F).

6.6 La Razón de Resistencia Retenida (ITS) "Tensile Strength Ratio (TSR)", es la relación entre la de tensión diametral indirecta retenida ( $ITS_{seco}$ ) y la tensión diametral indirecta retenida (saturadas) ( $ITS_{saturado}$ ), expresada como porcentaje usando la siguiente fórmula:

$$\%ITS = \frac{ITS_{saturado}}{ITS_{seco}} \times 100$$

#### 4. REPORTE

---

7.1 El reporte debe incluir:

- 7.1.1 Densidad bruta de cada especimen y el promedio ( $\text{kg/m}^3$ ).
- 7.1.2 Valores de Resistencia a la tracción indirecta (kPa) de cada especimen y el promedio.
- 7.1.3 Valores de Resistencia a la tracción indirecta (saturados) (kPa) de cada especimen y el promedio.

7.1.4 Valor de Razón de Resistencia Retenida (%ITS).

7.1.5 El porcentaje de emulsión recomendado.

7.1.6 Resultado de la dosificación (L/m<sup>2</sup>).

## **5. RECOMENDACIONES**

---

Respecto a los resultados de las pruebas de esfuerzos de tensión indirecta (ITS) obtenidos durante el diseño de mezcla del sello asfáltico integral no estructural, los mismos deberán cumplir con los siguientes resultados:

- ITS muestra seca > 125 kPa
- ITS muestra condicionada > 50 kPa