



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

EXPERIENCIA DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTOS EN EL SALVADOR

Alejandro Vargas-Gutiérrez

Lima, enero del 2016

FACULTAD DE INGENIERÍA

Máster en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial

Vargas, A. (2016). *Experiencia de diseño de micropavimentos en El Salvador* (Tesis de Máster en Ingeniería Civil con Mención en Ingeniería Vial). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Lima, Perú.



Esta obra está bajo una [licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

[Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura](#)

UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA MÁSTER EN INGENIERÍA CIVIL CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA VIAL



“EXPERIENCIA DE DISEÑO DE MICROPAVIMENTOS EN EL SALVADOR”

Tesis para optar el grado de máster en Ingeniería Civil
con mención en Ingeniería Vial

Ing. Alejandro Marcial Vargas Gutiérrez

Asesor: Ing. Germán A. Gallardo Zevallos

Lima, enero 2016

**A mi familia por su apoyo
constante y comprensión.**

**A mi madre por su sacrificio en mi
educación.**

Prólogo

En la actualidad, el país viene promoviendo la inversión privada mediante el mecanismo de Asociaciones Público-Privadas, más conocidas como las APPs. Este mecanismo ha permitido concesionar diversas carreteras de la red vial nacional por periodos de 25 a 30 años, teniendo en la actualidad más de 5 mil kilómetros de vías concesionadas.

Los concesionarios o empresas concesionarias, para una mejor *performance* de la infraestructura vial en el tiempo, vienen utilizando diversas tecnologías que satisfagan los requerimientos técnicos y económicos; una de las tecnologías más utilizadas son los micropavimentos. Esta tecnología se enmarca dentro de los mantenimientos viales debido a que con ello se conserva en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial.

Ahora, es necesario brindar herramientas a nuestros profesionales para que se encuentren en la vanguardia de las tecnologías, por ende, el humilde desarrollo de la presente tesis “Experiencia de diseño de micropavimentos en El Salvador” con el fin de facilitar una experiencia más de diseño, distinto al de nuestro país, para coadyuvar a la mejora constante de los profesionales y de nuestras vías de comunicación.

Resumen

Mediante la presente tesis, se plantea dotar de una nueva experiencia para el diseño de micropavimentos vinculados a la realidad peruana.

La metodología empleada ha sido la recomendada por la norma ISSA A-143, versión febrero 2010, realizándose una comparación con las normas peruanas EG 2013 del MTC.

Los resultados han sido, a nuestro modesto modo, satisfactorios, pues desarrollamos un mecanismo más para el diseño de micropavimentos. Como se ha referido, para un buen diseño se necesita un poco de arte y conocimientos, pues las normas ISSA A-143, indican los parámetros y ensayos que cada componente de la emulsión y/o micropavimento debe cumplir, pero NO manifiesta un procedimiento o metodología a seguir.

La conclusión más importante, a nuestro parecer, es que los diseños de micropavimento están estrechamente vinculados a la realidad de cada país (clima, temperatura, tipo de material humedad etc.), por lo cual es indispensable para un buen diseño, que los materiales sean de la zona y muchas veces, que los ensayos se hagan en las condiciones climatológicas del lugar donde se va a aplicar el micropavimento.

Índice

	Pág.
Introducción	01
Capítulo 1	03
Conceptos fundamentales para diseño de micropavimento	
1.1 Emulsiones asfálticas	03
1.1.1 Reseña histórica de emulsiones asfálticas	03
1.1.2 Conceptos y tipos de emulsiones asfálticas	04
1.1.2.1 Concepto de emulsión	04
1.1.2.2. Emulsionante	05
1.1.2.3 Importancia del tamaño de la partícula de la fase discreta en una emulsión	06
1.1.2.4 Tipos de emulsiones	07
1.1.2.5 Clasificación de emulsiones asfálticas	08
1.1.2.5.1 Por su tipo de carga eléctrica	08
1.1.2.5.2 Por su velocidad de rotura	09
1.1.3 Propiedades y característica de las emulsiones asfálticas	12
1.1.3.1 Propiedades de la emulsión asfáltica	12
1.1.3.1.1 Propiedades intrínsecas	12
1.1.3.1.2 Propiedades que condicionan el comportamiento de las emulsiones asfálticas	13
1.1.3.2 Características de la emulsión asfáltica	14
1.1.3.2.1 Estabilidad de la emulsión asfáltica	14
1.1.3.2.2 Inestabilidad de la emulsión asfáltica	15
1.1.3.2.3 Sedimentación	15
1.1.3.2.4 La floculación	15
1.1.3.2.5 Coalescencia	16
1.1.3.3 Rompimiento de emulsiones asfálticas	16
1.1.3.3.1 Concepto de rotura de emulsión asfáltica	16
1.1.3.3.2 Mecanismos de rotura de la emulsión	17
1.1.3.4 Curado e emulsión asfáltica	22
1.2 Micropavimentos	23
1.2.1 Historia de los micropavimentos	23
1.2.2 Concepto de micropavimento	23
1.2.3 Usos del micropavimento	24
1.2.4 Ventajas de uso de micropavimento	24
1.2.5 Normas de diseño y performance	24

Capítulo 2

Descripción conceptual de los ensayos realizados y normas de aplicación	27
2.1 Ensayos para los agregados	27
2.1.1 Ensayos de clasificación de los agregados	27
2.1.1.1 Análisis del agregado fino y agregado grueso	
2.1.1.2 <i>Filler</i> mineral para pavimentos bituminosos y especificaciones técnicas	28
2.1.1.3 Gravedad específica y absorción del agregado fino	28
2.1.2 Propiedades de consenso	29
2.1.2.1 Peso unitario del agregado fino	29
2.1.2.2 Contenido de arcilla del agregado fino	29
2.1.3 Propiedades de fuente de origen	29
2.1.3.1 Resistencia a la abrasión	29
2.1.3.2 Solidez mediante la utilización de sulfato de sodio y sulfato de magnesio	30
2.1.3.3 Absorción de azul metileno	31
2.2 Ensayos de la emulsión asfáltica y residuo	31
2.2.1 Ensayos de caracterización de la emulsión de diseño (ASTM D-244)	32
2.2.1.1 Residuo por destilación	32
2.2.1.2 Viscosidad	32
2.2.1.3 Prueba de la malla	33
2.2.1.4 Estabilidad de almacenamiento	33
2.2.2 Ensayos de caracterización del residuo asfáltico de la emulsión	33
2.2.2.1 Punto de ablandamiento	33
2.2.2.2 Penetración	34
2.2.2.3 Solubilidad en tricloroetileno	34
2.2.2.4 Ductibilidad	34
2.3 Ensayos del diseño de micropavimento	34
2.3.1 Especificaciones para los ensayos de diseño del micropavimento	34
2.3.2 Ensayos generales	36
2.3.2.1 Método del área de superficie para el diseño de la mezcla del micropavimento: Cálculo porcentaje teórico de emulsión requerido (TB-118)	37
2.3.2.2 Procedimiento de pruebas de mezcla para diseño de micropavimentos: Examinación y evaluación del <i>performance</i> de la mezcla (TB-113)	37
2.3.2.3 Medición de la consistencia de la mezcla del micropavimento: Cálculo del rango porcentaje humedad en el mezclado óptimo (TB-106)	37
2.3.2.4 Método de prueba para clasificar sistemas de mezclas de agregado-asfalto emulsificado, según la medida del probador de cohesión modificado, de las características de curado inicial y apertura al tráfico: cálculo del porcentaje teórico de <i>Filler</i> mineral de diseño (TB-139)	37
2.3.2.5 Prueba de desnudamiento en húmedo para mezclas curadas de lechada asfáltica (TB-11)	38
2.3.3 Ensayos para <i>performance</i> de diseño	38
2.3.3.1 Método de prueba para la abrasión en húmedo de superficies de mezcla:	38

cálculo de porcentaje mínimo de emulsión de diseño -WTAT (TB-100)	38
2.3.3.2 Método de prueba para la medición del exceso de emulsión asfáltica en la mezcla del micropavimento por el uso del probador de rueda cargada y adhesión de arena: cálculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño- LWT (TB-109)	39
2.3.4 Ensayo de compatibilidad y comportamiento a largo plazo	39
2.3.4.1 Método de ensayo para la clasificación de la compatibilidad del agregado Filler-ligante por los procedimientos <i>Schlze-Breuer</i> y <i>Ruck</i> (TB-144)	39
2.3.4.2 Medición de la estabilidad y resistencia a la compactación, vertical y lateral desplazamiento de mezclas de agregado fino en frío multicapa: cálculo de los rangos aceptables de compactación y desplazamiento del sistema de mezcla (TB-147)	39
Capítulo 3	
Flujos para diseño de micropavimentos y resultados de ensayos	41
3.1 Diagrama de flujo de diseño de micropavimento	41
3.1.1 Paso N° 01.- Agregados y filler	41
3.1.2 Paso n° 02.- Absorción de azul metileno: TB-145	42
3.1.3 Paso n° 03.- Calidad de la emulsión asfáltica ASTM D-2397 y AASHTO M-208	42
3.1.4 Paso n° 04.- Cálculo del porcentaje teórico de la emulsión: TB-118	44
3.1.5 Paso n° 05.- Examinación y evaluación de <i>performance</i> de la mezcla (TB-113)	45
3.1.6 Paso n° 06.- Cálculo del rango de porcentaje de humedad óptimo en la mezcla: TB – 106	45
3.1.7 Paso n° 07.-Cálculo del porcentaje teórico de <i>filler</i> de diseño (TB-139)	46
3.1.8 Paso n° 08.- Prueba de desnudamiento en húmedo (TB – 114)	47
3.1.9 Paso n° 09.- Cálculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño “WTAT”, abrasión en húmedo (TB – 100)	48
3.1.10 Paso n° 10.- Cálculo del porcentaje máximo de emulsión de diseño “LWT”, rueda cargada (TB – 109)	49
3.1.11 Paso n° 11.- Cálculo del porcentaje óptimo de emulsión (TB– 100 y TB – 109)	50
3.1.12 Paso N° 12.- Compatibilidad del agregado <i>filler</i> ligante <i>Schulze-Breuer</i> (TB 144)	51
3.1.13 Paso n° 13.- Rangos aceptables de compactación y desplazamiento (TB – 147)	53
3.2 Resultados de ensayos	
3.2.1 Agregados	54
3.2.1.1 Ensayos de la clasificación de agregados	54
3.2.1.1.1 Análisis del agregado fino y agregado grueso	54
3.2.1.1.2 Filler mineral para pavimentos bituminosos y especificaciones técnicas	55
3.2.1.1.3 Gravedad específica y absorción del agregado fino	55
3.2.1.2 Propiedades de consenso	56
3.2.1.3 Propiedades de fuente de origen	56

3.2.1.3.1 Resistencia a la abrasión (máquina de los Ángeles)-tenacidad	56
3.2.1.3.2 Solidez mediante la utilización de sulfato de sodio y Sulfato de magnesio	57
3.2.2 Ensayos del asfalto emulsionado y residuo	58
3.2.2.1 Ensayos de caracterización de la emulsión de diseño (ASTM D 244)	58
3.2.2.1.1 Residuo por destilación	58
3.2.2.1.2 Viscosidad	59
3.2.2.1.3 Prueba de malla	59
3.2.2.1.4 Estabilidad de almacenamiento	59
3.2.2.2 Ensayos de caracterización del residuo asfáltico de la emulsión	60
3.2.3 Ensayos de diseño para el micro pavimento	60
3.2.3.1 Ensayos generales	60
3.2.3.2 Ensayos para performance de diseño	67
3.2.3.3 Ensayo de compatibilidad y comportamiento a largo plazo	68
3.3 Resumen de resultados de ensayos	71

Capítulo 4

Diseño definitivo de micropavimento

4.1 Diseño del porcentaje óptimo de emulsión	73
4.2 Interpretación de los resultados	75
4.3 Comparación de diseño entre norma peruana y la utilizada en El Salvador	77
4.3.1 Ensayos a los agregados	77
4.3.2 Ensayos a la emulsión y residuo	79
4.3.2.1 Emulsión	79
4.3.2.2 Residuo asfáltico	80
4.3.3 Ensayos para diseño de micropavimento	81
4.3.4 Otras consideraciones	81
4.3.5 Cuadro comparativo	83

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

Introducción

La presente tesis tiene por objetivo dotar de una opción procedimental para el diseño de micropavimentos en el Perú, mediante el suministro de mayores alcances, mecanismos y recomendaciones; adecuándose a la realidad nacional. En tal sentido, se plantea, inicialmente, la descripción de la parte teórica de emulsiones asfálticas y micro pavimentos, siguiendo con las especificaciones técnicas de los ensayos a efectuar y finalmente un flujo de los ensayos realizados y su correspondiente diseño definitivo, vertiendo conclusiones y recomendaciones.

En el capítulo 1 encontraremos los aspectos fundamentales para el diseño de micro pavimento, el cual está constituido por los conceptos de emulsiones asfálticas (tipo, clasificación, características, propiedades, rotura, etc) y por los conceptos de micro pavimentos (usos, ventajas, ensayos, diseño etc.).

En el capítulo 2 encontraremos la descripción conceptual de los ensayos a realizarse, tanto a las emulsiones asfálticas como a los componentes y desempeño del micro pavimento (agregado, *filler*, rueda cargada, etc). Estos ensayos se han realizado siguiendo la norma ISSA A-143 y los boletines correspondientes.

En el capítulo 3 encontraremos los pasos y ensayos a seguir para lograr un buen diseño de micropavimentos, cumpliendo en todo momento con las *normas ISSA A-143, ASTM, AASHTO*; asimismo se detallará los resultados y cumplimientos de las especificaciones de los ensayos.

En el capítulo 4 encontraremos el diseño definitivo del micropavimentos, en función de los ensayos realizados en el capítulo anterior y la interpretación de los mismos; asimismo realizamos un análisis comparativo entre la normatividad aplicable o utilizada (ISSA A-143) y la normatividad peruana *EG-2013*.

Una vez realizados los ensayos y obtenido el diseño idóneo del micropavimentos, es muy importante ejecutar algunos ensayos en campo, puesto que los ensayos de laboratorios se efectúan con temperaturas controladas, las cuales difieren muchas veces de las condiciones reales de aplicación. Debemos tener en cuenta que el Perú es un país muy diverso, donde se puede encontrar temperaturas muy altas pero también muy bajas.

Existen partes de nuestro país donde la gradiente térmica es muy sensible al tiempo, pues en pocas horas puede pasar de un clima cálido a un clima muy frío; este fenómeno condiciona la necesidad de efectuar ciertos ensayos *in situ* para corroborar las condiciones de aplicación.

Por último, creo importante recomendar utilizar o diseñar con las canteras propias de la zona, las cuales serán las utilizadas para la elaboración del micropavimento; esto debido a que el diseño de micropavimento tiene relación vinculante con las características o composición química de los agregados.

Capítulo 1

Conceptos fundamentales para diseño de micropavimento

1.1 Emulsiones asfálticas

1.1.1 Reseña histórica de emulsiones asfálticas

Aunque se encuentren referencias del uso de emulsiones o dispersiones de alquitrán en agua para la pavimentación de carreteras hacia principios del siglo XX, es hasta 1922 cuando dos científicos británicos realizaron la primera patente de la emulsión de betún¹, la cual fue mejorada al año siguiente por otra patente presentada en Francia.

El uso de emulsión asfáltica se extendió rápidamente por todo el mundo. A partir de esta fecha se conocieron fábricas de emulsiones en Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Alemania, etc. Se estima que la producción mundial de emulsiones asfálticas en el año 1926 fue de 150,000 toneladas (1.018 Tn/m³).

Las primeras fabricaciones de emulsiones asfálticas fueron de naturaleza aniónica², sin embargo, estas emulsiones aniónicas presentaban problemas de adhesividad con algunos áridos cargados negativamente (cuarcita, granito, sílice).

Para solventar este inconveniente en 1951, aparecen en el mercado los emulsionantes asfálticos catiónicos³, que confieren a la emulsión una casi universalidad de uso (adecuadas para cualquier tipo de árido y condición meteorológica). Es en este momento cuando las emulsiones asfálticas alcanzan su pleno desarrollo.

¹ Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y los asfaltitos. Glosario de términos del MTC.

² Ver capítulo 1, numeral 1.1.2.5 – “Clasificación de emulsiones asfálticas” de la presente tesis.

³ Ver capítulo 1, numeral 1.1.2.5 – “Clasificación de emulsiones asfáltica” de la presente tesis.



Fig. 1.1 Primeras experiencias con las emulsiones

1.1.2 Conceptos y tipos de emulsiones asfálticas

1.1.2.1 Concepto de emulsión

Desde el punto de vista fisicoquímico, se define una emulsión como una dispersión fina más o menos estabilizada de un líquido en otro, los cuales son no miscibles⁴ entre sí y están unidos por un emulsificante, emulsionante o emulgente. Las emulsiones son sistemas formados por dos (02) fases parcial o totalmente inmiscibles, en donde una forma la llamada fase continua (o dispersante) y la otra forma la fase discreta (o dispersa). Para el caso de emulsiones asfálticas, la fase continua (o dispersante) es la solución acuosa (ácido, agua, emulgente, aditivo) y la fase discreta (o dispersa) es el asfalto.

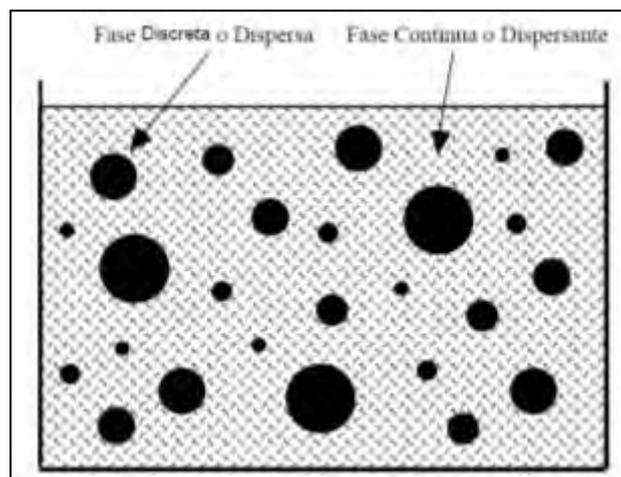


Fig. 1.2 fases de la emulsión

⁴ Término usado en química que se refiere a la propiedad de algunos líquidos para mezclarse en cualquier proporción, formando una solución.

Generalmente el tamaño de la fase discreta tiene alguna dimensión línea entre 1 nanómetro⁵ y 1 micra⁶. Son estos tamaños tan pequeños los que le dan a las emulsiones sus importantes e interesantes propiedades.

Existen varios tipos de dispersiones de partículas de diferentes tamaños en diferentes tipos de medios; entre estas dispersiones se encuentran las emulsiones, las cuales son dispersiones de un líquido en otro. En la siguiente tabla se muestran los diferentes tipos de dispersiones que existen:

Tabla 1.1 Ejemplos de emulsiones

Fase		Sistema
Continua	Discreta	
Gas	Líquido	Aerosoles, niebla, rocío
Gas	Sólido	Smoke, aerosol
Líquido	Gas	Espuma
<u>Líquido</u>	<u>Líquido</u>	<u>Emulsión asfáltica</u> , solución coloidal,
Líquido	Sólido	sol, solución coloidal, gel, suspensión
Sólido	Gas	Espumas sólidas (piedra poma), zeolitas
Sólido	Líquido	gel, emulsión sólida
Sólido	Sólido	Aleación

Fuente: *Emulsiones asfálticas: Documento técnico No 23*,
Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Sanfandila 2001

Las emulsiones asfálticas son dispersiones de líquido - líquido (asfalto - fase discreta y solución acuosa - fase continua), el cual contiene un emulsificante para mantener o controlar estable la emulsión.

1.1.2.2 Emulsionante

El emulsivo o emulgente se representa por un agente tenso activo -o surfactante- que tiene como finalidad mantener las gotitas de asfalto en suspensión estable y controlar el tiempo de rotura, esto se consigue venciendo la enorme tensión superficial entre el asfalto (fase discreta) y el agua, permitiendo que el asfalto pueda ser fácilmente dispersado en la fase acuosa, al momento de elaboración de la emulsión asfáltica.

En el caso de emulsiones asfálticas para mezclas, tanto el contenido de emulsificante como el pH de la solución acuosa, tienen gran influencia en la propiedad de adherencia de las gotas de asfalto en los áridos.

Existen tres tipos de surfactantes que son clasificados según sus características de disociación en el agua: surfactante aniónicos, no-iónicos y catiónicos.

⁵ 10⁻⁹ metros.

⁶ 10⁻⁶ metros.

es $\left(\frac{1}{8}\right)^n V_0$, el área de cada partícula pequeña es $\left(\frac{1}{8}\right)^n A_0$; y por lo tanto el área sufre un incremento neto $2^n A_{\text{total}}$

El área específica de una partícula se define como el cociente entre el área superficial de la partícula y su masa. Es decir:

$$A_{\text{esp.}} = \frac{n4\pi R^2}{\rho n \frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3}{\rho R}$$

De la fórmula expuesta, se deduce que el área específica es inversamente proporcional al radio de la partícula. Por lo cual para conseguir mayor área específica, se debería disminuir el radio de la partícula.

En el caso de emulsiones asfálticas, el asfalto es la fase discreta y sufre un aumento de su área a medida de que sea dividido en mayor cantidad de partículas o esferas por acción del emulsificante.

1.1.2.4 Tipos de emulsiones

Podemos dividir las emulsiones en 02 tipos:

- Liofílicas: si a la partícula le gusta el solvente
- Liofóbicas: si a la partícula no le gusta el solvente

Si el medio es agua, entonces:

LIOFÍLICO = HIDROFÍLICO Y LIOFÓBICO = HIDROFÓBICO

Con respecto a la fase discreta (o dispersa), estas pueden clasificarse en directas, inversas o múltiples:

- Las emulsiones directas, son aquellas en las que la fase discreta es una sustancia lipofílica (grasa o aceite) y la fase continua es hidrofílica (agua). Estas emulsiones suelen denominarse L/H o O/W y como ejemplo podemos mencionar las emulsiones asfálticas, leche, mayonesa, algunas pinturas, etc.
- Las emulsiones inversas por el contrario son las que la fase dispersa es una sustancia hidrofílica (agua) y la fase continua es lipofílica (grasa o aceite). Estas emulsiones suelen denominarse H/L o W/O. Como ejemplo podemos mencionar margaritas, fluidos hidráulicos, cremas cosméticas, etc.
- Las emulsiones múltiples son aquellas cuya fase dispersa contiene una emulsión inversa y la fase continua es un líquido acuoso. Estas emulsiones se conoce como H/L/H o W/O/W (este tipo de emulsiones es utilizado básicamente en farmacias, al permitir tener una liberación retardada de los medicamentos).

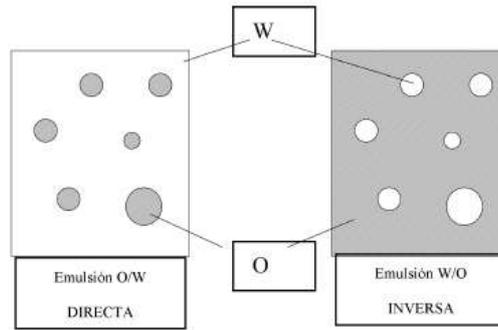


Fig. 1.3 Emulsión directa e inversa

1.1.2.5 Clasificación de emulsiones asfálticas

1.1.2.5.1 Por su tipo de carga eléctrica⁷

Las emulsiones asfálticas se clasifican según la carga eléctrica que el emulsificante proporciona a las partículas de asfalto (fase discreta o dispersa), dividiéndola en catiónicas, aniónicas y no iónicas.

- Catiónicas: Cuando por la presencia del emulsificante, la superficie de las partículas de asfalto adquieren cargas positivas, quiere decir que son rodeadas por iones tipo cationes (+).
- Aniónicas: Cuando por la presencia del emulsificante, la superficie de las partículas de asfalto adquieren cargas negativas, es decir que son rodeadas por iones tipo aniónicos (-).
- No iónicos: Cuando la superficie de las partículas de asfalto no adquieren una determinada carga.

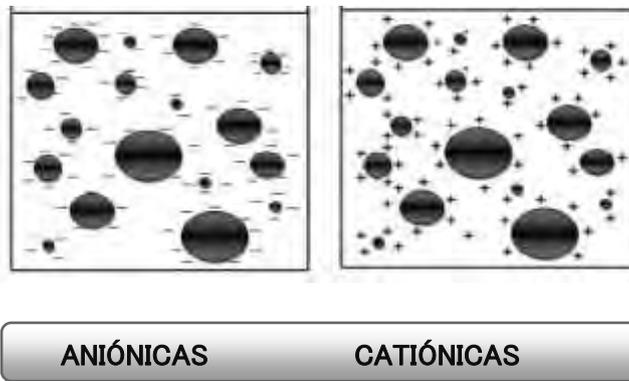


Fig. 1.4 Emulsiones aniónicas y catiónicas

Por lo tanto en un sistema de identificación basado en una ley básica de la electricidad⁸ (cargas iguales se repelan y cargas contrarias se atraen), si se hacen pasar una corriente

⁷ La carga eléctrica es una capacidad intrínseca de la materia y se clasifican en carga positiva o negativa, se mide en culombios.

⁸ Fenómeno investigado a finales del siglo XVIII por Charles-Agustín de Coulomb, que dedujo que la carga se manifiesta de dos formas opuestas. Este descubrimiento trajo el conocido axioma "objetos con la misma polaridad se repelen y con diferente polaridad se atraen".

eléctrica entre dos polos (ánodo y cátodo), sumergida en una emulsión asfáltica que contiene partículas de asfalto cargadas positivamente, los glóbulos de asfalto se desplazarán hacia el polo negativo o cátodo.

Si por el contrario la carga eléctrica del glóbulo de asfalto es negativa, se estaría en presencia de una emulsión aniónica y al aplicar la prueba los glóbulos se dirigirán hacia el ánodo, terminal positivo. Asimismo existen las emulsiones no iónicas, que son aquellas que no poseen carga alguna, son eléctricamente neutrales y no emigran a polo alguno.

Las emulsiones asfálticas tipo catiónico, son afines con los materiales silicios y agregados graníticos, mientras que los tipos aniónicas lo son con materiales de naturaleza calcaría, limos y domilitas.

1.1.2.5.2 Por su velocidad de rotura

Una de las clasificaciones de la emulsión se debe a tiempo de ruptura, entre las cuales mencionamos:

- **Emulsiones de rotura rápida (RS – CRS):** Cuya rotura se da en un tiempo corto (pocos minutos), por lo cual se utilizan en trabajos de riego o tratamientos superficiales con agregados limpios. Tienen escasas o ninguna habilidad para mezclarse con agregados y mucho menos con agregados que tienen finos, puesto que al ponerse en contacto con éstos, el rompimiento es casi inmediato, por lo cual, el recubrimiento del material pétreo es insuficiente.
- **Emulsiones de rotura media (MS-HFMS-CMS):** Se usan en una amplia gama de mezclas en frío según su tipo, dependiendo de la granulometría del agregado, clima, equipo disponible, etc. Mezclan bien con agregados gruesos cuando su contenido de fino es menos al 2%, las cuales se utilizan para carpetas de mezclas en frío elaboradas en plantas, así como trabajos de conservación como bacheos.
- **Emulsiones de rotura lenta (SS-CSS):** Se usan en una amplia gama de mezclas en frío según su tipo, dependiendo de la granulometría del agregado, clima, equipo disponible, etc. Se usa para mezclas en frío elaboradas en planta y para estabilizaciones asfálticas.

Según las especificaciones *ASTM* y *AASHTO*, las emulsiones tienen un añadido por el tipo de sigla inicial; de tal forma que si comienza con la letra C, quiere decir que es catiónica se pueden clasificar también por sus siglas iniciales

La nomenclatura usada para identificar a las emulsiones, ya sean de tipo aniónicas o de tipo catiónicas es la siguiente (letra al inicio):

- La letra C: el uso de esta letra significa que es una emulsión catiónica. La ausencia de esta letra significa aniónica o no aniónica.
- Las cifras 1 y 2: determinan la viscosidad; 1 igual a viscosidad baja, 2 igual a viscosidad alta.
- La letra H después del número: determina que la penetración del residuo está entre 40 y 90 décimas de mm. Quiere decir que en muchos casos en función del clima en obra, se

necesitará que la emulsión tenga un residuo de mayor dureza o consistencia (*hard*: dura).

- La letra S después del número: determina que la penetración del residuo está entre 100 a 200 décimas de mm. Quiere decir dureza o consistencia, entonces es blanda (*soft*).

- Las letras HF: se ha agregado a la ASTM 3 grados de floculación aniónica de alta flotación y rotura media. Las letras HF que preceden algunos de los grados indican alta flotación (*high flotation*), las emulsiones de este tipo tienen características de gel, impartidas por la aplicación de ciertas sustancias químicas cuyas características permiten la formación de películas de asfalto más gruesas alrededor de los agregados, impidiendo la separación del agregado de la película de asfalto. Estos grados de emulsión se emplean principalmente para mezclas de plantas en caliente o en frío, para sellos y para mezclas en capas de pavimento.

Tabla 1.2 Clase de emulsiones por tipo de rotura

TIPO ROTURA	Emulsiones aniónicas (ASTM D977, AASHTO M140)	Emulsiones catiónicas (ASTM D2397, AASHTO M208)
Rotura rápida (<i>Rapid Setting</i>)	RS-1	CRS-1
	RS-2	CRS-2
Rotura Media (<i>Medium Setting</i>)	MS-1	*****
	MS-2	CMS-2
	MS-2h	CMS-2h
	HFMS-1	*****
	HFMS-2	*****
	HFMS-2h	*****
Rotura lenta (<i>Slow Setting</i>)	SS-1	CSS-1
	SS-1h	CSS-1h
Rotura rápida para <i>Slurry (Quick Setting)</i>	QS-1h	CQS-1h

Tabla 1.3 Tabla de usos más frecuentes de emulsiones asfálticas

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	ASTM D977 / AASHTO M208							ASTM D2397 / AASHTO M 140							
	RS-1	RS-2	HFRS-2	MS-1, HFMS-1	MS-2, HFMS-2	MS-2h, HFMS-2h	HFMS-2S	SS-1	SS-1h	CRS-1	CRS-2	CMS-2	CMS-2h	CSS-1	CSS-1h
Mezclas de asfaltos y agregados															
Mezcla en planta (en caliente)						X ^A									
Mezcla en planta (en frío)															
Granulometría abierta					X	X					X	X			
Granulometría cerrada							X	X	X					X	X
Arena							X	X	X					X	X
Mezclado <i>In Situ</i>															
Granulometría abierta					X	X					X	X			
Granulometría cerrada							X	X	X					X	X
Arena							X	X	X					X	X
Suelo arenoso							X	X	X					X	X
Aplicación de asfalto y agregado															
Tratamiento superficial (S/M)	X	X	X							X	X				
Sellado con arena (<i>Sand Seal</i>)	X	X	X	X						X	X				
Lechada asfáltica (<i>Slurry Seal</i>)							X	X	X					X	X
Micro aglomerado (<i>Micro-surfac</i>)															X ^E
Sellado doble (<i>Sandwich Seal</i>)		X	X								X				
Capa <i>Seal</i>		X									X				
Aplicaciones de Asfálticas															
Riego pulverizado (<i>Fog Seal</i>)				X ^B				X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Imprimación (<i>prime coat</i>)								X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Riego de adherencia (<i>Tack coat</i>)								X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Paliativo de polvo (<i>Dust Palliative</i>)								X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Protección con asfalto (<i>Mulchtreatment</i>)								X ^C	X ^C					X ^C	X ^C
Sellado de fisuras (<i>Crack filler</i>)								X	X					X	X
Mezclas de mantenimiento															
Uso inmediato							X							X	X
Acopio							X								
^A Pueden emplearse otro grados que el HFMS-2H cuando la experiencia demuestre que ha tenido un comportamiento satisfactorio.															
^B Diluido en agua por el fabricante															
^C Diluido con agua.															
^D Mezclado solo para imprimación.															
^E El polímero debe incorporarse durante o previamente a la emulsión.															

Fuente: Cuaderno FIRP S366C, Emulsiones asfálticas

1.1.3 Propiedades y características de las emulsiones asfálticas

1.1.3.1 Propiedades de la emulsión asfáltica

Las emulsiones asfálticas poseen dos tipos de propiedades; las intrínsecas, aquellas propiedades internas naturales de la emulsión que son las mismas presentadas en cualquier asfalto: viscosidad, adhesividad y cohesividad; y las que condicionan su comportamiento como ligante en la construcción de pavimentos.

1.1.3.1.1 Propiedades intrínsecas

- **Viscosidad:** Se entiende como viscosidad a la resistencia de un líquido a fluir. Esta propiedad resulta de gran interés e importancia al momento de definir una emulsión adecuada para cada tratamiento. Cuando la emulsión es de baja viscosidad se puede utilizar para hacer riegos de imprimación y en gran parte para estabilizaciones de suelo, mientras que si es de alta viscosidad, será empleada en tratamientos superficiales y en mezclas abiertas, donde se debe garantizar que el material o agregado mineral sea provisto de una película de ligante suficientemente alta en su superficie. La viscosidad es medida en segundos *Saybolt Furol* (SFS), según especificaciones y normas norteamericanas ASTM y AASTHO.

En una emulsión asfáltica la viscosidad depende de ciertos factores tales como:

- La temperatura: Es decir a mayor temperatura menor viscosidad.
- El tamaño y granulometría de los glóbulos de asfalto, siendo más viscosas las emulsiones en donde las partículas son de tamaño uniforme, a diferencia de las que poseen tamaños bien gradados.
- Dureza del asfalto de origen, viene a ser donde los asfaltos más duros dan como resultados emulsiones menos viscosas que las procedentes de asfaltos más blandos; características del molino utilizando en la dispersión del asfalto en agua; contenido del cemento asfáltico(entre porcentajes de 65% y 70% la viscosidad crece muy rápidamente); naturaleza y cantidad de emulsificante en la emulsión; contenido de fluidificantes en el asfalto base (al agregarle una pequeña cantidad de fluidificantes en asfaltos duros permite disminuir la viscosidad en la emulsión).

- **Adhesividad:** La adhesividad que pueda presentar una emulsión asfáltica frente a un agregado o la capacidad de envolver al mismo y mantenerse, está ligado a una serie de factores directamente involucrados con la naturaleza y características del agregado y de la emulsión utilizada, por lo que resulta una de las propiedades más complejas de ser evaluada.

Los factores relacionados con la emulsión que pueda influenciar en la adhesividad alcanzada entre el agregado y la emulsión son: la naturaleza y cantidad del emulsificante en la emulsión, tipo de asfalto de base utilizado y pH de la emulsión (valores de pH próximos a 7 proporcionan mejores adhesividades pero menor estabilidad de la emulsión, mientras que valores alejados de 7 proporcionan emulsiones más estables pero de menor adhesividad).

Migliacci y Zambrano (1999) en base a lo anterior argumentan que las emulsiones catiónicas poseen mayor y mejor capacidad de adherencia que las emulsiones aniónicas frente a la gran mayoría de los agregados minerales. En las primeras prevalece la reacción físico-química en contacto con la mayor parte de los agregados, aún con los de neto predominio calcáreo, variando en todo caso la velocidad del proceso de un agregado a otro; será más rápido para un árido silíceo⁹ que para uno calcáreo¹⁰. En las emulsiones aniónicas el proceso principal consiste en la evaporación del agua (excepto que los agregados sean netamente calcáreo, lo cual es muy poco frecuente), por lo tanto son más dependientes de las condiciones atmosféricas, exhiben una rotura de notable lentitud y baja adherencia.

- **Cohesividad:** La cohesividad en emulsiones asfálticas es la fuerza aglutinante propia de la mezcla. Como dice textualmente Vergara (1994) cuando explica el concepto de la cohesividad definiéndola “como la resistencia a la rotura en masa de un ligante. En el caso de las emulsiones es inicialmente baja, pero va aumentando a medida que se va eliminando el agua, de modo que al cabo de un tiempo más o menos breve llega a alcanzar la del asfalto base”. Lo anterior tiene un principio lógico, ya que al colocar la emulsión en contacto con los agregados pétreos se comienza a separar la fase dispersada de su medio continuo; el agua se evapora y se acercan los glóbulos de asfalto cuando vencen la fuerza de rechazo electrostático existente inicialmente entre ellos por la presencia del emulsificante; produciendo un verdadero cemento entre la película residual de asfalto y el agregado, que en masa se traduce a cohesión, aportando la misma cohesión que la del asfalto base.

1.1.3.1.2 Propiedades que condicionan el comportamiento de las emulsiones asfálticas

Además de las propiedades intrínsecas, consideramos que las emulsiones asfálticas deben cumplir ciertos cuidados en su almacenamiento para evitar la alteración de la misma, como **estabilidad en el almacenamiento**, es decir que la emulsión asfáltica, una vez fabricada, debe cumplir la estabilidad al almacenamiento para conservar sus propiedades y características de formulación. Esta estabilidad se asegura por la repulsión electrostática de los glóbulos de asfalto. Si se pretende que no se modifiquen sus propiedades originales, las siguientes precauciones deben ser tomadas en cuenta:

- **Espumas:** para evitar la formación de espumas en emulsiones asfálticas donde el emulsificante es capaz de formarlas se recomienda no agitarla violentamente ni verterla en cascada. Por lo tanto el llenado de depósitos debe hacerse prolongando la tubería hasta unos 20 cm del fondo del tanque. El transporte debe hacerse en cisternas con rompeolas que dividan su interior.

- **Natas:** La nata es considerada como la película endurecida que se forma en la superficie en contacto con el aire, protegiendo el resto de la emulsión. Para mantenerla, es aconsejable el almacenamiento en depósitos cilíndricos, de eje vertical alimentados desde el fondo, ya que si se rompe trae consecuencias negativas en el flujo de la

⁹ Árido generalmente ígneo (también puede ser sedimentario). Sus características son la dureza, alta acidez y alto contenido de silíceo.

¹⁰ Árido de origen sedimentario; pulimentables, media acidez, con alto contenido de caliza.

emulsión asfáltica al formarse grumos indeseables que obstruyen las bombas de alimentación y los difusores de riego.

- **Sedimentos:** Ocurre cuando los glóbulos de asfalto descienden hasta al fondo y se depositan aumentando la viscosidad en las zonas inferiores del depósito, siendo reversible mientras no se produzca la rotura de la emulsión. Para contrarrestar este fenómeno se recomienda: utilizar agentes estabilizantes, aumentar la concentración del emulsificante o lograr una mayor finura de dispersión.

- **Mezcla entre emulsiones:** No se debe mezclar emulsiones aniónicas con catiónicas, ya que tienden a romper por una reacción electroquímica. Si se trata de diluir las emulsiones, deberá tenerse en cuenta que el agua de dilución sea básica para la aniónica o ácida para las catiónicas. Es muy importante la limpieza de los tanques de almacenamiento cuando han contenido emulsiones de distinto tipo.

- **Temperatura:** A temperaturas comprendidas aproximadamente entre 10 °C y 85 °C las emulsiones asfálticas son consideradas estables y conservan todas sus propiedades. Por debajo de 10°C las mezclas de asfalto se endurecen excesivamente, aumentando la viscosidad del asfalto residual y por ende su densidad, lo que favorece la sedimentación. Un aumento de la temperatura incrementa la energía cinética de las moléculas del emulsificante, por lo que fácilmente abandonan los glóbulos de asfalto, disminuyendo la estabilidad de la emulsión. Además de producirse la evaporación del agua se forman natas en la superficie del líquido.

1.1.3.2 Características de la emulsión asfáltica

1.1.3.2.1 Estabilidad de la emulsión asfáltica

Las emulsiones liofilicas, como forman una verdadera solución, son estables indefinidamente. Mientras que las emulsiones liofóbicas, por disgustarles el solvente, tratan de separarse en dos fases, con el fin de reducir la energía libre superficial de *Gibbs*¹¹, volviéndose inestables. Para una emulsión, mientras mayor área superficial tenga la dispersión (mientras más pequeñas sean las partículas del estado de la fase dispersa), mayor será la energía libre superficial de *Gibbs*. Por lo tanto, las emulsiones liofilicas son termodinámicamente estables, mientras que las emulsiones liofóbicas son termodinámicamente inestables.

El desplazamiento de las partículas en una emulsión, se rige por el movimiento Browniano¹², por lo que pueden chocar entre sí; la estabilidad de una emulsión dependerá de la interacción de estas partículas cuando se encuentren.

Podemos definir un sistema estable como aquel en que las pequeñas partículas en la emulsión están uniformemente distribuidas en el medio continuo y así permanecen conforme transcurre el tiempo. La inestabilidad significa que las partículas se comienzan a unir formando partículas más grandes comenzando el desequilibrio de la emulsión.

¹¹ Función de estado extensiva con unidades de energía, que da la condición de equilibrio y de espontaneidad para una reacción química.

¹² Movimiento aleatorio que se observa en algunas partículas microscópicas que se hallan en un medio fluido (por ejemplo, polen en una gota de agua).

Los factores que determinan la estabilidad de una emulsión son la viscosidad, densidad de las fases y el tamaño de la partícula.

1.1.3.2.2 Inestabilidad de la emulsión asfáltica

El proceso de inestabilidad de las emulsiones puede ocurrir mediante cuatro mecanismos diferentes: La figura muestra una representación gráfica de cada una de los procesos. Cabe destacar que la sedimentación y el “*creaming*” (cremado) son procesos similares; dependiendo de la densidad de las partículas de la fase discreta.

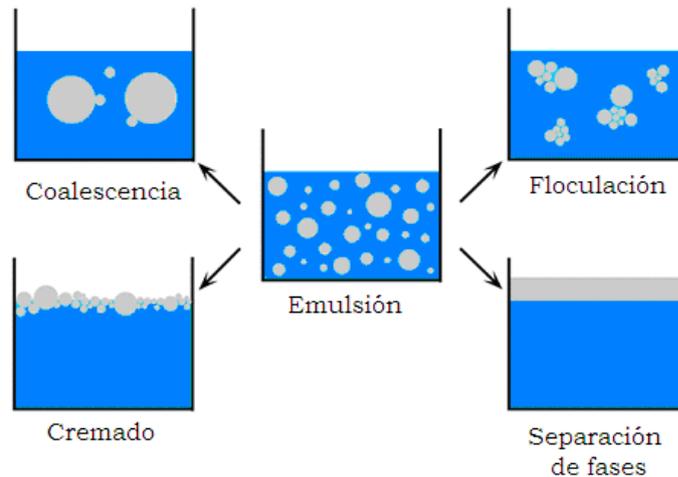


Fig. 1.5 Mecanismos de inestabilidad

1.1.3.2.3 Sedimentación: Se trata de un proceso causado por la acción de la gravedad y produce un gradiente vertical de concentración de las gotas sin variar la distribución del tamaño de las mismas. Para las emulsiones asfálticas, las gotas de asfalto son más densas que la fase continua y por lo tanto ocurre la sedimentación. Para una gota de emulsión aislada, la velocidad de sedimentación (v) es definida por:

$$v = 2a^2 \frac{(\rho_o - \rho)g}{9\eta}$$

Siendo la “ a ” el radio de la gota, ρ_o y ρ las densidades de las fases continuas y dispersas respectivamente, “ g ” la aceleración debido a la gravedad y η la viscosidad absoluta de la fase continua.

1.1.3.2.4 La floculación: Es la adhesión de las gotas sin fusionarse y una vez más no existe una variación en la distribución de tamaño de gotas. El proceso de la floculación

está controlado por un equilibrio global entre las fuerzas de atracción y repulsión electrostáticas.

1.1.3.2.5 Coalescencia: Es la fusión de partículas para crear unas partículas más grandes con la eliminación de parte de la fase continua. Este cambio irreversible requeriría un aporte extra de energía para restablecer la distribución de tamaño de partícula original. A pesar de que el proceso de inestabilidad, debido a la coalescencia, no se comprende en su totalidad, se cree que está relacionado con la curvatura preferida y con la rigidez de la capa de tensioactivo que estabiliza la emulsión.

En general, el complejo proceso de la inestabilidad de las emulsiones suele ocurrir mediante la combinación de los cuatro posibles procesos que pueden suceder simultáneamente a diferentes velocidades. De hecho, la mayoría de las veces, dos de los procesos anteriormente citados se suelen acoplar.

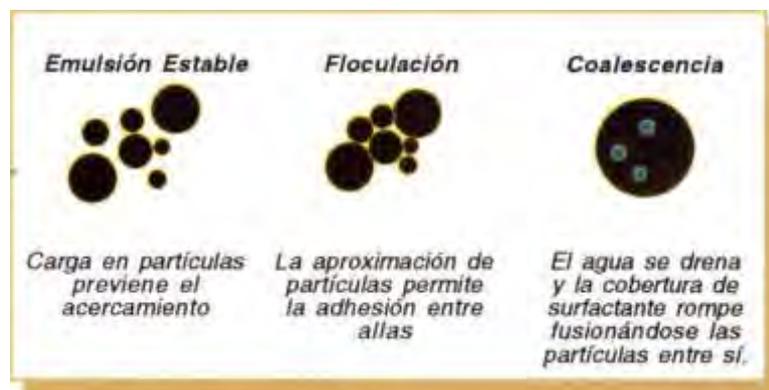


Fig. 1.6 Procedimientos de inestabilidad

1.1.3.3 Rompimiento de emulsiones asfálticas

1.1.3.3.1 Concepto de rotura de emulsión asfáltica

La ruptura de una emulsión asfáltica, se define como el proceso físico, químico y/o mecánico mediante al cual una emulsión estable se desestabiliza; esto se puede deber a diversos factores como agentes externos, clima, etc.

El tiempo que tardan las gotas de asfalto en separarse del agua es llamado comúnmente "tiempo de rompimiento". Por ejemplo, una emulsión de ruptura rápida, romperá generalmente entre 1 y 5 minutos, mientras que una de ruptura media puede tomar 30 minutos o más para romper. Las emulsiones modificadas para micropavimentos son diseñadas para romper entre 2 y 4 minutos. El propósito del proceso de ruptura, es cubrir las partículas de agregado con el asfalto. Los finos minerales y el aditivo de campo (emulsificante), son usados para controlar el rompimiento de las emulsiones. El

proceso de rompimiento puede reconocerse por un cambio del color de la mezcla de café a negro.¹³

El tiempo de ruptura de una emulsión asfáltica está controlado principalmente por el tipo y cantidad de surfactante utilizado, además del tipo de agregado utilizado para su rompimiento, su composición química y granulométrica, la temperatura y las condiciones climáticas donde se aplique.

De manera general, el tiempo de ruptura en las emulsiones catiónicas es más breve que las aniónicas, y puede ser utilizado a más baja temperatura. Las emulsiones aniónicas son utilizadas en el caso de que el agregado utilizado sea extremadamente electropositivo.

El tiempo de ruptura puede acelerarse por medios mecánicos como el uso de rodillos vibrantes. Mientras más porcentajes de finos tengan los áridos usados para la ruptura, el proceso de ruptura es acelerado debido a la alta superficie específica cargada eléctricamente.

1.1.3.3.2 Mecanismos de rotura de la emulsión:

- **Primer mecanismo:** El mecanismo de acción del surfactante en una emulsión asfáltica es complejo. Este se puede explicar mediante la repulsión que se produce entre los glóbulos de asfalto dispersados, la cual permite el control de los fenómenos de ruptura de la emulsión.

El surfactante¹⁴ se absorbe en la superficie de las gotas, con la parte lipofílica en el asfalto y el grupo polar en la fase acuosa; los iones disociados permanecen en la fase acuosa en la proximidad de la gota, dando como resultado que, las gotas posean una carga superficial y al acercarse dos gotas se produzca una fuerza de repulsión electrostática que las mantiene a cierta distancia (figura).

Por otro lado, al acercarse dos gotas, se drena la película de la fase acuosa, el fluido arrastra los iones y por lo tanto se produce un desbalance en la electroneutralidad del sistema. De esta manera se crea un campo eléctrico intenso que retarda la coalescencia de las gotas y contribuye a la estabilidad de las emulsiones ya que tiende a oponerse al drenaje de la película.

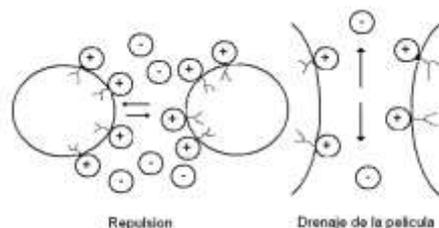


Fig 1.7 Mecanismo de rotura

Fuente: *Cuaderno FIRD S365 A*

¹³ Publicación *N0 FWHA-SA-94-051*

¹⁴ Surfactante: parte polar del emulsificante, muchas veces se considera el mismo emulsificante.

Cuando se pone en contacto una emulsión asfáltica con un material agregado que tiene afinidad con el tipo de emulsión, ésta se rompe. En presencia del material pétreo, el surfactante migra desde la partícula hacia el pétreo (etapas 1 y 2).

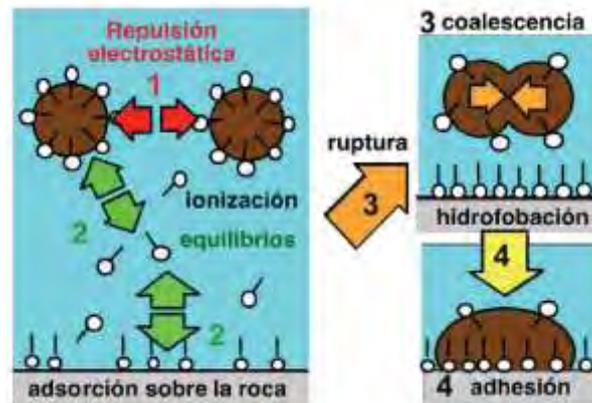


Fig. 1.8 Mecanismo de rotura por repulsión

Fuente: Cuaderno FIRD S365 A

La disminución de la cantidad de surfactante en la partícula, produce una disminución de la repulsión electrostática entre las gotas dispersadas, comenzando entonces la coalescencia de las gotas (etapa 3) y la ruptura de la emulsión.

Las moléculas de surfactante cubren el pétreo por lo que se obtiene una superficie del pétreo hidrofóbica y por ende prevalece la adherencia del asfalto sobre el pétreo, evaporándose la mayor parte del agua (fase 4). Durante este proceso la emulsión como va perdiendo agua, pasa por una emulsión inversa en donde el asfalto forma la fase continua y el agua la fase discreta, o sea que se forman pequeñas gotas de agua en el interior del asfalto adherido al pétreo, las cuales se evaporan posteriormente.

La ruptura de la emulsión catiónica se produce por la absorción de la parte polar del surfactante en los agregados, provocando la ruptura de la emulsión y haciendo que las partículas del asfalto se adhieran inmediatamente a las partículas del material pétreo, aun en presencia de humedad.

La forma de rompimiento de las emulsiones asfálticas catiónicas, en la mayoría de los casos, mejora la adherencia y permite una mejor distribución de la mezcla dentro de la masa del agregado pétreo; adicionalmente permite proseguir los trabajos de asfaltado en regiones con climas húmedos o durante una temporada de lluvias, garantizando la apertura de caminos al tránsito en un corto período de tiempo.

En forma simplificada y sencilla podemos agregar que una emulsión rompe, “cuando esta se pone en contacto con un agregado pétreo, iniciándose; la separación del asfalto del agua y el recubrimiento del agregado pétreo con una película del mismo. El agua debe entonces, liberarse y finalmente evaporarse”.

Si consideramos una emulsión aniónica, los factores que influyen en la ruptura son la evaporación de la fase acuosa, la difusión del agua de la emulsión y la absorción superficial de una parte del emulsificante en el material pétreo.

- **Segundo mecanismo:** El rompimiento puede darse debido al movimiento de las gotas. Producto de este movimiento, las gotas pueden ponerse en contacto con la superficie del sólido y absorberse sobre la misma. En este caso, si no hay ningún agente externo, el movimiento que impulsa el desplazamiento de las gotas es el movimiento natural (movimiento browniano), ver figura 1.9.

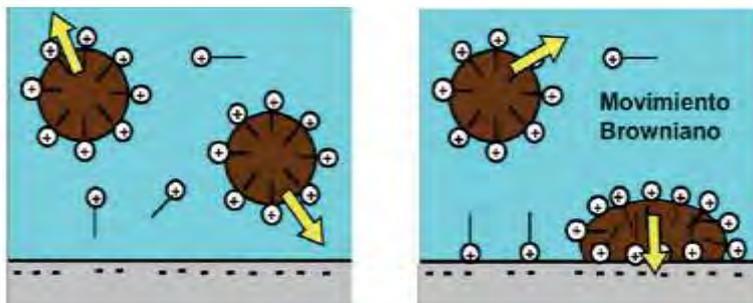


Fig. 1.9 Mecanismo de rotura por movimiento browniano

Fuente: *Cuaderno FIRD S365 A*

- **Tercer mecanismo:** Un tercer mecanismo puede ocurrir al alterar el equilibrio químico de la emulsión catiónica usando aminas¹⁵ como emulsionantes. Sabemos que el pH tiene una influencia muy importante en la ionización del surfactante. Si se altera el pH¹⁶ del sistema, el sistema se desequilibrará y podrá ocurrir el fenómeno de ruptura. Se puede incrementar el pH del sistema al introducir un sólido que reacciona con el ácido de la emulsión, inmediatamente ocurrirá un cambio del equilibrio en el seno del agua que consecuentemente producirá un cambio en la ionización del surfactante dispuesto en la interface (ver figura).

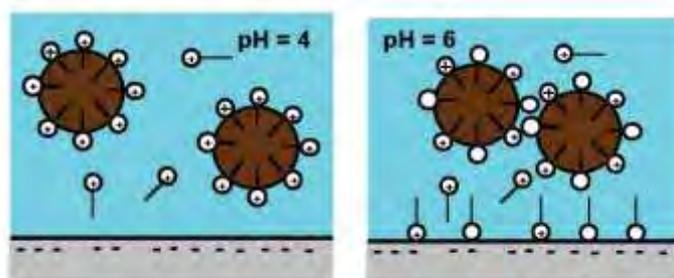


Fig. 1.10 Mecanismo de rotura por alteración de PH

Fuente: *Cuaderno FIRD S365 A*)

Los surfactantes absorbidos en la gota asfalto pierden su ionización por lo que la repulsión eléctrica entre las gotas de asfalto también disminuye. Esto conlleva a la

¹⁵ Las aminas son compuestos químicos orgánicos que se consideran como derivados del amoníaco y resultan de la sustitución de uno o varios de los hidrógenos de la molécula de amoníaco por otros sustituyentes o radicales.

¹⁶ El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. pH = potencial de hidrógeno.

desestabilización de la emulsión, produciéndose la coalescencia de las gotas de la misma manera explicada en el primer mecanismo, pues la superficie se hidrófoba debido a la adsorción del surfactante (ver figura 1.11).

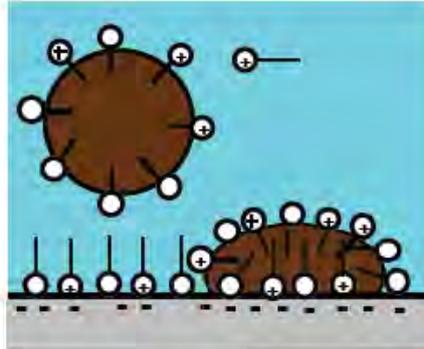


Fig. 1.11 Adhesión de la gota de asfalto después de la desequilibración del sistema

Fuente: *Cuaderno FIRD S365 A*

- **Cuarto mecanismo:** Son las emulsiones no iónicas, es decir que el rompimiento de una emulsión asfáltica se puede llevar a cabo por la evaporación progresiva de la fase continua. Mientras se evapora el agua de la emulsión, las gotas se van acercando cada vez más; este acercamiento puede llevarse hasta el punto en el cual se forme un gel asfáltico, es decir, que dependiendo de la fuerza iónica entre las gotas, este gel puede ser más o menos denso, ver figura.

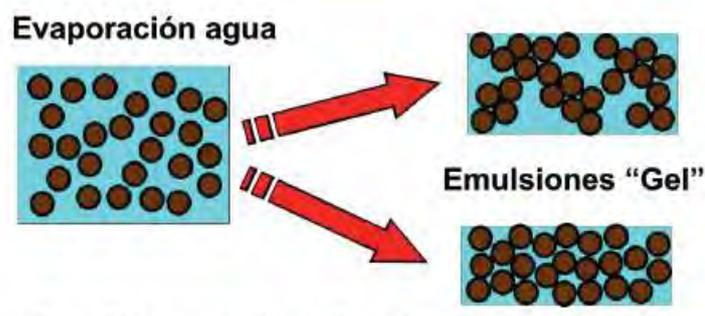


Fig. 1.12 Mecanismo de rotura por evaporización

Fuente: *Cuaderno FIRD S365 A*

A medida que se evapora el agua, la concentración de surfactante en la fase continua va incrementándose hasta el punto en el cual se forman micelas. Estas micelas, se comportan en el sistema como objetos coloidales. El distanciamiento entre las gotas es tan pequeño, que la concentración de estos coloides en la zona más estrecha es inferior;

es decir, se establece un gradiente de concentración (comienza a unir) a lo largo de la película.

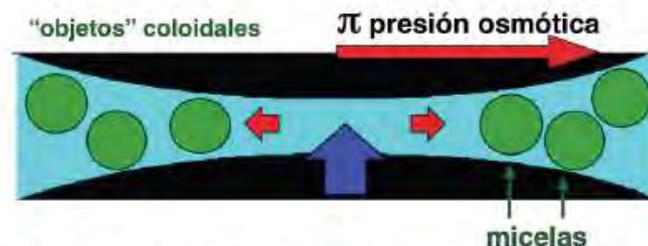


Fig. 1.13 Gradiente de concentración y presión en la película interfacial

Fuente: Cuaderno FIRD S365 A

Al establecerse un gradiente de concentración, se establece por consiguiente un gradiente de presión (presión osmótica¹⁷), desde el lugar más cercano entre las gotas (mayor presión) hacia fuera (menor presión). De esta manera, se produce una succión capilar desde el punto de menor curvatura de las gotas hacia el de mayor curvatura. El resultado será un mayor aplastamiento de las gotas, ver figura 1.14.

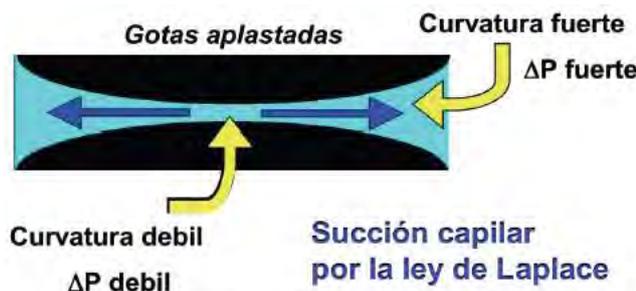


Fig. 1.14 Aplastamiento de las gotas debido a la succión capilar

Fuente: Cuaderno FIRD S365 A

Finalmente, la diferencia de presión tan baja en la zona de menos curvatura de las gotas, conlleva a que las gotas terminen tocándose entre sí formando un gel asfáltico más o menos denso y rompiéndose de esta manera la emulsión asfáltica por la expulsión del agua. Este mecanismo depende de la fuerza iónica, pues la presión osmótica depende de la naturaleza de las micelas. El rompimiento de emulsiones asfálticas no-iónicas se rige principalmente por este mecanismo.

¹⁷ La presión osmótica puede definirse como la presión que se debe aplicar a una solución para detener el flujo del disolvente a través de una membrana semipermeable. La membrana semipermeable deja pasar solvente más no soluto.

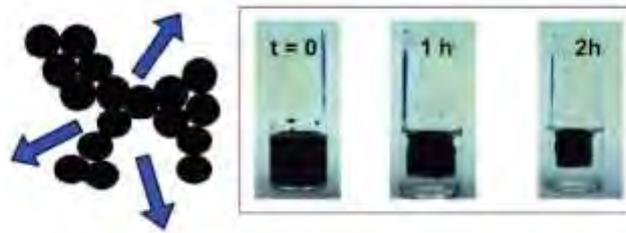


Fig. 1.15 Formación de gel asfáltico en función del tiempo

Fuente: *Cuaderno FIRD S365 A*

1.1.3.4 Curado de emulsión asfáltica

En este proceso se desarrollan las propiedades mecánicas (adherencia) del asfalto de la emulsión, que da como resultado una película cohesiva capaz de mantener a los agregados fuertemente adheridos. Este proceso se finaliza una vez que el agua se ha eliminado totalmente, esto puede darse rápidamente si las condiciones climáticas son favorables.

El tiempo de curado inicial es definido como el lapso de tiempo en el cual ocurre lo siguiente:

- Después de mezclado una emulsión con el pétreo (micropavimento), el sistema no puede ser remezclado.
- Cuando una toalla de papel absorbente no se mancha o no absorbe, al oprimirlo suavemente sobre la superficie de la mezcla entre la emulsión y el pétreo (micropavimento).
- Cuando la emulsión, una vez mezclada con el pétreo (micropavimento), no puede ser diluida, lavada ni quitada libremente con agua.



Fig. 1.16 Curado de una emulsión

El curado total en micropavimentos puede tomar de 7 a 14 días; la mayoría del agua en la mezcla (90- 97 %) es desplazada dentro de las primeras 24 horas.

1.2 Micropavimentos

1.2.1 Historia de los micropavimentos

El micropavimento fue desarrollado inicialmente en Europa, donde es conocido generalmente como micro concreto asfáltico. A mediados de los años 70's, *Screg Route*, una compañía francesa diseñó un *Seal-Gum* (sello de goma) que era un micro concreto asfáltico el cual fue posteriormente mejorado por la firma *Raschig* de Alemania.

Raschig comercializó su producto en los Estados Unidos bajo el nombre de “*Ralumac*” a principios de los años 80's. A finales de la década de los 80's, la firma española *Elsamex* desarrollo y comercializó su micro concreto asfáltico en los Estados Unidos bajo el nombre de *Macroseal*.

1.2.2 Concepto de micropavimento

Micropavimento es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, filler, agua y aditivo; adecuadamente proporcionados, mezclados y aplicados en una superficie preparada de acuerdo con una especificación¹⁸

El objetivo de la utilización de polímeros en mezclas de micropavimentos es reducir la susceptibilidad del ligante a los cambios térmicos en la vía, permitiendo mayor durabilidad que morteros asfálticos, por lo que se utilizan en proyectos de recuperación de ahuellamientos y repavimentación de vías de alto tráfico o vías ubicadas en zonas de altura.

La mezcla deberá ser capaz de poder ser aplicada en secciones longitudinales con espesor variable (desniveles, surcos, cursos y superficies fresadas) el cual, después de curar y una consolidación inicial con tránsito, resista la compactación a través del entero rango de tolerancia de diseño. El producto final deberá mantener una superficie resistente a la fricción (alto coeficiente de fricción en mojado) en secciones de espesores variables a través de la vida útil de la micro - superficie.

La mezcla debe ser un sistema de rotura y tránsito rápido, significando que será capaz de aceptar tránsito después de un corto período de tiempo.

El período de tiempo variará de trabajo en trabajo y deberá ser evaluado basándose en el trabajo individual. Normalmente estos sistemas han sido requeridos a aceptar tráfico rodante en una superficie de 12,7 mm de espesor con una hora de aplicado a 24 °C de temperatura y 50 % de humedad.

El micropavimento (*micro-surfacing*) es una mezcla compuesta por emulsión asfáltica catiónica modificada con polímeros (tipo *quick-setting*), agregados pétreos 100 % triturados, finos minerales, agua y aditivos de control de ruptura en campo. Como material de finos se usa generalmente cemento portland tipo I; sin embargo muchos materiales inertes pueden usarse. La cal hidratada ha sido usada en algunos sistemas. El aditivo de control en campo se usa para ajustar el tiempo de rotura durante la aplicación. El micropavimento no deberá ser aplicado si tanto la temperatura del pavimento o del aire está debajo de los 10 °C y decreciendo o bajando, pero puede ser aplicada cuando ambas temperaturas están encima de los 7 °C y subiendo. Ningún micropavimento deberá ser aplicado cuando hay peligro que el producto finalizado congelará antes de las

¹⁸ Concepto indicado en la *norma ISSA 143*.

24 horas. La mezcla no deberá ser aplicada cuando las condiciones climáticas prolongan la apertura al tráfico más allá de un tiempo razonable¹⁹

1.2.3 Usos del micropavimento

Los usos más comunes del micropavimento son:

- Se aplica para mantenimiento preventivo o correctivo con espesores desde 6– 15 mm.
- Sellos de grietas superficiales.
- Sellado y recuperación de ahuellamientos

También se han usado como:

- Corrección de desprendimientos/pérdida de fricción superficial
- Micro-capas de nivelación
- Capas intermedias
- Reparación y bacheos de poca profundidad

1.2.4 Ventajas de uso de micropavimento

Comparando con respecto a un mortero asfáltico convencional (*Slurry Seal*, el micropavimento (*micro-surfacing*) ofrece las siguientes ventajas:

- Detienen la desintegración y dotan de propiedades antiderrapantes (zonas de curvas u pendientes pronunciadas).
- Propiedades impermeabilizantes.
- Incrementa la durabilidad del pavimento en zonas de altura (reducción del envejecimiento por fatiga térmica), esto debido al polímero utilizado.
- Rápida apertura al tránsito (se puede abrir a la hora de ser aplicada la mezcla) sin necesidad de compactación.
- Permite rellenar ahuellamiento, seguido de una segunda capa provee un apropiado drenaje al agua, reduciendo la posibilidad de hidroneo en la superficie.
- Son sistemas ecos amigables, esto debido a su aplicación en frío.

En el aspecto económico el micropavimento tiene ventajas, principalmente porque la mejora sustancial de la adherencia sin necesidad de riegos de liga, permitiendo aprovechar las condiciones de diseño y aplicar capas de poco espesor.

Esta condición de utilización de menor cantidad de materiales conlleva un menor costo con economías sustanciales, tanto en las labores de pavimentación como en la recuperación y mantenimiento de pavimentos, que pueden representar rebajas de precio del orden del 30 %.

Además debe anotarse que el rendimiento de la labor de aplicación del micropavimento sobre una base adecuadamente preparada y en buenas condiciones de trabajo puede llegar a unos 3.000 metros cuadrados por día, lo cual significa una mejora en los costos sociales de los proyectos de pavimentación o de recuperación, con menores molestias para los usuarios y vecinos y con un mejor rendimiento financiero para la entidad contratante al culminar la obra en menor plazo, con menores costos financieros y evitando reajustes de precios por posibles alzas en el tiempo del valor de los insumos.

1.2.5 Normas de diseño y performance

La metodología de diseño para los micropavimentos ha sido desarrollada por el *Manual ISSA A-143 (International Slurry Seal Association)*.

¹⁹ Concepto indicado en la *norma ISSA 143*.

Para el diseño de micropavimento, las emulsiones asfálticas a utilizar deben ser emulsiones modificadas de rotura rápida tipo CQS-1h, esto según lo estipula la norma ISSA A-143, versión de febrero del 2010.

Las especificaciones que deben cumplir las emulsiones asfálticas (emulsiones de diseño – catiónicas modificadas), se rigen bajo la norma AASHTO M208 o ASTM 2397-98; con las excepciones indicadas en la norma ISSA A-143. Los procedimientos para cumplir estas especificaciones se encuentran en la norma AASHTO T59 o ASTM D244.

A continuación se proporciona un cuadro donde se puede visualizar las normas que debe cumplir cada ensayo de los componentes del micropavimento y su referencia del numeral de la presente tesis donde se describe el ensayo:

Tabla 1.4 Ensayos para diseño de micropavimento

NUMERAL DEL CAPÍTULO II	DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS PARA MICROPAVIMENTO	NORMAS		
		ASTM	AASHTO	ISSA A143/TB
2.1	1) AGREGADOS			
2.1.1	CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS			
2.1.1.1	Análisis de AG y AF	C-136 y C-117	T-27 y T-11	
2.1.1.2	Filler mineral	D-546	T-37	
2.1.1.2	Especificaciones para filler	D-242		
2.1.1.3	Gravedad específica y absorción del agregado	C-128	T-84	
2.1.2	PROPIEDADES DE CONSENSO			
2.1.2.1	Peso unitario del AF	C-29M	T-19	
2.1.2.2	Contenido de arcilla del AF	D-2419	T-176	ISSA-A143
2.1.3	PROPIEDADES DE FUENTE DE ORIGEN			
2.1.3.1	Resistencia a la abrasión (Maquina de los ángeles-tenacidad)	C-131	T-96	ISSA-A143
2.1.3.2	Solides mediante el uso de sulfato de sodio y sulfato de magnesio	C-88	T-104	ISSA-A143
2.1.3.3	Absorción del azul metileno		TP 57	TB-145
2.2	2) ASFALTO EMULSIONADO	ASTM D2397	AASHTO M208	
2.2.1	ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN DE DISEÑO	D-244	T 59	
	COMPOSICIÓN			
2.2.1.1	Residuo por destilación	D-244/11-15	T 59	ISSA-A143
	CONSISTENCIA			
2.2.1.2	Viscosidad	D-244/29-33	T 59	
	PRUEBA DE ESTABILIDAD			
2.2.1.3	Prueba de malla	D-244/53-58	T 59	
2.2.1.4	Estabilidad de almacenamiento	D-244/77-83	T 59	ISSA-A143
2.2.2	ENSAYOS DE CARATERIZACIÓN DEL RESIDUO ASFÁLTICO DE LA EMULSIÓN			
2.2.2.1	Punto de ablandamiento	D-36	T-53	ISSA-A143
2.2.2.2	Penetración	D-5	T-49	ISSA-A143
2.2.2.3	Solubilidad en tricloroetileno	D-2042	T-44	
2.2.2.4	Ductilidad	D-113	T-51	

<u>2.3</u>	3) ENSAYOS DE DISEÑO			ISA A-143
<u>2.3.2</u>	ENSAYOS GENERALES			
2.3.2.1	Método del área de superficie para el diseño de la mezcla del micropavimentos: calculo porcentaje teórico óptimo de emulsión requerido			TB-118
2.3.2.2	Procedimiento de pruebas de mezclas para diseño de micropavimentos: exanimación y evaluación de la mezcla (*)			TB-113
2.3.2.3	Medición de la consistencia de la mezcla del micropavimento: cálculo del rango de porcentaje humedad en el mezclado óptimo			TB-106
2.3.2.4	Método de prueba para la clasificación de sistema de mezclas agregado/emulsión asfáltica por medio de la prueba de cohesión modificada para la medición de las características de curado inicial y apertura al tráfico. Cálculo de porcentaje teórico del <i>filler</i> mineral de diseño (*)			TB-139
2.3.2.5	Ensayo de remoción en húmedo para mezclas asfálticas curadas (*)			TB-114
<u>2.3.3</u>	PERFORMANCE DEL DISEÑO			
2.3.3.1	Método de ensayo de abrasión en pista húmeda de sistema de lechada asfáltica (<i>Wet Track Abrasión Test ó WTAT</i>). Calculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño(*)			TB-100
2.3.3.2	Método de ensayo para medir el exceso de asfalto en mezclas bituminosas. Ensayo de la rueda cargada y adhesión de arena (<i>Loaded Wheel Test o LWT</i>). Cálculo del porcentaje máximo de emulsión de diseño.(*)			TB-109
<u>2.3.4</u>	COMPATIBILIDAD			
2.3.4.1	Método de ensayo para la clasificación de la compatibilidad del agregado - <i>filler</i> -ligante por los procedimientos <i>Schulze- Breuer y Ruck</i> (*)			TB-144
2.3.4.2	Medición de la estabilidad y resistencia a la compactación, vertical y lateral desplazamiento: cálculo de los rangos aceptables de compactación y desplazamiento del sistema de mezcla (*) .			TB-147

Capítulo 2

Descripción conceptual de los ensayos realizados y normas de aplicación

2.1 Ensayos para los agregados

En este acápite se estudiarán las pruebas de clasificación y evaluación de los agregados de diseño (propiedades de consenso y origen de los agregados)

Los agregados minerales utilizados serán del tipo y gradación especificada y de uso exclusivo para micropavimentos. El agregado será proveniente de roca triturada como granito, piedra caliza u otros agregados de alta calidad, o la combinación de ellas. Para asegurar que el material sea totalmente triturado, el 100 % de la matriz del agregado será más grande que la piedra más grande en la gradación usada.

2.1.1 Ensayos de clasificación de los agregados

Dentro de los ensayos para la clasificación de los agregados para un diseño de micro pavimento, tenemos los siguientes:

2.1.1.1 Análisis del agregado fino y agregado grueso

Según las *normas ISSA A-143* (procedimientos recomendados para la realización de micropavimento), la granulometría debe satisfacer la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Granulometría de los agregados

ISSA			
	TIPO II	TIPO III	
MEDIDA DEL TAMIZ	PORCENTAJE PASANTE	PORCENTAJE PASANTE	TOLERANCIA DE ACOPIO
3/8" (9.5 mm.)	100	10	± 5%
Nº 4 (4.75 mm.)	90-100	70-90	± 5%
Nº 8 (2.36 mm.)	65-90	45-70	± 5%
Nº 16 (1.18 mm.)	45-70	28-50	± 5%
Nº 30 (600 µm)	30-50	19-34	± 5%
Nº 50 (330 µm)	18-30	12-25	± 5%
Nº 100 (150 µm)	10-21	7-18	± 5%
Nº 200 (75 µm)	5-15	5-15	± 5%

La granulometría se efectúa siguiendo las *normas ASTM C-136 Y C-117 o AASHTO T-27 y T-11*.

Tabla 2.2 Tipo de agregado en función de su utilización

TIPO DE AGREGADO	LOCALIZACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
Tipo II	Calles urbanas y residenciales; pistas de aeropuertos	5.4 - 10.8 kg/m ²
Tipo III	Rutas primarias e interestatales	8.1 - 16.3 kg/m ²

2.1.1.2 *Filler* mineral para pavimentos bituminosos y especificaciones técnicas

El *filler* mineral debe ser de una marca reconocida de cemento *portland* o cal hidratada que se encuentre libre de terrones. El tipo y cantidad de mineral de relleno necesario será determinado por el diseño de mezcla en laboratorio y podrá ser considerado como parte de la graduación del agregado. Los rangos de uso típico son de 0 - 3%. (ISSA A 143).

El *filler* mineral debe satisfacer la granulometría de la norma ASTM D-242. Su procedimiento se efectúa siguiendo *las normas ASTM C-546 o AASHTO T-37*.

Tabla 2.3 Granulometría del *filler*

ASTM D 242	
MEDIDA DEL TAMIZ	PORCENTAJE PASANTE
Nº 30 (600 µm)	100
Nº 50 (330 µm)	95 - 100
Nº 200 (75 µm)	70-100

El *filler* mineral debe estar libre de impurezas y tener un índice de plasticidad no mayor a 4. (ASTM D 242).

2.1.1.3 Gravedad específica y absorción del agregado fino

El procedimiento para la determinación de la gravedad específica y absorción del agregado fino se encuentra descrito en la *norma ASTM C-128 o AASHTO T-84*.

La absorción es el aumento de la masa del agregado debido a la penetración de agua en poros de las partículas, durante un período de tiempo prescrito pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca.

Este método cubre la determinación de la densidad media de una cantidad de partículas de agregado fino (no incluye el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica), y la absorción del agregado fino.

Dependiendo del procedimiento usado, la densidad en (Kg/m³) o (lb/pe³), es expresada como secada al horno (S), saturada superficialmente seca (SSS) o densidad aparente (A).

2.1.2 Propiedades de consenso

2.1.2.1 Peso unitario del agregado fino

Este ensayo es muy sencillo y su ejecución se encuentra descrita en *la norma ASTM C-29M o AASHTO T-19*.

2.1.2.2 Contenido de arcilla del agregado fino (equivalente arena)

Según las *norma ASTM y AASHTO (refrendado por la ISSA A-143)*, el equivalente arena debe tener un valor mínimo de 65.

El propósito de este método de ensayo es indicar, en condiciones normadas, las proporciones relativas de finos o arcilla, finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz No. 4 (4,75mm).

Este ensayo nos da una idea de la limpieza del material y por ende su cohesión.

La ejecución se encuentra descrita en la *norma ASTM D-2419 o AASHTO T-176*.

2.1.3 Propiedades de fuente de origen

2.1.3.1 Resistencia a la abrasión (máquina de los ángeles)- tenacidad

Este ensayo refleja el comportamiento ante el intemperismo de los agregados. Lo que mide es que el agregado sea resistente al pulimiento, lo cual sirve, entre otras cosas, para la textura del micropavimento, generando una mejor seguridad para el conductor. Si no se cumple con el ensayo de los ángeles, esto podría provocar un rápido pulimiento en los agregados y volver lisa la superficie del pavimento.

Esta norma se refiere a un procedimiento para ensayar agregados pétreos gruesos de tamaño inferior a 37,5 mm. (1½"), a la resistencia a la abrasión, empleando la máquina de ensayo de los Ángeles.

Según las *norma ASTM y AASHTO (refrendado por la ISSA A-143)*, el desgaste por abrasión debe ser como máximo el 30%. Este ensayo se realiza con el agregado antes de ser triturado.

La ejecución se encuentra descrita en la *norma ASTM C-131 o AASHTO T-96*.

Tabla 2.4 Graduación para un ensayo de resistencia a la abrasión

Tamaño del tamiz		Peso de los tamaños indicados, gramos			
Pasa	Retenido en	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D
37.5 mm (1 1/2")	25 mm (1")	1250 ± 25			
25 mm (1")	19 mm (3/4")	1250 ± 25			
19 mm (3/4")	12.5 mm (1/2")	1250 ± 25	2500 ± 10		
12.5 mm (1/2")	9.5 mm (3/8")	1250 ± 25	2500 ± 10		
9.5 mm (3/8")	6.3 mm (1/4")			2500 ± 10	
6.3 mm (1/4")	4.75 mm (No 4)			2500 ± 10	
4.75 mm (No 4)	2.36 mm (No 8)				5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Tabla 2.5 Carga abrasiva: resistencia a la abrasión

GRADACIÓN	NÚMERO DE ESFERAS	PESO DE CARGA EN GRAMOS
A	12	5000 ± 10
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

2.1.3.2 Solidez mediante la utilización de sulfato de sodio y sulfato de magnesio

Mediante este ensayo se determina la resistencia a la desintegración de los agregados por acción de soluciones saturadas de sulfato de sodio y sulfato de magnesio. Suministra información respecto al comportamiento de los agregados por acción de los agentes climáticos y atmosféricos.

Según la *norma ISSA A-143*, el agregado debe cumplir con un máximo de pérdida de 15 % usando Na_2SO_4 o 25 % usando $MgSO_4$.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM C-88 o AASHTO T-104*.

2.1.3.3 Absorción de azul metileno

Este ensayo se utiliza para cuantificar la cantidad de arcilla dañina, materia orgánica e hidróxido de hierro presentes en un agregado, dando así un indicativo global de la actividad de la superficie de un agregado proporcionado.

Según la *norma ISSA TB-145*, el agregado fino cumplir el siguiente cuadro:

Tabla 2.6 Rangos del azul metileno

ORIGEN DE AGREGADO	PORCENTAJE AZUL METILENO POR PESO	(mg/g)
Roca basáltica	1.0	10.0
granito	0.7	7.0

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ISSA TB-145*.

2.2 Ensayos de la emulsión asfáltica y residuo

El asfalto de la emulsión deberá ser modificado con polímero. El material de polímero deberá ser mezclado con el asfalto antes del proceso de emulsificación. En general, un tres por ciento (3 %) de sólidos de polímero, basado en el peso de asfalto, se considera mínimo.

La emulsión asfáltica y su residuo, deberán cumplir con los requisitos de *AASHTO M 208* o *ASTM D 2397* para CQS-1h, más lo siguiente:

Tabla 2.7 Especificaciones para los ensayos de la emulsión asfáltica y residuo

ENSAYO	MÉTODO		ESPECIFICACIONES
	AASHTO	ASTM	
Liquidación y estabilidad de almacenamiento de asfaltos emulsificados, 24-h	T 59	D 6930	1% máximo
Destilación de emulsión asfáltica ¹	T 59	D 6997	62% mínimo
Ensayo de emulsión asfáltica residual			
Punto de ablandamiento	T 53	D 36	135°F (57°C) mínimo
Penetración a 25° C	T 49	D 5	40 -90 ²

“1” La temperatura para esta prueba debe mantenerse a 350 ° F (177 °C) durante 20 minutos.

“2” Las condiciones climáticas deben ser considerados al establecer este rango. La prueba de solubilidad, si es necesario, deben ser evaluados sobre la base de asfalto. Cada carga de asfalto emulsionado deberá ir acompañada de un certificado de análisis, válido para indicar que la emulsión cumple la especificación (**ver anexo C**)

Tabla 2.8 Norma ASTM D2397

TABLE 1 Requirements for Cationic Emulsified Asphalt

Note 1—CQS-IH emulsions shall meet the requirements outlined in Practices D 3910.

Note 2—CQS-1H is used for Quick Set Slurry Seal systems.

Type	Rapid-Setting				Medium-Setting				Slow-Setting			Quick-Setting		
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2H		CSS-1		CSS-1H	CQS-1H		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Test on emulsions:														
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F) SFS									20	100	20	100	20	100
Viscosity, Saybolt Furol at 50°C (122°F) SFS	20	100	100	400	50	450	50	450						
Storage stability test, 24-h, % ^a		†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†	†
Deminerality, 35 ml, 0.2% direct sodium sulfosuccinate, %	40		40											
Coating ability and water resistance:														
Coating, dry aggregate					good		good							
Coating, after spraying					fair		fair							
Coating, wet aggregate					fair		fair							
Coating, after spraying					fair		fair							
Particle charge test	positive		positive		positive		positive		positive		positive		positive	
Sieve test, % ^a		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Cement mixing test, %									0.0		0.0		0.0	NA
Distillation:														
Oil distillate, by volume of emulsion, %		3		3		12		12						
Residue, %	60		65		65		65		57		57		57	
Tests on residue from distillation test:														
Penetration, 25°C (77°F), 100 g, 5 s	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
Ductility, 25°C (77°F), 5 min/in, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubility in trichloroethylene, %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

^aThis test requirement on representative samples is waived if successful application of the material has been achieved in the field.

2.2.1 Ensayos de caracterización de la emulsión de diseño (ASTM D 244)

Los ensayos de caracterización de la emulsión asfáltica deben satisfacer el requerimiento de la *norma ASTM D 2397* y las excepciones de la *ISSA A-143*.

2.2.1.1. Residuo por destilación

En este ensayo se destila una muestra de 200g. hasta una temperatura de 177°C. Al residuo se le puede practicar el ensayo de penetración, solubilidad, ductilidad.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-244/11-15*.

2.2.1.2 Viscosidad

Mediante este ensayo se determina la viscosidad de la emulsión asfáltica a 25°C o 50°C, por medio del viscosímetro de *Saybolt Furol* mediante el porcentaje de asfalto que tiene una emulsión, evaporando el agua y pesando el residuo.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-244/29-33*.

2.2.1.3 Prueba de la malla

Mediante este ensayo se determina la cantidad de producto asfáltico mal emulsionado que existe en la emulsión. Los brumos, así como las películas que se forman en la parte superior pueden ser debido a la rotura de la emulsión, contaminaciones, mala fabricación, etc.

La retención de una cantidad excesiva de partículas en el tamiz, indica que pueden producirse problemas en el manejo y aplicación del material. Las partículas de asfalto retenido en el tamiz, a menudo son causados por la aglomeración de la fase dispersa. El almacenamiento, bombeo, tratamiento y la temperatura, puede contribuir a la formación de las partículas. La contaminación del tanque, del transporte o la manguera son otros factores que pueden afectar a la formación de partículas.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-244/53-58*.

2.2.1.4 Estabilidad de almacenamiento

Este ensayo está relacionado a la habilidad de la emulsión asfáltica a permanecer como una dispersión uniforme durante el almacenamiento. Es aplicable generalmente a emulsiones asfálticas compuestas principalmente de una base asfáltica semisólida o líquida, agua y un agente emulsificante.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-244/77-83*.

2.2.2 Ensayos de caracterización del residuo asfáltico de la emulsión

Los ensayos de caracterización del residuo deben satisfacer los requerimientos de la *norma ASTM D 2397 y las excepciones de la ISSA A-143*.

2.2.2.1 Punto de ablandamiento

Este ensayo cubre la determinación del punto de ablandamiento del asfalto en el rango de 30 a 157 ° C usando el equipo del anillo y bola.

Los asfaltos o betunes, son materiales visco-elásticos²⁰, sin puntos de fusión bien definidos, si no que gradualmente son más suaves y menos viscosos a medida que aumenta la temperatura. Por esta razón, los puntos de ablandamiento deben ser determinados por un método arbitrario y definir con precisión si los resultados son reproducibles.

El punto de ablandamiento es útil en la clasificación de los asfaltos, como un elemento constitutivo de la uniformidad de los traslados o de las fuentes de suministro y es indicativo de la tendencia del material a fluir en temperaturas elevadas cuando están en servicio.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-36, ASSTHO T-53*.

²⁰ La viscoelasticidad es un tipo de comportamiento reológico que presentan ciertos materiales que exhiben propiedades viscosas y propiedades elásticas cuando se deforman.

2.2.2.2 Penetración

Este ensayo cubre la determinación de la penetración de materiales bituminosos semisólidos y sólidos.

La prueba de penetración se utiliza como una medida de coherencia. Los valores más altos de penetración indican una consistencia más suave.

La penetración se define como la distancia, expresada en décimas de milímetros hasta la cual penetra verticalmente en el material una aguja normalizada en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la norma ASTM D-5, ASSTHO T-49.

2.2.2.3 Solubilidad en tricloroetileno

La muestra se disuelve en tricloroetileno y se pasa a través de un filtro de papel. El material insoluble es lavado, secado y pesado.

Este método es una medida de la solubilidad del asfalto en tricloroetileno y la parte que sea soluble representa los constituyentes cementantes activos.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-2042, ASSTHO T-44.*

2.2.2.4 Ductilidad

Método de ensayo para determinar la ductilidad de los materiales asfálticos, de consistencia sólida y semisólida.

Consiste en someter una probeta de material asfáltico a un ensayo de tracción, en condiciones determinadas de velocidad y temperatura, en un baño de agua de igual densidad, siendo la ductilidad la distancia máxima en cm., que se estira la probeta hasta el instante de la rotura.

La ejecución de este ensayo se encuentra descrita en la *norma ASTM D-113, ASSTHO T-51.*

2.3 Ensayos de diseño de micropavimento

2.3.1 Especificaciones para los ensayos de diseño del micropavimento

Para un buen diseño de micropavimento, la *norma ISSA A-143* recomienda, como mínimo, los siguientes ensayos mínimos y especificaciones:

Tabla 2.9...Especificaciones para los ensayos de diseño de micropavimento

PRUEBA	ISSA TB N ^o .	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezcla @ 77°F (25°C)	TB 113	Controlable a 120 segundos mínimos
Cohesión húmeda @ 30 Minutos mínimo (rotura) @ 60 Minutos mínimo (tráfico)	TB 139	12 kg-cm mínimo 20 kg-cm o girar cerca mínimo
Desnudamiento húmedo	TB 114	Pasa (90% mínimo)
Perdida por abrasión húmeda (<i>Wet Track</i>) 01 hora de remojo 06 días de remojo	TB 100	50 g/ft ² (538 g/m ²) máximo 75 g/ft ² (807 g/m ²) máximo
Desplazamiento lateral Gravedad específica después de 1000 ciclos de 125 lb (56.71 kg)	TB 147	5% máximo 2.10 máximo
Exceso de asfalto por LWT adhesión de arena	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ²) máximo
Clasificación compatibilidad	TB 144	11 Puntos mínimos (AAA, BAA)

La prueba de abrasión en húmedo (*Wet-track*) se lleva a cabo en condiciones de laboratorio como un componente del proceso de diseño de la mezcla. El propósito de este ensayo es determinar el contenido de asfalto mínimo requerido en un sistema de revestimiento de micropavimento.

La abrasión húmedo (*Wet-Track*) no se recomienda como un campo de control de calidad o pruebas de aceptación. ISSA TB 136 describe las posibles causas de los resultados inconsistentes del *Test Wet Track* abrasión húmeda.

La prueba de tiempo de mezclado se utiliza para predecir la duración de tiempo puede ser el material mezclado antes de que empiece a romper. Puede ser una buena referencia para verificar las fuentes consistentes de material. El laboratorio debe verificar que los tiempos de mezcla y el conjunto se adapten a las condiciones climáticas esperadas durante el proyecto.

Los componentes deberán estar diseñados dentro de los límites siguientes:

Tabla 2.10 Límites para los componentes del micropavimento

MATERIALES COMPONENTES	LÍMITES
Asfalto residual	5.5 - 10.5% por peso de agregado seco
Mineral de relleno	0.0 - 3.0% por peso de agregado seco
Polímero modificador	Mínimo de 3% sólido basado en peso de bitumen contenido
Aditivo	Si es requerido
Agua	Si es requerido para producir una adecuada consistencia de mezcla

La mezcla de micropavimento será de una consistencia adecuada, para estos se proporciona la tasa de aplicación requerida por el estado de la superficie. La tasa de aplicación debe estar de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla 2.11...Tipos de agregado en función de su utilización

TIPO DE AGREGADO	LOCALIZACIÓN	TASA DE APLICACIÓN SUGERIDA
Tipo II	Calles urbanas y residenciales; pistas de aeropuertos	5.4 - 10.8 kg/m ²
Tipo III	Rutas primarias e interestatales	8.1 - 16.3 kg/m ²

2.3.2 Ensayos generales

Como cualquier mezcla para superficies, la buena calidad de los materiales es importante para el rendimiento apropiado de las mezclas de micropavimentos; sin embargo, solamente materiales de buena calidad no aseguran una mezcla satisfactoria de micropavimentos ya que pueden ser incompatibles cuando se mezclan entre ellos. Es por esta razón que las pruebas a la mezcla son tan importantes en la evaluación del micropavimento.

2.3.2.1 Método del área de superficie para el diseño de la mezcla del micropavimentos: cálculo del porcentaje teórico de emulsión requerido (*TB – 118*)

Este método estima el contenido teórico de emulsión en micropavimentos.

El método de diseño de área superficial se presentará en tres secciones las cuales discuten el cálculo de la cantidad de asfalto requerido para cubrir el área superficial del

agregado de trabajo, las características de absorción de los agregados y el contenido total de asfalto.

Los requerimientos del porcentaje emulsión pueden ser calculados dividiendo el requerimiento de asfalto total por peso seco del agregado entre el residuo de asfalto en la emulsión.

2.3.2.2 Procedimiento de pruebas de mezcla para diseño de micropavimentos: examinación y evaluación del performance de la mezcla (TB – 113)*

La prueba de mezclado es usada para predecir cuánto tiempo el material puede ser mezclado en las máquinas antes que comience a romper. Es más para información a ser usada por el contratista que por la calidad del producto final. Es, sin embargo, una buena prueba de campo para chequear las fuente de material, tanto emulsión asfáltica como agregado.

2.3.2.3 Medición de la consistencia de la mezcla del micropavimento: cálculo del rango de porcentaje humedad en el mezclado óptimo (TB- 106)

Para la determinación de la consistencia de la mezcla existen varios métodos, sin embargo el Departamento de Transporte de Kansas, desarrollo un método de prueba llamado “El Cono de Prueba”. Este método es reconocido internacionalmente como estándar de la industria.

El ensayo del cono de consistencia, se utiliza para determinar la cantidad de agua necesaria para formar una mezcla estable y trabajable. El ensayo utiliza el cono del ensayo de absorción de arena ASTM C-128 o AASTHO T-84, y una base de escala de flujo, también se utiliza para el control de campo.

2.3.2.4 Método de prueba para clasificar sistemas de mezclas de agregado-asfalto emulsificado según la medida, del probador de cohesión modificado, de las características de curado inicial y apertura al tráfico: cálculo del porcentaje teórico de *filler* mineral de diseño (TB – 139)*

Es la simulación del giro torsional del neumático de un vehículo, que mide el torque necesario para desintegrar una muestra de mezcla.

La presente prueba mide el torque durante el desarrollo del fraguado y esfuerzos de cohesión, y define el “tiempo de curado inicial” y el “tiempo temprano de apertura al tráfico” como una función de desarrollo del fraguado y tiempo.

Si el valor obtenido llega a 20 kg/cm² la mezcla ofrecerá una apertura rápida al tráfico además de tener buena cohesión para resistir cargas de tráfico sin daños a la mezcla, este valor se indica como el valor mínimo para la apertura al tráfico. Si el valor llega a 12 Kg-cm la mezcla ha logrado su curado inicial.

Mediante este ensayo se determina el tiempo de curado inicial (12 Kg-cm), deseable a los 30 minutos; y la apertura al tráfico. (20 Kg/cm²).

El tiempo de curado inicial es definido como el lapso de tiempo después del vaciado; cuando un sistema de lechada no puede ser remezclado y llevado a una lechada homogénea. Esto ocurre cuando un desplazamiento lateral no es posible al compactar el espécimen, cuando una toalla de papel absorbente no se ensucia al oprimirla

suavemente sobre la superficie de la lechada; o cuando una emulsión ha ligado y no se consigue lubricar fácilmente la mezcla; y cuando una emulsión no puede ser diluida, lavada ni quitada libremente con agua.

2.3.2.5 Prueba de desnudamiento en húmedo para mezclas curadas de lechada asfáltica (TB – 114)*

El propósito de esta prueba es ayudar a los diseñadores en la selección de un sistema que sea compatible con un agregado específico. La formulación de la emulsión, el *filler* mineral y los aditivos pueden ser evaluados rápidamente en su habilidad de mantener el cubrimiento del árido bajo la condición de la prueba.

Consiste en tomar una muestra curada de 10 gr. de una mezcla representativa la cual puede ser obtenida del ensayo de consistencia *ISSA TB 106 o de ISSA TB 113*. Ésta se coloca en un vaso de 600 ml con 400 ml de agua destilada que se sobre una hornilla caliente y se deja hervir durante 3 minutos, después se deja enfriar, se escurre el agua y se retira la muestra dejándose caer agua hasta que salga agua clara, finalmente la muestra se coloca en un papel absorbente y se estima el área de agregado cubierto con asfalto; haciendo un reporte del porcentaje de área cubierta en relación con la superficie del agregado.

90 por ciento de cubrimiento retenido es satisfactorio, 75 por ciento a 90 por ciento se juzga como límite o marginal, abajo del 75 por ciento es insatisfactorio.

La prueba de ebullición (*TB-149*) es similar a la prueba de desnudamiento en húmedo. Ambas son usadas como pruebas de compatibilidad inicial.

Otra prueba usada para determinar compatibilidad bajo condiciones húmedas es la prueba de *Schulze- Breuer-Ruck (ISSA TB 144)*. Esta prueba sin embargo, es usada como una evaluación final de comportamiento y será discutida más adelante en pruebas relacionadas con rendimientos a largo plazo.

2.3.3 Ensayos para performance de diseño

2.3.3.1 Método de prueba para la abrasión en húmedo de superficies de mezcla: cálculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño - WTAT (TB – 100)*

Esta prueba determina la resistencia a la abrasión de mezclas de micropavimentos relacionada con el contenido de emulsión, siendo una de las dos pruebas que ISSA utiliza para determinar el contenido óptimo de emulsión. Esta prueba simula condiciones de abrasión en pavimentos mojados, tales como un vehículo circulando en una curva y frenando. Mediante esta prueba se definen los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para obtener una mezcla con suficiente cohesión como para resistir la acción abrasiva del tráfico.

Consiste en someter un espécimen de micropavimento previamente curado en estufa a una temperatura determinada y sumergida en agua a la acción abrasiva de un cilindro de goma duro, que gira con un movimiento planetario sobre su superficie durante 5 minutos.

Se define como abrasión a la pérdida de material por unidad de superficie que presenta el espécimen ensayado en las condiciones señaladas.

La máxima abrasión será de 538 a 807 gr/m² de acuerdo a la categoría de tráfico.

2.3.3.2 Método de prueba para la medición del exceso de emulsión asfáltica en la mezcla del micropavimento por el uso del probador de rueda cargada y adhesión de arena: cálculo del porcentaje máximo de emulsión de diseño – LWT (TB – 109)*

Determina el contenido máximo de emulsión en mezclas para micropavimentos por la medición de adhesión de arena en especímenes sujetos a la simulación de cargas pesadas bajo la acción de una rueda, además de medir desplazamientos laterales por el mismo efecto.

Varias mediciones extra pueden realizarse durante el ensayo para estudiar los rangos de compactación y las deformaciones plásticas de especímenes de mezclas asfálticas monocapa y multicapa. Ver *boletín TB - 147*

2.3.4 Ensayo de compatibilidad y comportamiento a largo plazo

2.3.4.1 Método de ensayo para la clasificación de la compatibilidad del agregado-filler-ligante por los procedimientos *Schulze-Breuer* y *Ruck* (TB-144)*

La prueba *Schulze-Breuer and Ruck* (S-B) se desarrolla como una verificación final de compatibilidad (como ejemplo; la adhesión) entre los finos del agregado y el residuo asfáltico de la emulsión.

En esta prueba el agregado es mezclado con un 8.125 % de betumen puro (12.5 % de una emulsión asfáltica con un 65 % de residuo o betún puro) y presionado en una muestra de 40 gr, de 30 mm de diámetro y 30 mm de espesor aproximadamente; posteriormente es sumergida en agua durante 6 días.

Después de 6 días, la muestra es pesada para determinar la absorción y colocada en una máquina S-B de cilindros cerrados durante 3.600 ciclos a 20 RPM.

Al final del proceso, la muestra es pesada para determinar la pérdida por abrasión. La muestra abrasada es sumergida en agua hirviendo por 30 minutos, pesada y registrada como un porcentaje de la muestra originalmente saturada; este porcentaje es el valor de cohesión a alta temperatura, o simplemente la “integridad”.

Finalmente, después de secada al aire por 24 horas, la muestra remanente es examinada para medir el porcentaje de partículas finas de agregado que están completamente cubiertas con asfalto; este porcentaje de cubrimiento se registra como adhesión.

El método provee un sistema para evaluar o asignar valores de clasificación a las características como: pérdida de abrasión, adhesión y cohesión a altas temperaturas, de una combinación ligante-filler específica para comparar con los valores obtenidos en las pruebas de referencia. Los valores de las pruebas pueden asociarse con los comportamientos en campo de mezclas de pavimentos.

2.3.4.2 Medición de la estabilidad y resistencia a la compactación, vertical y lateral desplazamiento de mezclas de agregado fino en frío multicapa: cálculo de los rangos aceptables de compactación y desplazamiento del sistema de mezcla (TB-147)*

Este método cubre tres procedimientos de ensayo los cuales miden la cantidad de compactación o características de desplazamiento de mezclas asfálticas en frío multicapa, graduación densa y de agregados finos tales como superficies de micropavimentos bajo compactación simulada de rodamiento del tráfico por el método

de la *rueda cargada (LWT-Loaded Wheel Test)* o la *máquina británica de rueda de rastreo (British Wheel Tracking Machine)*.

Los procedimientos son descritos a continuación:

Ensayo de la rueda cargada para multicapas a temperatura ambiente (*ISSA TB #109*).

El ensayo británico de la rueda de rastreo a 45°C.

Ensayo modificado LAI de la rueda cargada utilizando una manguera compresora de aire variable a 95 o F (35° C).

Para el presente ensayo, se tomara el ítem “a” el cual se encuentra referenciado a la norma *ISSA TB-109*.

Después del ensayo se evalúa los desplazamientos laterales y la gravedad específica.

Capítulo 3

Flujos para diseño de micropavimentos y resultados de ensayos

3.1 Diagrama de flujo de diseño de micropavimento

Para el diseño de micropavimento, es un poco de arte y otro poco de experiencia.

La *norma ISSA A-143* nos da los ensayos mínimos que debemos realizar para un diseño, así como los parámetros que deben cumplir la mezcla de micropavimento, la emulsión y su residuo.

El micropavimento es una mezcla de emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral, mineral de relleno (*filler*), agua añadida y aditivo; adecuadamente proporcionados, mezclados y aplicados en una superficie preparada de acuerdo con las especificaciones.

Para la presente tesis, se está utilizando un micropavimento CQS 1hp, según lo especifica la *ISSA A-143*.

3.1.1 Paso N° 01: agregados y *filler*

Para comenzar con el diseño de micropavimento, se debe seleccionar una cantera que nos servirá para proporcionarnos el agregado, el cual debe ser triturado en su totalidad.

En el Perú existen variedades de canteras según el lugar de aplicación pero en El Salvador solamente existe una cantera que proporciona agregados que cumplan con los requisitos exigidos en la norma *ISSA A-143*.

Para no hacer muy tedioso el diseño, no se detallarán los ensayos del agregado ni al *filler*, teniendo en cuenta que estos ensayos son comunes y de amplio conocimiento (granulometría, análisis de tamizado del *filler*, gravedad específica u absorción del fino, PU agregado fino, equivalente arena, abrasión, sanidad o integración - sulfato de sodio).

Por lo tanto, se toma como punto de partida que nuestro agregado y *filler*, cumple con los ensayos antes descritos.

3.1.2 Paso n° 02: absorción de azul metileno: *TB-145*

Se realiza el ensayo de absorción de azul metileno para ver la reactividad del agregado, en el caso de El Salvador, para su única cantera, el azul metileno tiene un valor 5 ml. o 2.5 mg/gr.

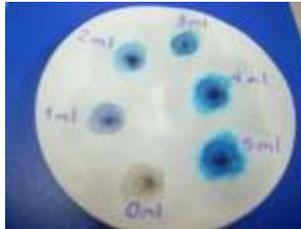


Fig. 3.1 Resultado de ensayo de azul metileno

Especificación:

Según la el *Boletín TB -145*, el valor del azul metileno debe tener un valor inferior a 7 mgr./gr.

Si no se cumpliera con esta especificación, entonces se debería cambiar de cantera.

3.1.3 Paso n° 03: calidad de la emulsión asfáltica: *ASTM D-2397* y *AASHTO M-208*

Para que una emulsión pueda ser utilizada en la elaboración de micropavimento, ésta debe ser modificada y pasar los requerimientos de la *norma ASTM D-2397 Y AASHTO M-208*.

La emulsión será una CQS -1hp; y por tratarse de una experiencia de diseño en El Salvador, se utilizarán las siguientes proporciones para la elaboración de la emulsión modificada, las cuales son proporciones en virtud de la experiencia de cada laboratorio:

- Asfalto modificado (fase discreta):
 - Polímero (3 % peso del asfalto, referencia ISSA A-143).
 - Asfalto (62 % del peso de la emulsión – ISSA A-143).
- Solución jabonosa (fase continua):
 - Emulsificante (1.4 % del peso de la emulsión).
 - Agua (lo resto, aprox. 32 % del peso de la emulsión).
 - Ácido clorhídrico (suficiente para un PH 2).
 - Aditivo (Látex 3 % del peso de la emulsión)

Mediante un equipo especial a escala, se modifica en asfalto, al cual se le debe incorporar un 3 % de polímero (mínimo); para que sea modificado el asfalto debe estar a una temperatura mínima de 150 °C.



Fig. 3.2 Elaboración de asfalto emulsificado

La solución jabonosa se elabora mezclando el agua, emulgente y aditivo (látex), no es recomendable que tenga una temperatura menor de 37 °C, para esto el agua debe calentarse a tal grado que la solución jabonosa llegue a los 37 °C, se recomienda calentar el agua a 40 °C.



Fig. 3.3 Elaboración de solución jabonosa

Ambos componentes se mezclan en un equipo a escala y mediante recirculación, se elabora la emulsión asfáltica modificada, la cual no puede ser sustancialmente superior a 80 °C, esto para evitar la evaporización del agua.



Fig. 3.4 Máquina escala para la elaboración de emulsión asfáltica

Una vez elaborada la emulsión, se realizan las siguientes pruebas que deben cumplir con los requerimientos de la *ASTM D-2397*; los ensayos son:

- Residuo por destilación (emulsión)
- Viscosidad (emulsión)
- Estabilidad de almacenamiento (emulsión)
- Prueba de la malla (emulsión)
- Penetración (residuo asfáltico)
- Solubilidad en tricloroetileno (residuo asfáltico)
- Punto de ablandamiento (residuo asfáltico)
- Ductilidad (residuo asfáltico)

- **Especificación:**

Los valores que deben cumplirse se encuentran estipulados en el numeral 2.2.

Una vez realizada la prueba, se verifica que cumpla con las especificaciones de la *ASTM D-2397*, si no cumpliera, se tendría que modificar los porcentajes de los insumos de la emulsión.

3.1.4 Paso n° 04: cálculo del porcentaje teórico de la emulsión: *TB-118*

Se efectúa el *ensayo TB-118* y se calcula el porcentaje de emulsión teórica que se utilizará para las pruebas posteriores; se debe tener presente que este porcentaje es el teórico y no el óptimo.

3.1.5 Paso n° 05: examinación y evaluación de performance de la mezcla (TB-113)*

Para este ensayo, el único valor que se tienen es el porcentaje teórico de emulsión; por lo cual, los demás se estiman en función de la experiencia:

- Emulsión (el porcentaje teórico extraído de la TB – 118).
- Agua añadida (5%-10% de peso del agregado).
- Agregado (aprox. 200 gr. para este ensayo).
- *Filler* (variable de 1%-0.25% peso del agregado).
- Aditivo si es requerido



Fig. 3.5 Trabajabilidad de la mezcla

- **Especificación ISSA A-143:**

La mezcla debe tener una trabajabilidad a los 120". Si para ningún valor se encuentra esta trabajabilidad, se le puede agregar un aditivo retardante.

Debemos tener presente que el porcentaje de emulsificante en una emulsión es inversamente proporcional a la cohesión.

3.1.6 Paso n° 06: cálculo del rango del porcentaje de humedad óptimo en la mezcla: TB – 106

Este ensayo se efectúa con los porcentajes del ensayo anterior (TB-113), teniendo como variable el porcentaje de agua añadida.

Como resultado nos dará un rango del porcentaje de agua añadida, en la cual debe estar aquel utilizado para el ensayo TB – 113. De no encontrarse el porcentaje asumido en la

TB -113 dentro del rango determinado, entonces se efectúa nuevamente el ensayo *TB -113* con otro que se encuentre dentro del rango.



Fig. 3.6 Porcentaje óptimo de humedad en la mezcla

- **Especificación *TB-106*:**

El flujo óptimo considerado es de 2.5 cm. los límites del flujo son 2.00 cm a 3.00 cm.

3.1.7 Paso n° 07: cálculo del porcentaje teórico de *filler* de diseño (*TB-139*)*

Para este ensayo se utiliza los porcentaje asumidos y/o modificados del ensayo *TB-113*; y se determina el porcentaje óptimo de *filler* en el diseño. Este valor determinado debe contrastarse con los distintos valores asumidos en la *TB-113* y darnos una trabajabilidad a los 120", de no ser así, entonces se modifica el ensayo *TB-113* con otro porcentaje de emulsión u otro porcentaje de emulsificante en la emulsión.



Fig. 3.7 Elaboración de pastillas para porcentaje teórico de *filler*



Fig. 3.8 Pastillas ensayadas para porcentaje teórico de *filler*

- Especificación ISSA A-143 y TB - 139:

- Cohesión

- a los 30 minutos mínimos (curado inicial): 12 kg-cm mínimo

- a los 60 minutos mínimos (apertura a tráfico): 20 kg-cm estar cerca al mínimo

3.1.8 Paso n° 08: prueba de desnudamiento en húmedo (TB – 114)*

Para este ensayo se utiliza los porcentajes asumidos y/o modificados del ensayo TB-113; se evalúa si después del ensayo, se mantiene un recubrimiento mayor al 90 %. Con este ensayo se evalúa la compatibilidad de la emulsión con el agregado.

Baja retención de asfalto de un sistema de lechada asfáltica puede indicar ausencia de adhesión, película de baja coalescencia, pobre formulación de la emulsión, re-emulsificación, posible falsa lechada, también la presencia de mucho relleno mineral o agregados finos de poca calidad. Anotar la ductilidad o el brillo del espécimen hervido ya que este dato puede también ser utilizado en la evaluación de la calidad del sistema.



Fig. 3.9 Recubrimiento de la emulsión en el agregado



Fig. 3.10 Recubrimiento de la emulsión en el agregado 2

- Especificación ISSA A-143 y TB 113:
 - 90% de recubrimiento retenido es satisfactorio
 - 75% a 90% se juzga como límite o marginal
 - Abajo del 75% es insatisfactorio.

3.1.9 Paso n° 09: cálculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño “wtat”, abrasión en húmedo (TB – 100)*

Para este ensayo se utilizan los porcentajes asumidos y/o modificados del ensayo TB-113. Se determina la curva, donde en la abscisa se coloca el porcentaje de emulsión (variable) y en la ordenada se coloca el desgaste (perdida por abrasión) obtenido en gr/m².

El valor de desgaste por unidad de área se calcula multiplicando el valor de gramos perdidos por el factor adecuado según el modelo de la máquina usada.



Fig. 3.11 Muestras y ensayo de WTAT



Fig. 3.12 Muestras ensayadas WTAT

- Especificación ISSA A-143:
 - *Wet-Track* pérdida por abrasión
 - Una hora de remojo: 50 g/pie² (538 g/m²) máximo
 - Seis días de remojo: 75 g/pie² (807 g/m²) máximo

3.1.10 Paso n° 10.- cálculo del porcentaje máximo de emulsión de diseño “*lwt*”, rueda cargada (TB – 109)

Para este ensayo se utiliza los porcentajes asumidos y/o modificados del ensayo TB-113; se determina la curva, donde en la abscisa se coloca el porcentaje de emulsión (variable) y en la ordenada se coloca la adhesión (adhesión de arena) obtenido en gr/m².

Este método de ensayo pretende establecer los límites máximos de contenido de asfalto en el diseño y habilitar al diseñador de la mezcla del micropavimento para que evite graves descargas bajo un tránsito pesado.



Fig. 3.13 Máquina de la rueda cargada LWT



Fig. 3.14 Ensayo de la rueda cargada LWT



Fig. 3.15 Muestra ensayada, rueda cargada LWT

- **Especificación ISSA A-143:**

Exceso de emulsión por LWT adhesión de arena: 50 g/pie^2 (538 g/m^2) máximo.

3.1.11 Paso n° 11.- cálculo del porcentaje óptimo de emulsión (TB- 100 y TB - 109)

Ambas curvas de los resultados de la TB - 100 y TB -109, se grafican en un mismo plano y por media aritmética se obtiene el porcentaje de emulsión óptimo para el diseño de micropavimento.

Debemos tener presente que los límites máximos y mínimos de emulsión es el valor de la abscisa cuando las curvas se cruzan con los 538 gr/m^2 de la ordenada (valor máximo de pérdida o adhesión).

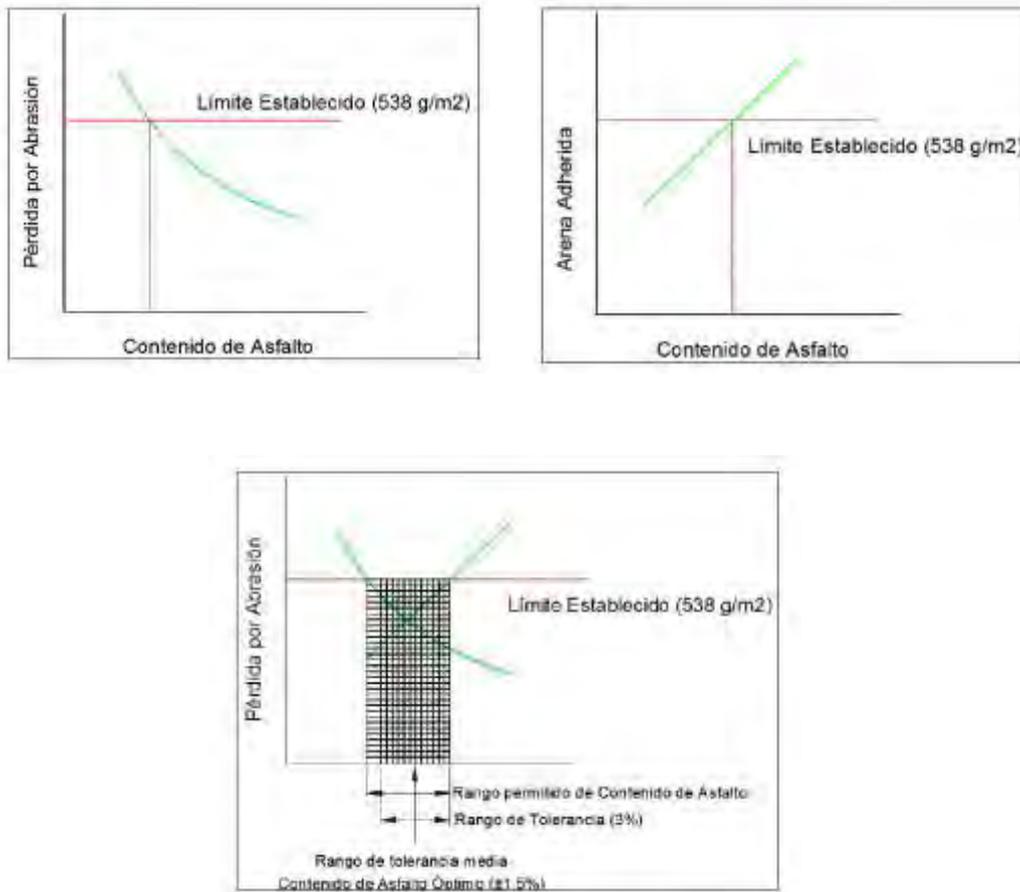


Fig. 3.16 Curvas teóricas de diseño de micropavimento

3.1.12 Paso N° 12: compatibilidad del agregado-*filler*-ligante, *Schulze Breuer* (TB – 144)*



Fig. 3.17 Ensayo de *Schulze Breuer*



Fig. 3.18 Resultados de ensayo *Schulze Breuer*

- **Especificación ISSA A-143 y TB-144:**

Se debe llegar a tener 11 puntos mínimos en total (AAA o BBA), según la tabla del TB-144

Tabla 3.1 Especificaciones para ensayo de *Schulze Breuer*

Rango de clasificación, para cada ensayo	Puntos del rango, para cada ensayo	Pérdida por abrasión, g	Adhesión, 30 min hervido, % recubierto	Integridad, 30 min de hervido, % retenido
A	4	0 – 0.7	90 – 100	90 – 100
B	3	0.7 – 1.0	75 – 90	75 – 90
C	2	1.0 – 1.3	50 – 75	50 – 75
D	1	1.3 – 2.0	10 – 50	10 – 50
0	0	2.0 +	0	0

Nota: Los estándares europeos requieren solamente de “menos de un gramos de pérdida por abrasión”. Esto sugiere que 11 puntos en total se establecen como el rango mínimo para sistemas modificados con polímeros de altas prestaciones. Para sistemas no modificados, los valores de “integridad” pueden no ser aplicables y es sujeto a las evaluaciones de campo actuales.

3.1.13 Paso N° 13: rangos aceptables de compactación y desplazamiento (TB – 147)

Para este ensayo se utiliza los porcentajes definidos de los componentes del diseño de micropavimento (óptimo de *filler* TB-139, % de agua TB-106); teniendo como variable el porcentaje de emulsión; asimismo se pueden utilizar las muestras del ensayo de la rueda cargada (TB-109).



Fig. 3.19 Resultados de ensayo de compactación y deslizamiento

- **Especificación ISSA A-143 y TB-144:**

La norma ISSA A 143, establece como máximo un desplazamiento lateral del 5% y tener una gravedad específica después de 1000 ciclos de 2.10 máximo; así mismo el *Boletín TB 147* indica que si la muestra excede “sustancialmente” 10% como desplazamiento vertical, estas no son satisfactorias para aplicaciones multicapa no compactadas.

3.2 Resultados de ensayos

3.2.1 Agregados

3.2.1.1 Ensayos de la clasificación de agregados

3.2.1.1.1 Análisis del agregado fino y agregado grueso

Tabla 3.2 Resultados de la granulometría del agregado

MALLA		Porcentaje que pasa	Especificación:	
Pulg.	mm.		ISSA TIPO III (Banda de Trabajo) (TOLERANCIAS APLICADAS)	
1"	25	100.0		
3/4"	19	100.0	Min	Max
1/2"	12.50	100.0		
3/8"	9.50	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.76	89.5	70.0	90.0
N° 8	2.36	64.8	45.0	70.0
N° 16	1.18	42.2	28.0	50.0
N° 30	0.60	28.8	19.0	34.0
N° 50	0.30	20.9	12.0	25.0
N° 100	0.15	15.3	7.0	18.0
N° 200	0.075	10.7	5.0	15.0
FONDO		0.0		

Tabla 3.3 Gráfico de granulometría del agregado

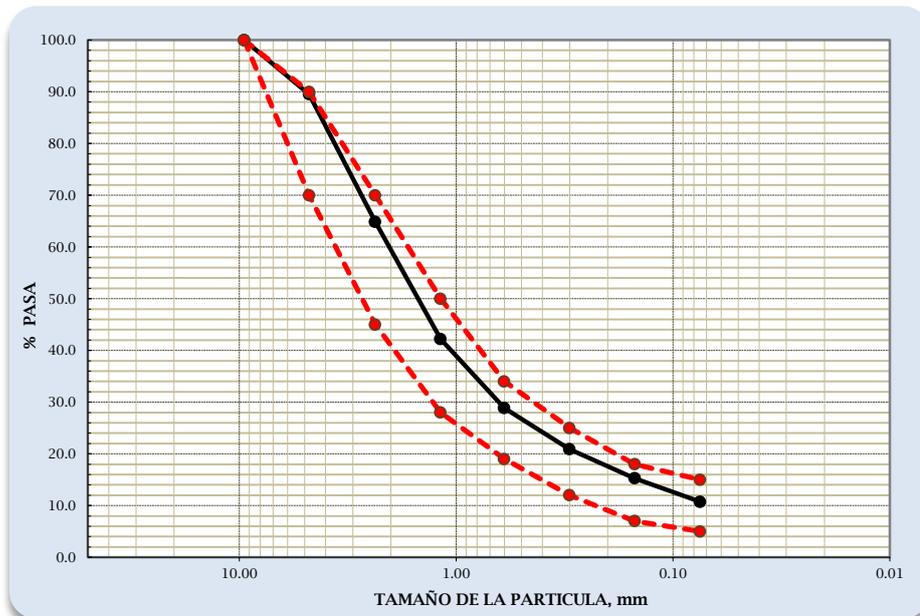
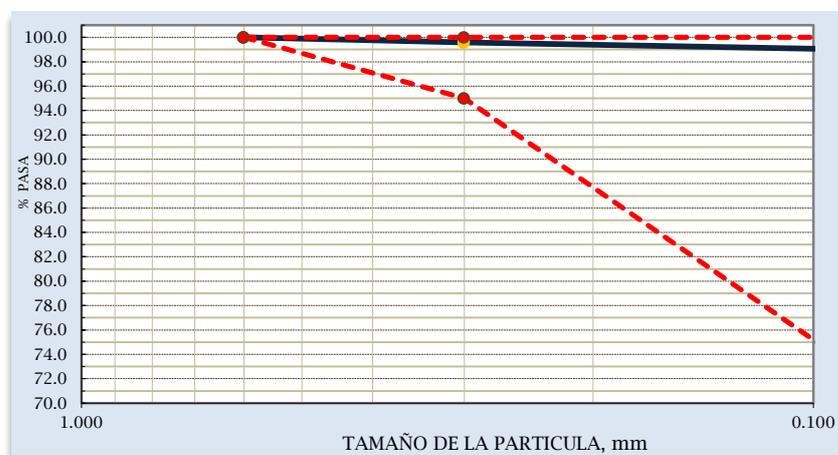


Tabla 3.4 Estructura del agregado

ESTRUCTURA DEL AGREGADO		
GRAVAS:	10.5	%
ARENAS:	78.8	%
FINOS:	10.75	%
TOTAL:	100	%

3.2.1.1.2 Filler mineral para pavimentos bituminosos y especificaciones técnicas**Tabla 3.5 Resultado de granulometría del filler**

MALLA		PORCENTAJE que pasa	ESPECIFICACIÓN ESTÁNDAR PARA FILLER MINERAL PARA MEZCLAS BITUMINOSAS PARA PAVIMENTOS (ASTM D-242)	
Pulg.	mm.		Min	Max
Nº 30	0.600	100.0	100.0	100.0
Nº 50	0.300	99.6	95.0	100.0
Nº 200	0.075	98.9	70.0	100.0
FONDO		0		

Tabla 3.6 Gráfico de la granulometría del filler**3.2.1.1.3 Gravedad específica y absorción del agregado fino****Tabla 3.7 Resultados de gravedad específica y absorción del agregado fino**

CÁLCULO DE VALORES DE GRAVEDAD ESPECÍFICA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIOS
Gravedad Específica Bulk: $G_s(s) = A / (B + S - C)$	2.506	2.508	2.507
Gravedad Específica Bulk sss: $G_s(sss) = S / (B + S - C)$	2.569	2.568	2.568
Gravedad Específica Aparente: $G_s(a) = A / (B + A - C)$	2.673	2.667	2.670
Absorción Ponderada: $A\% = (S - A) / A * 100$	2.501	2.375	2.438

3.2.1.2 Propiedades de consenso

- Peso unitario del agregado fino

Tabla 3.8 Resultado del peso unitario del agregado fino

Peso unitario del agregado fino (ASTM C-29M y AASHTO T-19).				
DETALLE DE ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
A: PESO DEL MOLDE MÁS MUESTRA ENRASADA, grs	9721.9	9716.7	9725.6	
T: PESO DEL MOLDE VACÍO Y LIMPIO, grs	6310.0	6310.0	6310.0	
V: VOLUMEN DEL MOLDE, cm ³	2123.00	2123.00	2123.00	
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO, Kg/m ³ : $PU = ((A - T) / V) * 1000$	1607.1	1604.7	1608.9	1606.9

- Contenido de arcilla del agregado fino (equivalente arena)

Tabla 3.9 Resultado del contenido de arcilla del agregado fino (equivalente arena)

Contenido de arcilla en agregado fino (valor de equivalente de arena) (ASTM D-2419 y AASHTO T-176).				
DETALLE DE ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
A: LECTURA APARENTE DE ARCILLA, cm	5.1	5.3	5.2	
B: LECTURA DE ARENA, cm	4.0	4.0	4.1	
VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA (%), $VEA = (B / A) * 100$	78.43	75.47	78.85	78

3.2.1.3 Propiedades de fuente de origen

3.2.1.3.1 Resistencia a la abrasión (máquina de los Ángeles)- tenacidad

Tabla 3.10 Resultado del ensayo a la abrasión – Máquina de los Ángeles

TAMICES		PESO DE AGREGADO PARA ENSAYO	CÁLCULOS	N° 01	N° 02	N° 03
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	1250	gr. Peso antes de ensayo	5000.0	5000.0	5000.0
1"	3/4"	1250	Retenido N° 12 (gr)	4085.6	4079.1	4045.6
3/4"	1/2"	1250	Pasa N° 12 (gr)	914.5	920.9	954.4
1/2"	3/8"	1250	% DESGASTE	18.29%	18.42%	19.09%
TOTALES		5000.0	PROMEDIO	18.60%		

3.2.1.3.2 Solidez mediante la utilización de sulfato de sodio y sulfato de magnesio

Tabla 3.11 Resultado de solidez - sulfato de sodio

	Tamiz		Peso retenido (grs)	Porcentaje retenido	MUESTRA DE ENSAYO			Porcentaje de material Degradado (Respecto a la Granulometría Original)
	Pasa	Retenido			Peso inicial	Peso final	Porcentaje de material degradado	
1er Ciclo	3/8"	Nº4	201.10	10.08%	201.10	200.90	0.10	0.01
	Nº4	Nº8	319.90	16.03%	319.90	319.40	0.16	0.03
	Nº8	Nº16	267.00	13.38%	267.00	266.10	0.34	0.05
	Nº16	Nº30	293.80	14.72%	293.80	293.40	0.14	0.02
	Nº30	Nº50	171.20	8.58%	171.20	170.80	0.23	0.02
2do Ciclo	3/8"	Nº4	201.10	10.08%	200.90	200.90	0.00	0.00
	Nº4	Nº8	319.90	16.03%	319.40	318.90	0.16	0.03
	Nº8	Nº16	267.00	13.38%	266.10	265.20	0.34	0.05
	Nº16	Nº30	293.80	14.72%	293.40	293.00	0.14	0.02
	Nº30	Nº50	171.20	8.58%	170.80	170.50	0.18	0.02
3er Ciclo	3/8"	Nº4	201.10	10.08%	200.90	199.30	0.80	0.08
	Nº4	Nº8	319.90	16.03%	318.90	317.90	0.31	0.05
	Nº8	Nº16	267.00	13.38%	265.20	264.30	0.34	0.05
	Nº16	Nº30	293.80	14.72%	293.00	292.70	0.10	0.02
	Nº30	Nº50	171.20	8.58%	170.50	170.20	0.18	0.02
4to Ciclo	3/8"	Nº4	201.10	10.08%	199.30	198.00	0.65	0.07
	Nº4	Nº8	319.90	16.03%	317.90	316.00	0.60	0.10
	Nº8	Nº16	267.00	13.38%	264.30	263.00	0.49	0.07
	Nº16	Nº30	293.80	14.72%	292.70	292.00	0.24	0.04
	Nº30	Nº50	171.20	8.58%	170.20	169.10	0.65	0.06
5to Ciclo (Final)	3/8"	Nº4	201.10	10.08%	198.00	195.60	1.21	0.12
	Nº4	Nº8	319.90	16.03%	316.00	309.90	1.93	0.31
	Nº8	Nº16	267.00	13.38%	263.00	256.00	2.66	0.36
	Nº16	Nº30	293.80	14.72%	292.00	280.00	4.11	0.61
	Nº30	Nº50	171.20	8.58%	169.10	156.10	7.69	0.66
Porcentaje de pérdida en peso de agregado por efecto del Sulfato de Sodio (aproximado al entero más cercano)								3

3.2.1.3.3 Método de prueba para determinar el valor de absorción de azul de metileno (MBV) de agregados minerales de relleno y finos (TB-145)

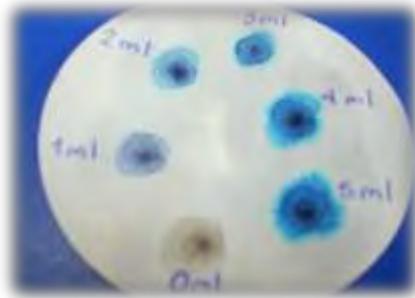


Fig. 3.20 Resultado de la absorción del azul metileno

Observaciones: El MBV (Valor de azul de metileno) reportado para este material sería: $MBV = 0.5V$, o sea $0.5(5) = 2.5$ mg/gr. Este se lee, 2.5 miligramos de azul de metileno por gramo de material. Según la ISSA TB-145, el material es aceptable pues tiene un valor inferior a 7.0 mg/gr. Además este valor bajo de MBV, indica un agregado poco reactivo.

3.2.2 Ensayos del asfalto emulsionado y residuo

3.2.2.1 Ensayos de caracterización de la emulsión de diseño (ASTM D 244)

3.2.2.1.1 Residuo por destilación

Tabla 3.12 Resultado del residuo por destilación

RESIDUO POR DESTILACIÓN (SECCIÓN 11-15)		
PESO DE ALAMBIQUE	(TR)	2311.50
PESO ALAMBIQUE + EMULSIÓN	(ME)	2511.60
PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	(MR)	2437.50
$\% A = (ME - MR) / (ME - TR) \times 100$		37.03%
$\% RA = 100 - \% A$		62.97%

3.2.2.1.2 Viscosidad

Tabla 3.13 Resultado de viscosidad *SAYBOL FUROL*

ENSAYO DE VISCOSIDAD <i>SAYBOL FUROL</i> (SECCIÓN 29-33)	
TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):	25
VISCOCIDAD <i>SAYBOLT FUROL</i> (Seg)	30

3.2.2.1.3 Prueba de la malla

Tabla 3.14 Resultado prueba de malla

PRUEBA DE MALLA (ASTM D-244)(SECCIÓN 53-58)		
PESO DE TAPADERA + TAMIZ	(MT)	673.40
PESO DE RECIPIENTE + EMULSIÓN	(MR)	1309.00
PESO DE RECIPIENTE VACÍO	(MV)	309.60
PESO DE TAPADERA+ TAMIZ+ RESIDUO (MS)	(MS)	673.60
$\%T=(MS-MT) / (MR-MV) \times 100$		0.02%

3.2.2.1.4 Estabilidad de almacenamiento

Tabla 3.15 Resultado de estabilidad en almacenamiento

PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) (SECCIÓN 77-83)		
	TOP	FONDO
PESO <i>BEAKER</i> + AGITADOR DE VIDRIO (A)	90.40	117.20
PESO <i>BEAKER</i> + AGITADOR + EMULSIÓN (B)	143.60	169.10
PESO <i>BEAKER</i> + AGITADOR +RESIDUO (C)	124.00	150.10
Porcentaje R.A. = $1 - ((B-C)/(B-A))$	63.15%	63.39 %

3.2.2.2 Ensayos de caracterización del residuo asfáltico de la emulsión

- Penetración, solubilidad en tricloroetileno, punto de ablandamiento y ductilidad

Tabla 3.16 Resultado de penetración, solubilidad, ablandamiento y ductilidad del residuo asfáltico

PRUEBAS COMPLEMENTARIAS AL RESIDUO:	
PENETRACIÓN 25° C, 100 grs, 5 seg. (ASTM D-5)(AASHTO T-49):	58 dmm
SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO (ASTM D-2042)(AASHTO T-44):	99.80%
PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):	57 °C
DUCTILIDAD 25°C, 5 c.m./min (ASTM D-113)(AASHTO T-51):	90 c.m.

3.2.3 Ensayos de diseño para el micro pavimento

3.2.3.1 Ensayos generales

3.2.3.1.1 Método del área de superficie para el diseño de la mezcla del micropavimento: calculo porcentaje teórico óptimo de emulsión requerido (TB – 118)

Tabla 3.17 Resultado de porcentaje teórico de emulsión

Cálculo del área de superficie de bitumen (SAB)		Cálculo del porcentaje de kerosene absorbido		Calculo del porcentaje teórico de emulsión requerido.	
FÓRMULA: $SAB = CSA \times t \times 0.02047 \times SGB$		FÓRMULA: $KA = (((C - B) / A) \times 100) - A$		FÓRMULA: $T. E. = ((BR = SAB + KA) \times 100) / R.A.$	
DONDE:		DONDE:		DONDE:	
SAB = Área de superficie de Bitumen, % en peso de agregado seco.	6.22	KA = kerosene absorbido, porcentaje en peso de agregado seco.	0.90	T.E. = Teórico de emulsión requerido, porcentaje en peso de agregado seco.	11.1
CSA = Área de superficie Total del agregado corregida, ft ² /lb de agregado seco.	45.62	A = Peso muestra seca (pasante Tamiz N° 4), grs.	100.00	BR = Bitumen total requerido, porcentaje en peso de agregado seco.	7.12
t = Espesor de la película de Bitumen, micrones.	7	B = Peso tara (recipiente centrifuga), grs	2460.1	R.A. = Residuo asfáltico en la emulsión, porcentaje en peso de emulsión.	63.9
SGB = Gravedad específica de Bitumen	1.025	C = Peso muestra + tara + kerosene, grs	2561.0	NOTA: Este porcentaje representa el teórico de emulsión requerido para lograr cubrir satisfactoriamente la totalidad del área de superficie del agregado tipo III, a utilizar en el diseño, por lo cual, de aquí en adelante se asumirá como porcentaje óptimo teórico de emulsión, para las pruebas posteriores.	
NOTA: 0.02047 es un coeficiente de conversión para las unidades de la ecuación		NOTA: Los requerimientos de absorción del agregado son determinados usando la Prueba del Equivalente Centrifugo de Kerosene (CKE)			

3.2.3.1.2 Procedimiento de pruebas de mezcla para diseño de micropavimentos: examinación y evaluación del performance de la mezcla (TB-113)

Tabla 3.18 Resultado de performance (trabajabilidad)

ISSA TB-113: EXAMINACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PERFORMANCE DE LA MEZCLA									
PORCENTAJE DE FILLER	PORCENTAJE DE EMULSION	PORCENTAJE DE RESIDUO ASFALTICO	PORCENTAJE DE AGUA AÑADIDA	PORCENTAJE DE ADITIVO	VALORES DE PRUEBA				
					Tiempo de rotura (seg.)	Tiempo I inicial de cohesión (Set Time) (min.)	Habilidad del sistema para mezclarse y mantenerse homogéneo por 120 seg. mínimo	ISSA TB-102: PRUEBA DE RESISTENCIA AL AGUA (1 hora de curado 25°C)	
								La "No presencia" de manchas café en la prueba del papel absorbente.	La apariencia después de lavado de "no más" que una decoloración ligera del agua.
0.25	11.0	6.93	9.00	0.00	240.0	15.0	ok!	ok!	ok!
0.50	11.0	6.93	9.00	0.00	210.0	12.0	ok!	ok!	ok!
0.75	11.0	6.93	9.00	0.00	180.0	9.0	ok!	ok!	ok!
1.00	11.0	6.93	9.00	0.00	150.0	6.0	ok!	ok!	ok!

Tabla 3.19 Gráfico de rotura del sistema

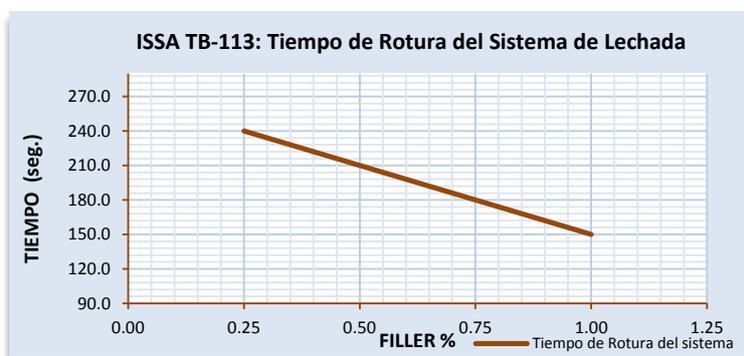
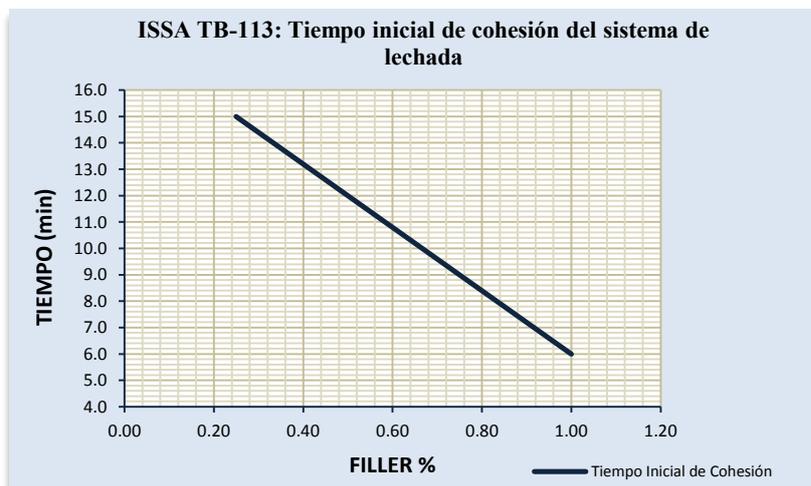


Tabla 3.20 Gráfico de cohesión inicial del sistema



Según los resultados obtenidos en el ensayo ISSA TB-113, se hace la observación que cada sistema evaluado presenta un comportamiento deseado de mezclado manteniendo la consistencia adecuada (como mínimo 120 seg.), para evitar efectos indeseables como: drenaje de finos, flotación de asfalto, *filler* incompatible, o exceso de agua.

Por el contrario todas las mezclas de prueba, después de transcurrida 1 hora de curado a temperatura ambiente, y ser sometidas al proceso de lavado (ISSA TB-102) presentan una coloración de superficie "egra" y una fuerte adhesión interna del agregado, demostrando la compatibilidad del sistema y ofrecen mezclas de curado "rápido".

3.2.3.1.3 Medición de la consistencia del micropavimento: cálculo del rango de porcentaje humedad en el mezclado óptimo (TB- 10)

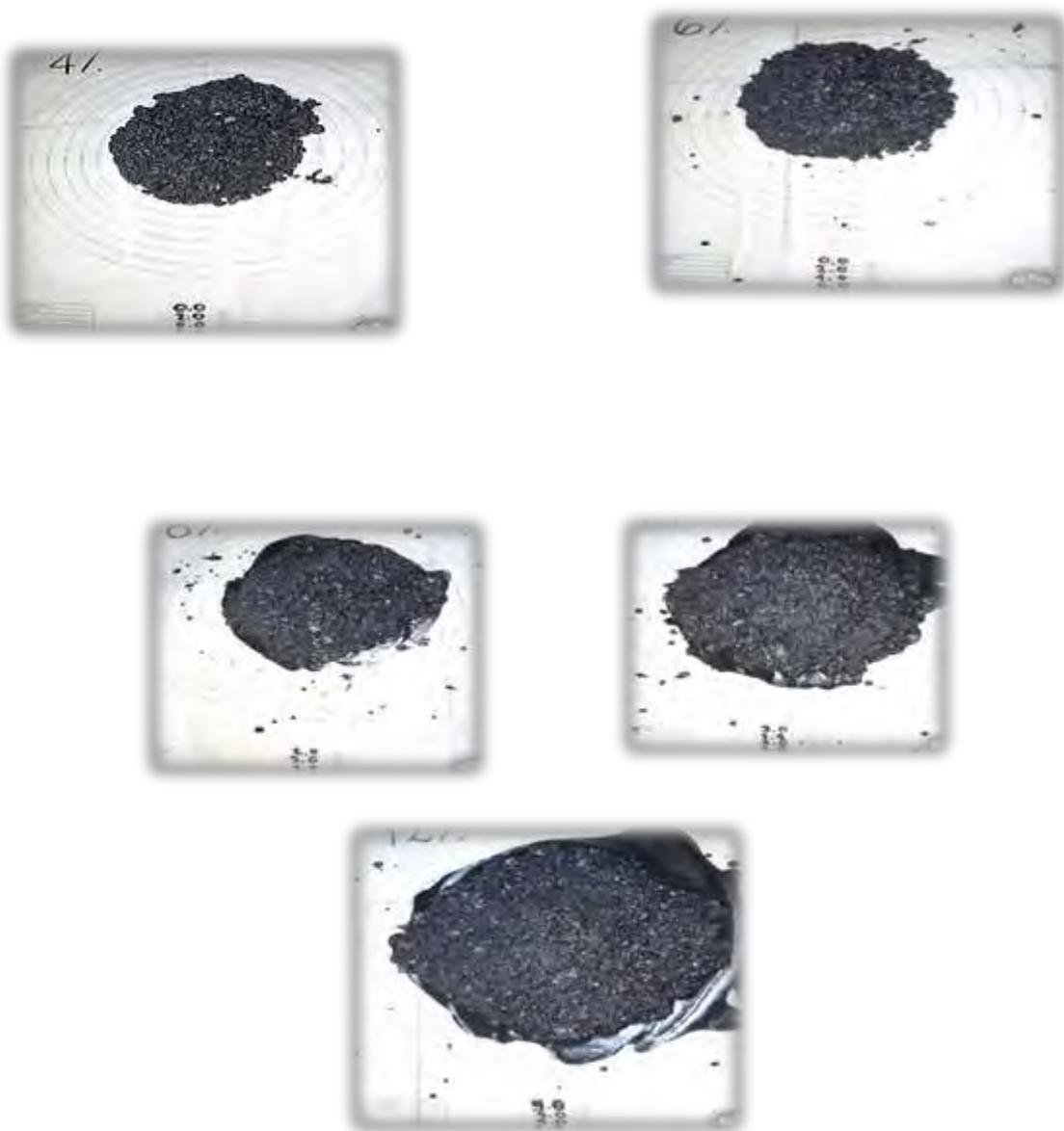
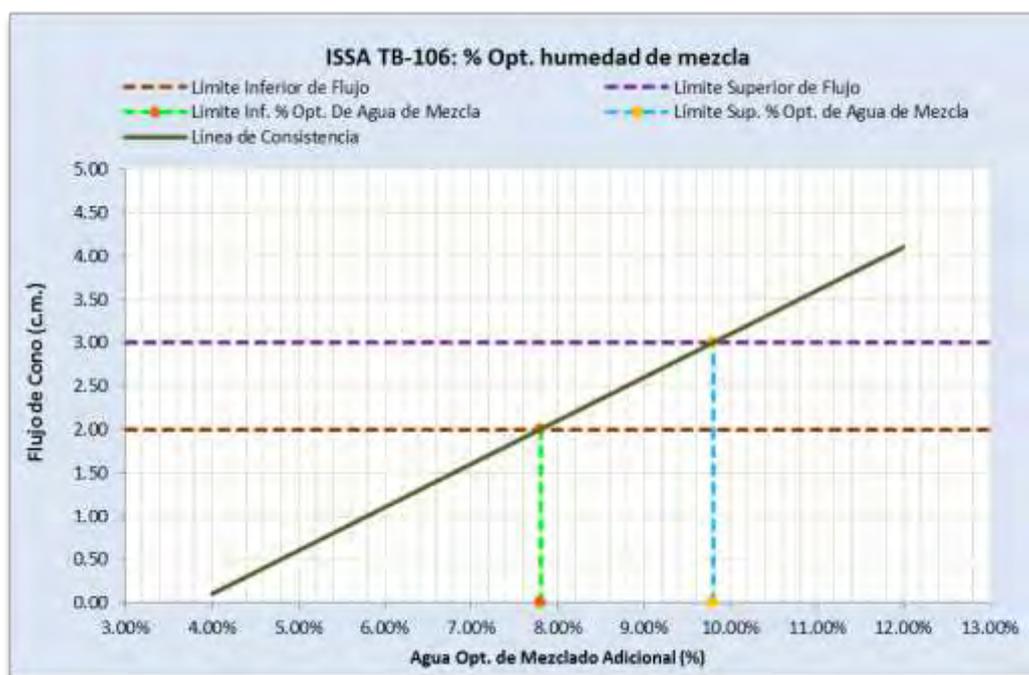


Fig. 3.20 Porcentaje óptimo de humedad

Tabla 3.21 Resultado de porcentaje óptimo de humedad

LÍNEAS DE PARÁMETROS DE ESPECIFICACIÓN ISSA TB-106								Rango Opt. de humedad de mezcla
Líneas : limite recomendado de flujo				Líneas de rango: agua óptima de mezclado				
Límite inferior (2c.m.)		Limite superior (3 c.m.)		Límite inferior (c.m.)		Limite superior (c.m.)		7.8 a 9.8% de humedad adicional.
0.00	2.00	0.00	3.00	7.80	0.00	9.80	0.00	
13.00	2.00	13.00	3.00	7.80	2.00	9.80	3.00	

Tabla 3.22 Gráfico de porcentaje óptimo de humedad de la mezcla



Para efectos de diseño, se tomará como valor óptimo de mezcla el 9% de humedad adicional añadida a la mezcla, valor que se encuentra más o menos a la mitad del rango óptimo de humedad de mezcla, el cual nos permite garantizar una mezcla estable y trabajable de diseño. En campo debe asumirse la humedad de mezcla dentro del rango determinado de humedad, no puede fijarse un valor, pues depende de las condiciones de clima

3.2.3.1.4 Método de prueba para clasificar sistemas de mezclas de agregado-asfalto emulsificado según la medida, del probador de cohesión modificado, de las características de curado y puesta a punto: cálculo del porcentaje teórico de *filler* mineral de diseño (TB – 139)*.

Tabla 3.23 Resultado del porcentaje teórico de *filler*

PRUEBA DE COHESIÓN ISSA TB 139							
FILLER (%)	EMULSIÓN (%)	RESIDUO ASFÁLTICO (%)	AGUA AÑADIDA (%)	ADITIVO (%)	COHESIÓN		
					TIEMPO (HORAS)	TORQUE (LBS-PULG.)	TORQUE (KG-CM)
0.25	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	9.5	10.9
					1.0	11.0	12.7
					1.5	13.0	15.0
					2.5	15.5	17.9
					3.5	18.0	20.7
					4.5	20.0	23.0
					5.0	22.5	25.9
0.50	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	10.0	11.5
					1.0	13.0	15.0
					1.5	15.5	17.9
					2.5	18.5	21.3
					3.5	20.0	23.0
					4.5	22.5	25.9
0.75	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	12.5	14.3
					1.0	14.5	16.7
					1.5	17.5	20.2
					2.5	20.0	23.0
					3.5	21.0	24.2
					4.5	22.5	25.9
Porcentaje óptimo de <i>Filler</i> mineral en la mezcla de diseño según gráfica de cohesión a 25°C							
1.00	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	13.0	15.0
					1.0	18.0	20.7
					1.5	20.0	23.0
					2.5	22.0	25.3
					3.5	22.5	25.9

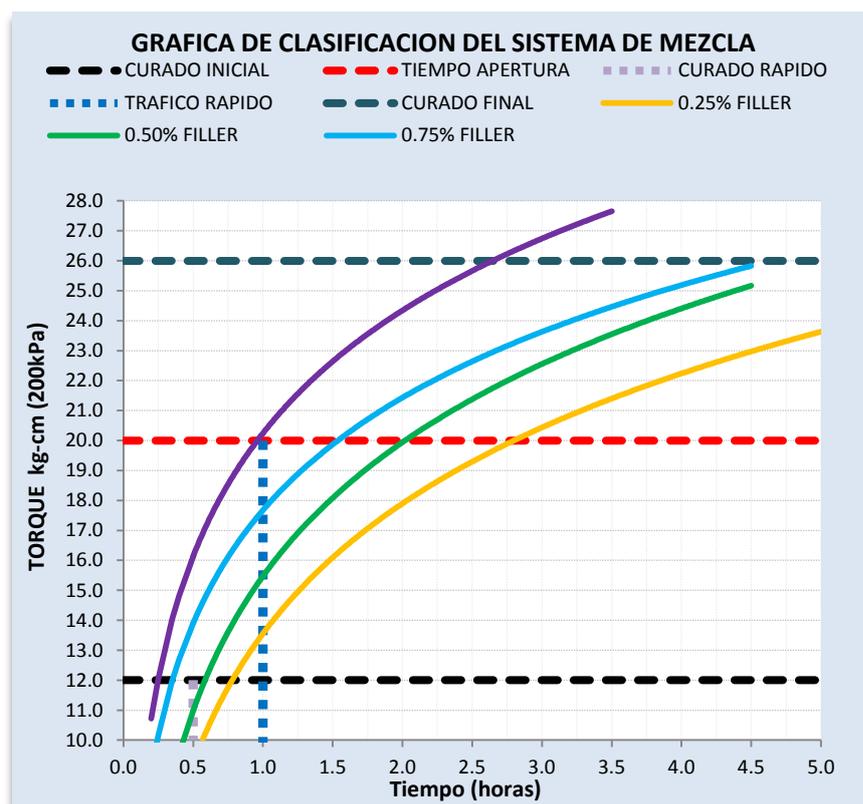
Tabla 3.24 Ecuación de tendencia de 1% $y=59156 \ln (x)+20.242$

LÍNEAS DE TENDENCIA	0.50%	0.75%	1.00%
0.20	5.09	8.94	10.72
0.25	6.53	10.15	12.04
0.35	8.70	11.98	14.03
0.40	9.56	12.70	14.82
0.50	11.00	13.91	16.14
1.00	15.47	17.67	20.24

El valor de 12 kg-cm de torque, define haber alcanzado el curado inicial, y es deseable obtenerlo a los 30 min. o menos de haber hecho la mezcla. El valor de 20 kg-cm de torque define el valor para el cual el *Microsurfacing* está apto para recibir la "apertura inicial al tráfico", Este valor es requerido a la hora de haber hecho la mezcla.

Según la gráfica, el 1% de *Filler* mineral en la mezcla, nos garantiza una curva de cohesión deseada para clasificar el sistema de mezcla, como uno de "curado y apertura rápida al tráfico (1 hora después de la colocación)". Es de aclarar que este ensayo se ha hecho inicialmente a temperatura controlada de laboratorio 25°C, tanto para los materiales como el ambiente. Por lo tanto este valor del 1% de *Filler* mineral se tomará como porcentaje óptimo teórico durante el proceso de diseño, mientras se efectúa el ensayo, durante la prueba de campo, en condiciones más representativas de clima y temperatura.

Tabla 3.25 Gráfica de clasificación del sistema de mezcla por curva de cohesión



3.2.3.1.5 Prueba de desnudamiento en húmedo para mezclas curadas de lechada asfáltica (TB – 114)*.

Según la estimación visual de la adherencia del ligante y del área inicial cubierta de agregado, se puede estimar un recubrimiento retenido del 95% del total de área de agregado

	
<p>1er paso: Muestra representativa de Mezcla Curada, proveniente del ensayo ISSA TB-106, de MicroSurfacing Tipo III.</p>	<p>2do paso: Selección de 10 grs de mezcla curada, obtenida del ensayo ISSA TB-106, como muestra para ensayo.</p>
	
<p>3er paso: Adición de 400 ml. de agua destilada en un beaker de 600 ml., puesto en un "Plato Caliente", para ebullición a 100°C.</p>	<p>4to paso: Colocación de los 10 grs de muestra dentro del beaker con agua en ebullición, dejando transcurrir 3 minutos.</p>
	
<p>5to paso: Al final de los 3 minutos de estar la muestra en ebullición, el beaker es removido del plato caliente y se ha dejado enfriar. Luego agua fría se utiliza para llenar el beaker y retirar así el asfalto libre flotante, evitando que alguna partícula de mezcla se pierda.</p>	<p>6to paso: El agua es entonces decantada y la muestra es colocada en papel absorbente y se procede a la determinación visual de la adherencia de la película de ligante asfáltico y/o área cubierta.</p>

Fig 3.21 Resultado de desnudamiento en húmedo de la mezcla

3.2.3.2 Ensayos para performance de diseño

3.2.3.2.1 Método de prueba para la abrasión en húmedo de superficies de lechada asfáltica: cálculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño - WTAT (TB – 100) y método de prueba para la medición del exceso de asfalto en mezclas bituminosas por el uso del probador de rueda cargada y adhesión de arena: cálculo del porcentaje máximo de emulsión de diseño – LWT (TB – 109)*

Tabla 3.26 Cálculo del porcentaje mínimo y máximo de emulsión de diseño

Calculo % mínimo y máximo de emulsión de diseño											
PORCENTAJE DE EMULSION	PORCENTAJE DE RESIDUO ASFALTICO	ESPECIMENES WTAT (1 HORA)		ESPECIMENES LWT		PÉRDIDA grs		PÉRDIDA grs/m2		Factor multiplicador	
		PESO INICIAL	PESO FINAL	PESO INICIAL	PESO FINAL	WTAT	LWT	WTAT	LWT	WTAT	LWT
9.0	5.67	2410.80	2397.60	739.70	743.40	13.20	3.70	434.28	273.06	32.90	73.80
11.0	6.93	2176.60	2171.80	713.10	718.05	4.80	4.95	157.92	365.31		
13.0	8.19	2314.00	2312.00	659.50	666.90	2.00	7.40	65.80	546.13		
15.0	9.45	2340.60	2339.90			0.70		23.03			

Tabla 3.27 Resultado de la pérdida a los 6 días WTAT

% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	ESPECIMENES WTAT (6 DIAS)		PERDIDA grs	PERDIDA grs/m2	Factor multiplicador
		PESO INICIAL	PESO FINAL	WTAT (6 DIAS)	WTAT (6 DIAS)	WTAT (6 DIAS)
9.0	5.67	2219.10	2197.10	22.00	723.80	32.90
11.0	6.93	2384.70	2374.30	10.40	342.16	
13.0	8.19	2363.10	2355.70	7.40	243.46	
15.0	9.45	2345.60	2341.90	3.70	121.73	

Tabla 3.28 Gráfico de resultado WTAT

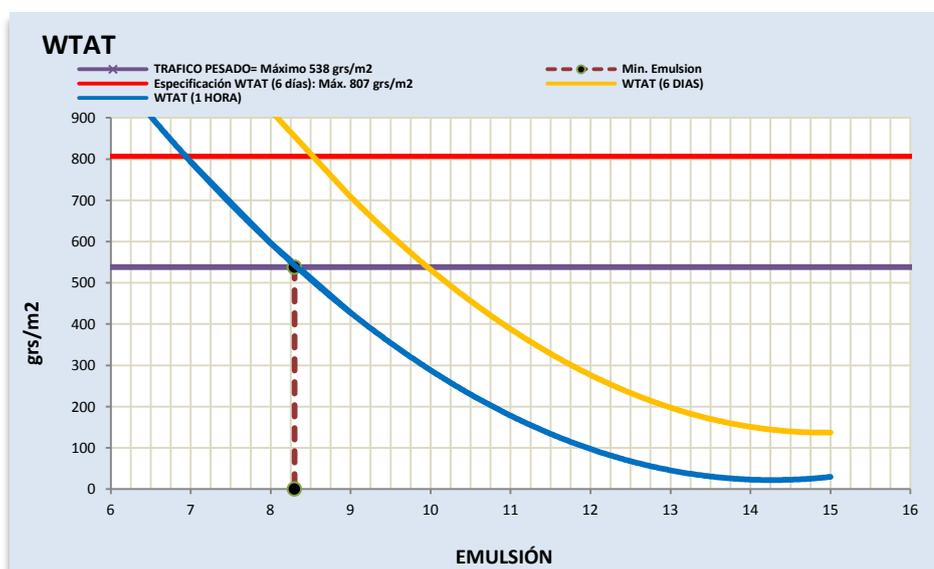
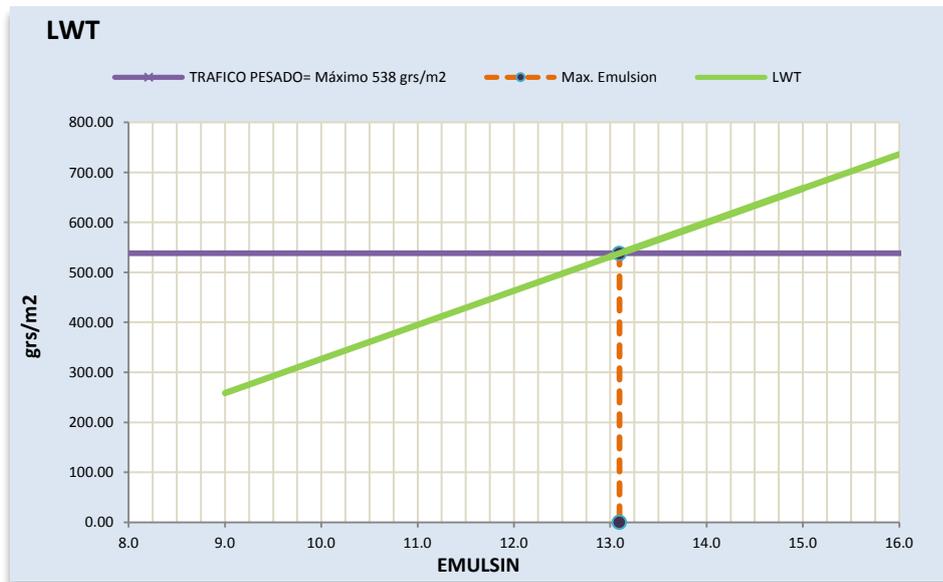


Tabla 3.29 Gráfico de resultado de LWT



3.2.3.3 Ensayo de compatibilidad y comportamiento a largo plazo

3.2.3.3.1 Método de ensayo para la clasificación de la compatibilidad del agregado-filler-ligante por los procedimientos *Schulze-Breuer* y *Ruck* (TB-144)

Tabla 3.30 Resultado del ensayo de compatibilidad *Schulze Breuer*

Peso inicial seco (gr)	Peso inicial saturado con superficie seca (6 días de inmersión) (gr)	Absorción (%)	Peso después de abrasión (gr)	Pérdida de peso después de abrasión (gr)	Peso después de de 30' de hervido (gr)	integridad después de 30' de hervido (%)	Adhesión después de 30' de hervido (%) visual	Grado
A	B	$C=(B-A)/A*100$	D	$E=B-D$	F	$G=F/B*100$	H	
39.84	40.88	2.61	40.69	0.19	40.35	98.70	98	A
39.92	40.95	2.58	40.75	0.20	40.40	98.66	98	A
39.85	40.80	2.38	40.64	0.16	40.56	99.41	98	A
39.86	40.95	2.73	40.79	0.16	40.77	99.56	98	A
39.86	40.89	2.58	40.67	0.22	40.60	99.29	98	A
PROMEDIOS		2.6		0.19		99.12	98	A

3.2.3.3.2 Medición de la estabilidad y resistencia a la compactación, vertical y lateral desplazamiento de mezclas de agregado fino en frío multicapa: cálculo de los rangos aceptables de compactación y desplazamiento del sistema de mezcla (TB-147)

Tabla 3.31 Resultado del ensayo de compactación y deslizamiento

% DE EMULSIÓN	% DE RESIDUO ASFÁLTICO	ESPESOR NOMINAL DEL MOLDE (mm)	PESO NOMINAL DE LA PLACA (grs)	Nº DE CICLOS "LWT" DE COMPACTACION	TEMPERATURA DE COMPACTACIÓN	ESPECÍMENES LWT			
						PESO INICIAL	VOLUMEN INICIAL DEL ESPECÍMEN (cm3)	PESO DESPUÉS DEL CICLO DE COMPACTACIÓN	DIFERENCIA DE PESO (grs)
9.0	5.67	13.00	200.30	1000	22°C (+ ó - 2°C)	709.90	270.25	712.80	2.90
11.0	6.93		198.30			703.50	263.97	707.10	3.60
13.0	8.19		190.05			665.40	260.98	668.50	3.10
% DE EMULSIÓN	Gravedad Especifica			CÁLCULO DEL DESPLAZAMIENTO LATERAL Y VERTICAL					
	INICIAL	VOLUMEN FINAL DEL ESPECÍMEN (cm3)	DESPUÉS DEL CICLO DE COMPACTACION	ANCHO INICIAL (mm)(Promedio)	ANCHO FINAL (mm)(Promedio)	% DE DESPLAZAMIENTO LATERAL	ESPESOR INICIAL (mm) (Promedio)	AHUELLAMIENTO (mm) (Promedio)	% DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL
9.0	1.886	255.88	2.003	51.70	53.42	3.33	14.70	1.23	8.37
11.0	1.914	244.17	2.084	51.73	54.28	4.93	14.35	1.70	11.85
13.0	1.821	244.24	1.959	51.72	53.45	3.34	14.19	1.34	9.44

Tabla 3.32 Línea de valores de desplazamiento y porcentaje óptimo de emulsión

Línea de valores de desplazamiento % porcentaje óptimo de emulsión (según gráfica WTAT Vs. LWT)					
Desplazamiento lateral del porcentaje óptimo	Desplazamiento vertical del porcentaje óptimo	Línea punto de intersección gráfico desplazamiento vertical del porcentaje óptimo		Línea punto de Intersección gráfico desplazamiento lateral del porcentaje óptimo	
4.89	11.71	10.7	0	10.7	0
ok!	ok!	10.7	11.71	10.7	4.89

Tabla 3.33 Gráfica medición de gravedad específica del espécimen

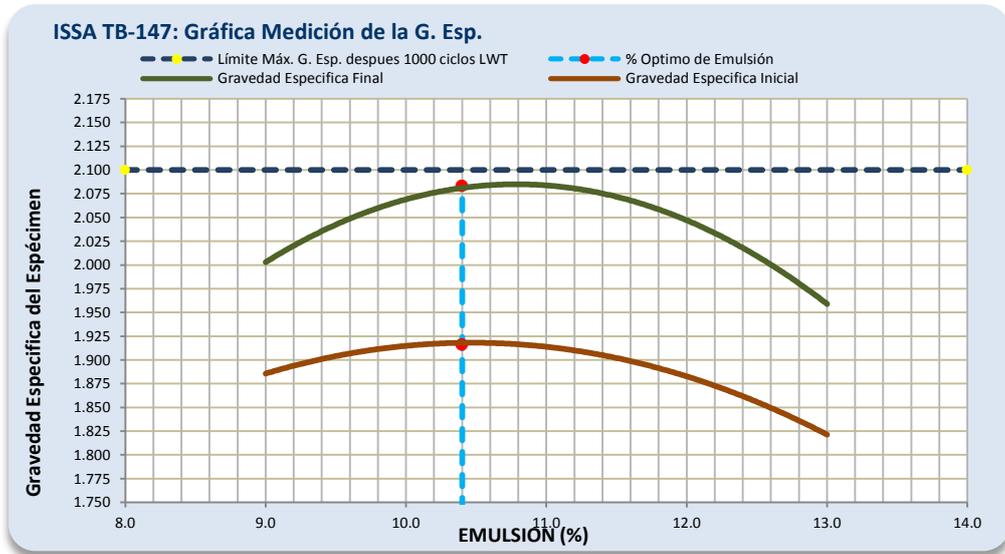
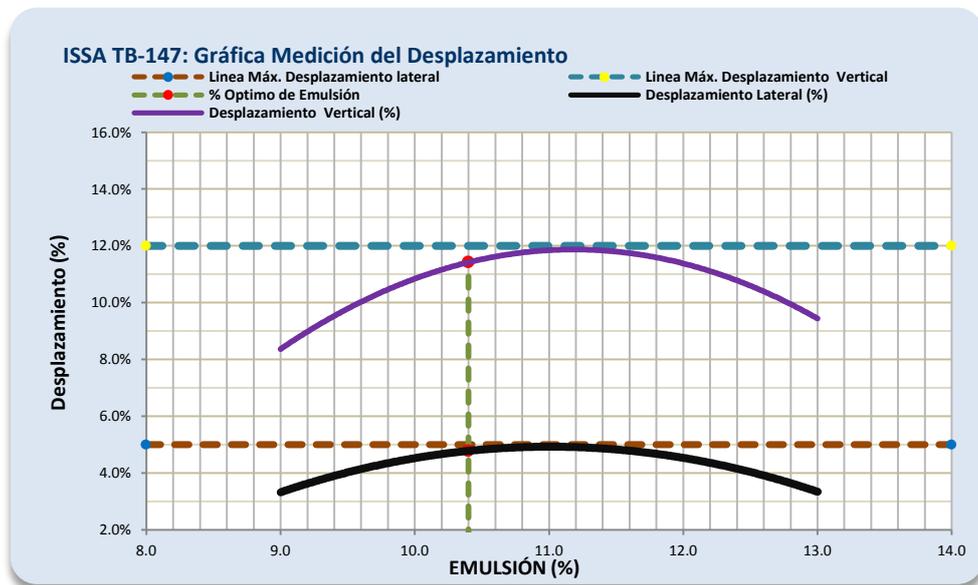


Tabla 3.34 Gráfico de medición de desplazamiento



3.3 Resumen de resultados de ensayo

Tabla 3.35 Resultados de los ensayos para el diseño del micropavimento: insumos

TIPO Y CALIDAD DE MATERIALES							
TIPO	DESCRIPCIÓN	NORMA DE ENSAYO DE CALIDAD SEGÚN ISSA A-143 (Feb. 2010)	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE DISEÑO	ACEPTACIÓN		
Ligante Bituminoso: emulsión modificada con Polímero: CQS-1hp (producida en planta de emulsiones de ASFALCA)	Emulsión catiónica de rompimiento acelerado controlado	REQUERIMIENTOS: AASHTO M-208 (ASTM D-2397)	Viscosidad <i>Saybolt Furol</i> 20 a 100 seg.	30 seg.	ok!		
			Prueba de malla, max. 0.10%	0.02%	ok!		
			Penetración, 25°C, 100 gr, 5s: 40 a 90 dmm	58 dmm	ok!		
			Ductilidad, 25°C, 5cm/min: mínimo 40 cm.	90 cm.	ok!		
			Solubilidad en tricloroetileno: mínimo 97.5%	99.80%	ok!		
		EXCEPCIONES A LOS REQUERIMIENTOS DE AASHTO M-208 (ASTM D-2397) SEGÚN ISSA A-143					
		AASHTO T-59 (ASTM D-6930)	Estabilidad en almacenamiento a 24h, Max. 1%	0.24%	ok!		
			Destilación, mínimo 62%	62.97%	ok!		
		AASHTO T-53 (ASTM D-36)	Punto de ablandamiento (anillo y bola), mínimo 57°C	57°C	ok!		
		Agregado mineral triturado (Banco de Aporte "La Cantera S.A. de C.V.)	ISSA TIPO III	AASHTO T-27(ASTM C-136) Y AASHTO T-11(ASTM C-117)	ISSA A-143 SECCION 4.2.3: GRADACIÓN: TIPO III	CUMPLE	ok!
ISSA A-143 SECCION 4.2.2: ENSAYOS DE CALIDAD AGREGADOS							
AASHTO T-176 (ASTM D-2419)	65% mínimo			78.0%	ok!		
AASHTO T-104 (ASTM C-88)	15% máximo			3.0%	ok!		
AASHTO T-96 (ASTM C-131)	30% máximo			18.6%	ok!		

Tabla 3.36 Resultado de los ensayos para el *performance* del micropavimento

ISSA A-143, SECCIÓN 5.2: DISEÑO DE MEZCLA: EVALUACIÓN DE LA PERFORMANCE				
ENSAYO	ISSA TB N°	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DE DISEÑO	ACEPTACIÓN
Tiempo de mezcla (25°C)	TB 113	Controlable a 120 seg. mínimo.	150 seg.	ok!
Cohesión húmeda	TB 139	12 kg-cm (mínimo)	16.14 kg-cm	ok!
30 Minutos mínimo (curado)		20 kg-cm o casi giro completo (mínimo)	20.24 kg-cm	ok!
60 Minutos mínimo (trafico)				
Desnudamiento húmedo	TB 114	Pasa (90% mínimo)	95%	ok!
Perdida por abrasión húmeda	TB 100	50 grs/ft2 (538 grs/m2) máximo	(Para 10.7% emulsión) 208.1 grs/m2	ok!
1 hora de inmersión		75 grs/ft2 (807 grs/m2) máximo	427.8 grs/m2	ok!
6 días de inmersión				
Exceso de asfalto por LWT adhesión de arena	TB 109	50 grs/ft2 (538 grs/m2) máximo	(Para 10.7% emulsión) 374.4 grs/m2	ok!
Desplazamiento lateral	TB 147	5% máximo	4.89%	ok!
G. Esp. (1000 ciclos LWT)		2.10 máximo	2.08	ok!

Capítulo 4

Diseño definitivo de micropavimento

4.1 Diseño del porcentaje óptimo de emulsión

Según las normas ISSA A-143, los ensayos mínimos para el diseño del micropavimento son los siguientes:

Tabla 4.1 Especificaciones para el diseño de micropavimento

PRUEBA	ISSA TB N ^o .	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezcla @ 77°F (25°C)	TB 113	Controlable a 120 segundos mínimos
Cohesión húmeda @ 30 Minutos mínimo (rotura) @ 60 Minutos mínimo (tráfico)	TB 139	12 kg-cm mínimo 20 kg-cm o girar cerca mínimo
Desnudamiento húmedo	TB 114	Pasa (90% mínimo)
Perdida por abrasión húmeda 01 hora de remojo 06 días de remojo	TB 100	50 g/ft ² (538 g/m ²) máximo 75 g/ft ² (807 g/m ²) máximo
Desplazamiento lateral Gravedad específica después de 1000 ciclos de 125 lb (56.71 kg)	TB 147	5% máximo 2.10 máximo
Exceso de asfalto por LWT adhesión de arena	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ²) máximo
Clasificación compatibilidad	TB 144	11 Grade Points minimum (AAA, BAA)

Para obtener el óptimo porcentaje de emulsión en un diseño, se grafican conjuntamente los resultados de las pruebas TB 100 y TB 109; así, mediante un promedio del porcentaje máximo de emulsión y el porcentaje mínimo de emulsión, se obtiene el porcentaje óptimo de emulsión.

Tabla 4.2 Resultados de WTAT y LWT

DETERMINACIÓN GRÁFICA DEL % ÓPTIMO DE EMULSIÓN ASFÁLTICA SEGÚN TENDENCIAS							
WTAT		LWT		Líneas auxiliares			
Puntos	Valor	Puntos	Valor	Línea de tráfico Pesado		% óptimo de Emulsión	
7	793.69	13	531.37	0	538	10.7	538
8	596.00	14	599.63	17	538	10.7	0
9	427.50	15	667.90	Eje de % mínimo		Eje de % máximo	
Especificación WTAT		Línea de especificación WTAT (6 DIAS)		8.30	538	13.10	538
1 hora	538 grs/m ²	0	807	8.30	0	13.10	0
6 días	807 grs/m ²	17	807	Tolerancia % máx. emulsión		Tolerancia % mín. emulsión	
				12.2	538	9.2	538
				12.2	0	9.2	0

Tabla 4.3 Gráfico de diseño de micropavimento WTAT versus LWT

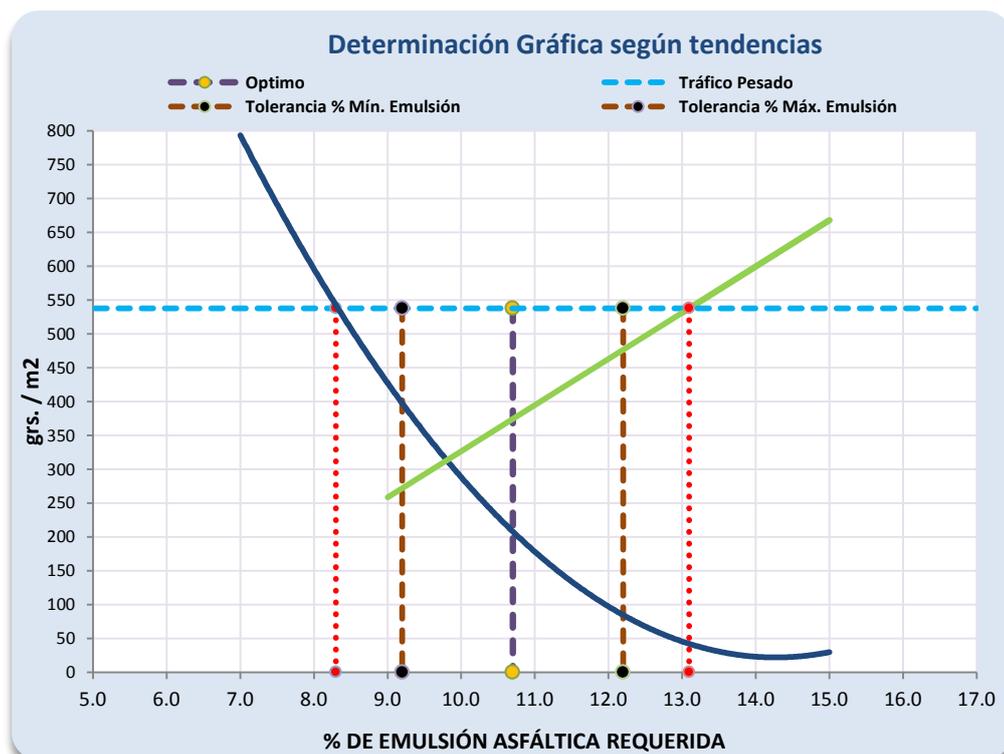


Tabla 4.4 Porcentaje óptimo de emulsión asfáltica

Porcentaje mín. emulsión (WTAT)	8.30	TOLERANCIAS	
Porcentaje máx. emulsión (LWT)	13.10	% mín. emulsión	9.2
PORCENTAJE ÓPTIMO DE EMULSIÓN:	10.7	% máx. emulsión	12.2

Para el cálculo de las curvas WTAT y LWT, se toman los valores de numeral 3.2.7.1 y se crea una línea de tendencia con su respectiva extrapolación.

Tabla 4.5 Límites de los componentes de los micropavimento

MATERIALES COMPONENTES	LÍMITES
Asfalto residual	5.5 - 10.5% por peso de agregado seco
Mineral de relleno	0.0 - 3.0% por peso de agregado seco
Polímero modificador	Mínimo de 3% solido basado en peso de bitumen contenido
Aditivo	Si es requerido
Agua	Si es requerido para producir una adecuada consistencia de mezcla

Las tolerancias máximas y mínimas del porcentaje óptimo de emulsión son las determinadas añadiéndole a este óptimo, un 1.5 % más o menos, según lo indicado en la TB No 111.

4.2 Interpretación de los resultados

El porcentaje mínimo de emulsión según la prueba TB 100 (WTAT) es 8.30 % en peso del agregado.

El porcentaje máximo de emulsión según la prueba TB 109 (LWT) es 13.10 % en peso del agregado grueso.

Para determinar el porcentaje óptimo de emulsión, simplemente se efectúa una media aritmética, la cual no brinda el equilibrio entre lo máximo y lo mínimo.

El óptimo de emulsión es de 10.7 % (6.74 % de residuo asfáltico) del peso del agregado seco

Tabla 4.6 Dosificación del diseño de micropavimentos

DOSIFICACIÓN DE DISEÑO: MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA			
TIPO	PROPORCIÓN	ENSAYO DE CALIDAD PARA SU DETERMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN SEGÚN ISSA A-143 (Feb. 2010)
EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO TIPO CQS-1hp.	Óptimo de diseño: 10.7% (6.74% residuo asfáltico) por peso de agregado seco.	ISSA TB 100 (WTAT) vers. ISSA TB 109 (LWT)	5.5 - 10.5% R. A. POR PESO SECO DE AGREGADO
FILLER MINERAL	Óptimo de diseño: 1.0% por peso de agregado seco.	ISSA TB 139	0.0 - 3.0% POR PESO SECO DE AGREGADO
CONTENIDO DE POLÍMERO	Óptimo de diseño: igual o mayor al 3% basado en el peso del contenido de asfalto.	AASHTO T-59 (ASTM D-6997)	Mínimo el 3% de polímero basado en el peso del contenido de asfalto en la emulsión de diseño.
ADITIVO	Óptimo de diseño: Sin agregar aditivo para mezclar. (valor sujeto a condiciones de campo)	ISSA TB 145	Como sea necesario.
AGUA ADICIONAL PARA MEZCLA	Óptimo de diseño: (rango del 7.8 a 9.8% de agua adicional a la emulsión por peso de agregado seco). (valor sujeto a condiciones de campo)	ISSA TB 106	Como sea necesario.

Después de determinar el porcentaje mínimo de emulsión para un diseño de micropavimento, es importante, para la etapa constructiva, tener presente:

- **La prueba de mezclado (TB-113):** es usada para predecir cuánto tiempo el material puede ser mezclado en las máquinas antes que comience a romper. Es decir más se utiliza para información trabajada por el contratista que por la calidad del producto final; sin embargo, es importante realizar una buena prueba de campo para verificar las fuentes de material, tanto de la emulsión asfáltica como del agregado. La prueba de mezclado y tiempo de rotura deberá ser realizado a las temperaturas más altas esperadas durante la construcción y una verificación en campo.
- Todos los materiales componentes usados en el diseño de micropavimento deben ser representativos de los materiales propuestos por el contratista para ser usados en la ejecución de la obra, lo cual garantizaría un buen desempeño de la mezcla.
- Una vez determinado los porcentajes de cada material del micropavimento, estos pueden ser reajustados durante la construcción basada en las condiciones de campo. Se

recomienda que el laboratorio certifique y avale dichos reajustes: en especial el cálculo del porcentaje óptimo de *filler* (TB-139).

- La superficie tratada podrá ser entregada al tránsito una vez que la mezcla haya “roto” y no se deforme con el paso de los vehículos.
- El micropavimento no deberá ser aplicado si, tanto la temperatura del pavimento o del aire, están debajo de los 10 ° C. y bajando; pero puede ser aplicada cuando ambas temperaturas están encima de los 7 ° C y subiendo. Ningún micropavimento deberá ser aplicado cuando hay peligro que el producto finalizado congelará antes de las 24 horas. La mezcla no deberá ser aplicada cuando las condiciones climáticas prolongan la apertura al tráfico más allá de un tiempo razonable.

4.3 Comparación de diseño entre norma peruana y la utilizada en El Salvador- ISSA A-143

4.3.1 Ensayos a los agregados

- Análisis del agregado fino y grueso Salvador: Los ensayos para los agregados están regulados por la *norma ISSA A-143*, según la tabla adjunta. La granulometría se efectúa siguiendo las normas *ASTM C-136 Y C-117 o AASHTO T-27 y T-11 ISSA*.

Tabla 4.7 Granulometría para el agregado ISSA-A143

MEDIDA DEL TAMIZ	ISSA		TOLERANCIA DE ACOPIO
	TIPO II	TIPO III	
3/8" (9.5 mm.)	100	10	± 5%
Nº 4 (4.75 mm.)	90-100	70-90	± 5%
Nº 8 (2.36 mm.)	65-90	45-70	± 5%
Nº 16 (1.18 mm.)	45-70	28-50	± 5%
Nº 30 (600 µm)	30-50	19-34	± 5%
Nº 50 (330 µm)	18-30	12-25	± 5%
Nº 100 (150 µm)	10-21	7-18	± 5%
Nº 200 (75 µm)	5-15	5-15	± 5%

Perú: Los ensayos para los agregados se encuentran regulados por la *sección 425 de la norma peruana EG-2013*, la granulometría se efectúa siguiendo la norma MTC - E204.

Tabla 4.8 Granulometría para el agregado EG-2013

TAMICES		BANDAS GRANULOMÉTRICAS PORCENTAJE EN PESO QUE PASA, %			
mm.	ASTM	TIPO M I	TIPO M II	TIPO M III	TIPO M IV
(12.5 mm.)	1/2"				100
(10.0 mm.)	3/8"		100	100	85-98
(5.0 mm.)	Nº 4	100	85-95	70-90	62-80
(2.5 mm.)	Nº 8	85-95	32-80	45-70	41-61
(1.25 mm.)	Nº 16	60-80	45-65	28-50	28-46
(0.63 mm.)	Nº 30	40-60	30-50	18-34	18-34
(0.315 mm.)	Nº 50	25-42	18-35	12-25.	11-23.
(0.16 mm.)	Nº 100	15-30	10-24.	7-17.	6-15.
(0.08 mm.)	Nº 200	10-20.	05-15.	5-11.	4-9.

- *Filler* mineral

El Salvador: según la ISSA A -143, los rangos de uso típico son del *filler* es 0 - 3%; el *filler* mineral debe satisfacer la granulometría de la norma ASTM D-242. El procedimiento se encuentra descrito en la normas ASTM D546 o AASTHO T-37.

Tabla 4.9 Granulometría del *filler*. ISSA A-143

MEDIDA DEL TAMIZ	% PASANTE
Nº 30 (600 µm)	100
Nº 50 (330 µm)	95 - 100
Nº 200 (75 µm)	70-100

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, el *filler* debe satisfacer la granulometría del cuadro adjunto. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 216*

Tabla 4.10 Granulometría del *filler*. EG-2013

TAMICES		% QUE PASA EN PESO
mm.	ASTM	
(0.63 mm.)	Nº 30	100
(0.315 mm.)	Nº 50	95-100
(0.08 mm.)	Nº 200	70-100

- Gravedad específica y absorción del agregado fino

El Salvador: el procedimiento para su determinación se encuentra descrito en la norma ASTM C-128 o AASTHO T-84.

Perú: el procedimiento para su determinación se encuentra descrito en la norma peruana MTC E-205.

- Peso unitario del agregado fino:

El Salvador: el procedimiento para su determinación se encuentra descrito en la *norma ASTM C-29M o AASHTO T-19*.

Perú: el procedimiento para su determinación se encuentra descrito en la *norma peruana MTC E-203*.

- Equivalente arena: el Salvador: según la ISSA A-143, el equivalente arena debe tener un valor mínimo de 65. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-2419 o AASHTO T-176*.

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, el equivalente arena debe tener un valor mínimo de 60%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 114*.

- Máquina de los ángeles: el Salvador: según las *norma ASTM y AASHTO (refrendado por la ISSA A-143)*, el desgaste por abrasión debe ser como máximo el 30%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM C-131 o AASHTO T-96*.

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (micropavimento)*, el desgaste por abrasión debe ser como máximo el 25%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC E 207*.

- Sulfato de sodio y sulfato de magnesio: el Salvador: según la *norma ISSA A-143*, el agregado debe cumplir con un máximo de pérdida de 15% usando NA₂ SO₄ o 25% usando Mg SO₄. El procedimiento de este ensayo se encuentra descrito en la *norma ASTM C-88 o AASHTO T-104*.

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, el agregado debe cumplir con una pérdida máxima del 12% usando NA₂ SO₄ (sulfato de sodio) El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC E 209*.

- Azul metileno El Salvador: según la norma ISSA TB-145, el agregado cumplir los valores del cuadro adjunto. El procedimiento se encuentra descrito en la norma ISSA TB-145.

Tabla 4.11 Rangos del azul metileno. ISSA A-143

ORIGEN DE AGREGADO	% AZUL METILENO POR PESO	(mg/g)
Roca basáltica	1.0	10.0
granito	0.7	7.0

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (micropavimento)*, el agregado debe tener un valor máximo de 8. El procedimiento se encuentra descrito en la norma AASHTO TP 57.

4.3.2 Ensayos a la emulsión y residuo

4.3.2.1. Emulsión

- Residuo por destilación

El Salvador: según la *ISSA A-143*, el residuo mínimo debe ser de 62%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-244/11-15*.

Perú: no aplica. Según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, solicita el residuo por evaporización a 163 °C; el residuo mínimo debe ser de 62%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 411*.

- Viscosidad *Sayboolt Furol* (25°C)

Salvador: según la *ISSA A-143 (ASTM D2397)*, la viscosidad debe tener un mínimo de 20% y máximo 100%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-244/29-33*.

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, la viscosidad el residuo mínimo debe tener un mínimo de 20% y máximo 100%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 403*.

- Prueba de la malla o tamiz

Salvador: según la *ISSA A-143 (ASTM D2397)*, el máximo debe ser 0.1%. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-244/53-58*.

Perú: Según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, el máximo debe ser 0.1 El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 405*.

- Estabilidad de almacenamiento 24 h

Salvador: según la *ISSA A-143*, la estabilidad de almacenamiento debe ser 1% máximo. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-244/77-83*.

Perú: no aplica. Lo más similar es sedimentación a los 7 días. Según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, el máximo debe ser 5% El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 404*.

4.3.2.2 Residuo asfáltico

- Punto de ablandamiento

Salvador: según la *ISSA A-143*, el residuo debe tener un mínimo de 57 °C. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-36, ASSTHO T-53*.

Perú: no aplica. La *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimentos)* no solicita realizar este ensayo. Independientemente, el procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 307*.

- Penetración 25 °C, 0.1 mm.

El Salvador: según la *ISSA A-143*, el residuo debe tener un valor entre 40 -90². El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-5, ASSTHO T-49*

Perú: según la *sección 425 de la EG 2013 (micropavimento)*, el residuo debe tener un valor entre 50-90 o 100-150 (según las condiciones climáticas). El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 304*.

- Solubilidad en tricloroetileno

El Salvador: Según la *ISSA A-143 (ASTM D2397)*, la solubilidad tener un mínimo de 97.5 %. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-2042, ASSTHO T-44*.

Perú: no aplica. La *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimentos)* no solicita realizar este ensayo. Independientemente, el procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 302*.

- Ductilidad 25 °C

El Salvador: según la *ISSA A-143 (ASTM D2397)*, la ductilidad debe tener un valor mínimo de 40 cm. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma ASTM D-113, ASSTHO T-51*.

Perú: no aplica. Lo más similar es ductilidad a los 5 °C. Según la *sección 425 de la EG 2013 (Micropavimento)*, la ductilidad debe tener un valor \geq de 10 cm. El procedimiento se encuentra descrito en la *norma MTC-E 306*.

4.3.3 Ensayos para diseño de micropavimento

El Salvador: se debe cumplir los siguientes ensayos con las especificaciones

Tabla 4.12 Especificaciones para los ensayos de diseño de micropavimentos. ISSA A -143

PRUEBA	ISSA TB N ^o .	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezcla @ 77°F (25°C)	TB 113	Controlable a 120 segundos mínimos
Cohesión húmeda @ 30 Minutos mínimo (Rotura) @ 60 Minutos mínimo (Tráfico)	TB 139	12 kg-cm Mínimo 20 kg-cm o girar cerca Mínimo
Desnudamiento húmedo	TB 114	Pasa (90% Mínimo)
Perdida por abrasión húmeda (Wet Track) 01 hora de remojo 06 días de remojo	TB 100	50 g/ft ² (538 g/m ²) maximo 75 g/ft ² (807 g/m ²) maximo
Desplazamiento lateral Gravedad específica después de 1000 ciclos de 125 lb (56.71 kg)	TB 147	5% Máximo 2.10 Máximo
Exceso de asfalto por LWT adhesión de arena	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ²) maximo
Clasificación compatibilidad	TB 144	11 Puntos minimo (AAA, BAA)

Perú: se debe cumplir los siguientes ensayos con las especificaciones

Tabla 4.13 Especificaciones para los ensayos de diseño de micropavimento. EG-2013

ENSAYOS	NORMA	EXIGENCIA
Consistencia	ASTM D3910	2-3 cm
	ISSA TB-106	
Cohesión húmeda (30 minutos)	ISSA TB 139	12 kg-cm mínimo
Cohesión húmeda (60 minutos)	ISSA TB 139	20 kg-cm mínimo
Desprendimiento	ISSA TB 114	10 % máximo
Abrasión húmeda 1 hora	ISSA TB 100	538 g/m ² máximo
Abrasión húmeda 6 días	ISSA TB 100	807 g/m ² máximo
Rueda Cargada	ISSA TB 109 - MTC E418	538 g/m ² máximo
Desplazamiento lateral	ISSA TB 147	5% Máximo
Tiempo de mezcla a 25°C	ISSA TB 113	120 s. mínimo. Controlable

4.3.4 Otras consideraciones

El Salvador :

- La emulsión asfáltica debe ser modificada de rotura rápida tipo CQS-1h.
- Las especificaciones que deben cumplir las emulsiones asfálticas son las estipuladas en la norma ASTM D 2397.
- La clasificación de compatibilidad debe tener 11 puntos mínimo (AAA, BAA), su metodología se encuentra en la TB -144.
- El micropavimento no deberá ser aplicado, si tanto la temperatura del pavimento o del aire, están debajo de los 10 ° C. y bajando, pero puede ser aplicada cuando ambas temperaturas están encima de los 7 ° C y subiendo. Ningún micropavimento deberá ser aplicado cuando hay peligro que el producto finalizado congelará antes de las 24 horas. La mezcla no deberá ser aplicada cuando las condiciones climáticas prolongan la apertura al tráfico más allá de un tiempo razonable.
- Los materiales componentes deben estar dentro de los siguientes límites:

Tabla 4.14 Cantidad máxima de arena adherida para

MATERIALES COMPONENTES	LÍMITES
Asfalto residual	5.5 - 10.5% por peso de agregado seco
Mineral de relleno	0.0 - 3.0% por peso de agregado seco
Polímero modificador	Mínimo de 3% solido basado en peso de bitumen contenido
Aditivo	Si es requerido
Agua	Si es requerido para producir una adecuada consistencia de mezcla

Perú:

- Las especificaciones que debe cumplir las emulsiones son las estipuladas en la *EG-2013- sección 425*.
- Adherencia *Riedel-Weber MTC E 220*, mínimo 4 (agregado) – grado inicial de desprendimiento.
- Adherencia método estático *ASTM 1664*, mínimo 95% (agregado).
- Carga de partícula *MTC E 407*, positiva/negativa (emulsión modificada).
- Índice de *fraass*, *MTC E 3011*, -17°C máximo
- Tolerancia del diseño del micropavimento es +/-2 punto porcentuales para el agua y +/- 0.5 porcentuales para la emulsión.
- En condiciones extremas, tales como tránsito pesado, cargas lentas, curvas cerradas, radio curvatura inferior a 100 m o pendientes superiores a 10 %, se debe tener presente el siguiente cuadro:

Tabla 4.15 la rueda cargada. EG-2013

Vehículos / día	Máxima adhesión de arena (g/m ²)
0 a 500	750
500 a 1500	650
1500 a más de 3000	538

- No se debe colocar ninguna mezcla cuya emulsión hubiese “roto” antes de las operaciones de extendido, ni cuando hubiese demorado más de 30 minutos entre la preparación de la mezcla y su colocación.
- La apertura al tráfico podrá darse una vez que la mezcla haya “roto” y no se deforme con el paso de los vehículos.

4.3.5 Cuadro comparativo

**Tabla 4.16 Cuadro comparativo para los ensayos de diseño de micropavimento
ISSA-A-143 versus EG-2013**

DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS PARA MICROPAVIMENTO	NORMAS			
	ASTM	AASHTO	PERUANA	ISSA
1) AGREGADOS				
<u>CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS</u>				
Análisis de AG y AF	C-136 Y C-117	T-27 y T-11	E-204 Y E-202	
Filler mineral	D-546	T-37	E-216	
Especificaciones para <i>filler</i>	D-242		D-242	
Gravedad específica y absorción del agregado	C-128	T-84	E-205	
<u>PROPIEDADES DE CONSENSO</u>				
Peso unitario del AF	C-29M	T-19	E-203	
Contenido de arcilla del AF	D-2419	T-176	E-114	
<u>PROPIEDADES DE FUENTE DE ORIGEN</u>				
Resistencia a la abrasión (M. los Angeles-tenacidad)	C-131	T-96	E-207	
Solides -sulfato de sodio y sulfato de magnesio	C-88	T-104	E-209	
Absorción del azul metileno		TP 57		TB-145
2) ASFALTO EMULSIONADO				
ENSAYO DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSION DE DISEÑO				
<u>COMPOSICIÓN</u>				
Residuo por destilación	D-244/11-15	T 59	E-401. R.Evap. E-411	ISSA
<u>CONSISTENCIA</u>				
Viscosidad	D-244/29-33	T 59	E-403	D 2397
<u>PRUEBA DE ESTABILIDAD</u>				
Prueba de malla	D-244/53-58	T 59	E-405	D 2397
Estabilidad de almacenamiento	D-244/77-	T 59	E-404	ISSA

DESCRIPCIÓN DE ENSAYOS PARA MICROPAVIMENTO	NORMAS			
	ASTM	AASHTO	PERUANA	ISSA
	83		(7días)	
ENSAYOS DE CARATERIZACIÓN DEL RESIDUO ASFÁLTICO DE LA EMULSIÓN				
Punto de ablandamiento	D-36	T-53	E-307	ISSA
Penetración	D-5	T-49	E-304	ISSA
Solubilidad en tricloroetileno	D-2042	T-44	E-302	D 2397
Ductilidad	D-113	T-51	E-306	D 2397
3) ENSAYOS DE DISEÑO				
ENSAYOS GENERALES				
Método del área de superficie para el diseño de la mezcla del micropavimentos: cálculo porcentaje teórico óptimo de emulsión requerido.				TB-118
Procedimiento de pruebas de mezclas para diseño de micropavimentos: examinación y evaluación de la mezcla (*)				TB-113
Medición de la consistencia de la mezcla del micropavimento: cálculo del rango de % humedad en el mezclado optimo				TB-106
Método de prueba para la clasificación de sistema de mezclas agregado/emulsión asfáltica por medio de la prueba de cohesión modificada para la medición de las características de curado inicial y apertura al tráfico. Calculo de porcentaje teórico del filler mineral de diseño (*)				TB-139
Ensayo de remoción en húmedo para mezclas asfálticas curadas (*)				TB-114
PERFORMANCE DEL DISEÑO				
Método de ensayo de abrasión en pista húmeda de sistema de lechada asfáltica (<i>Wet Track</i> abrasión Test ó WTAT). Cálculo del porcentaje mínimo de emulsión de diseño(*)				TB-100
Método de ensayo para medir el exceso de asfalto en mezclas bituminosas. Ensayo de la rueda cargada y adhesión de arena (<i>Loaded Wheel Test</i> o LWT). Cálculo del % máximo de emulsión de diseño.(*)			E-418	TB-109
COMPATIBILIDAD				
Método de ensayo para la clasificación de la compatibilidad del agregado - filler-ligante por los procedimientos <i>Schulze- Breuer</i> y <i>Ruck</i> (*)				TB-144
Medición de la estabilidad y resistencia a la compactación, vertical y lateral desplazamiento: cálculo de los rangos aceptables de compactación y desplazamiento del sistema de mezcla (*).				TB-147

Conclusiones

- El micropavimento lo constituye 5 componentes (agregado, aditivo, *filler*, agua añadida y emulsión). El agregado ya se tiene, pero los porcentajes de los demás componentes son interrogantes, por lo cual se recomienda iniciar con la TB-118 para determinar el porcentaje teórico de emulsión. Con estos datos nos quedan 3 incógnitas que deben ser supuestas (para este caso la experiencia ayuda a dar valores a las incógnitas). Después, se determina si es que nuestra mezcla necesita aditivo mediante la TB-113 y una vez determinado el aditivo, nos quedarían 2 incógnitas (agua y *filler*), por tanto primero se procede a determinar el porcentaje de agua mediante la TB - 106 y por último el *Filler* con la TB-139. Finalmente, se determina el porcentaje óptimo de emulsión y se recalculan los ensayos con éste.

- *La norma ISSA-143* no recomienda la colocación de micropavimento a temperaturas por debajo de los 10 °C.

- Para el diseño de micropavimento, como insumo inicial se necesita la emulsión modificada; la misma que se elabora mediante equipos a escala de una planta de emulsión en dos etapas:

I.- Se elabora el asfalto modificado, el cual debe contener un 3 % de polímero (del peso del asfalto); la modificación se realiza cuando el asfalto esté a 150 °C y después se le incorpora el polímero.

II.- La solución jabonosa está compuesta por agua (32 % del peso de la emulsión-PE), emulsificante (1.4 % PE), ácido (hasta que la emulsión llegue a un PH de 2) y aditivo (3% PE); esta solución debe estar a 37 °C.

- El asfalto modificado y la solución jabonosa se fusionan para lograr la emulsión asfáltica modificada con polímero, la cual debe estar a una temperatura de salida de 80 grados C .

- El ensayo de resistencia a la abrasión (máquina de los ángeles), lo que evalúa es la resistencia del agregado grueso al pulimiento; esto sirve, entre otras cosas, para la textura del micropavimento. La colocación de un micropavimento lo que persigue, entre otros, es devolver la textura a un pavimento existente, lo cual genera una mejor seguridad para el conductor; pero si no se cumple con el ensayo, esto podría provocar un rápido pulimiento en los agregados y volver lisa la superficie del pavimento provocando inseguridad.

- **Filler mineral:** es el encargado de la cohesión de la mezcla cuando ya se llegaron a los límites de los demás ingredientes de la mezcla (emulsión) y todavía no se llega a la cohesión deseada para la apertura al tráfico; entonces, se juega con el *filler* (cantidad) para llenar los vacíos en la mezcla y lograr mayor cohesión. Existe una restricción para el *filler*, la cual no puede ser mayor al 3% porque se está diseñando un pavimento flexible y no un rígido (el *filler* rigidiza la mezcla); como el espesor del micro es pequeño, se puede crear una tableta, teniendo una buena resistencia a la compresión, pero no a la flexión. Según la experiencia de El Salvador, su cantidad de *filler* se encuentra por el 1.5%. Cuando un sistema no llega a los tiempos de cohesión para un 1.5% de *filler*, se recomienda descartar esa mezcla (experiencia); esto para no rigidizar la mezcla (experiencia El Salvador).

- **El agua:** lo que hace es preparar a los agregados para que sean mezclados con la emulsión, humedeciéndolos y rompiendo la tensión superficial. También debemos tener presente que el agua es potable, y por ende, debe tener un PH neutro, lo cual sirve para disminuir la reactividad del agregado, disminuyendo el PH y obteniendo una mejor adherencia entre la emulsión y los agregados. Cuando se tiene una mezcla en frío, la clave para que exista una buena adherencia es tener los agregados bien humedecidos, porque debemos tener presente que después el agua se evapora.

- **Aditivos:** sirven para controlar el tiempo de rompimiento. Normalmente el aditivo es el mismo emulsificante; debemos tener presente que éste se utiliza para controlar el rompimiento cuando se coloca el micropavimento en la obra (la mezcla pasa por los gusanos de camión, más la temperatura, si no se utiliza un aditivo, la mezcla se rompe antes de ser colocada).

Se debe tener presente que colocar el aditivo también tiene una repercusión en el curado, es decir que si se utiliza mucho aditivo, la mezcla se vuelve bien trabajable y se puede tener mucho tiempo en el camión, pero también atrasa el tiempo para el curado. Se visualiza el rompimiento cuando la mezcla se vuelve de café a negra y se visualiza su curado cuando la mezcla ya endureció y cuando al tocarla solo se mancha la mano de agua. Igual que una mezcla de concreto, una vez que comienza a curar, existe una relación entre el tiempo de curado y la cohesión que adquiere.

- Para el ensayo TB -113, se puede sentir el rompimiento de la emulsión cuando el color de la mezcla cambia de café a morrón y se es dificultoso su mezclado; asimismo el curado se puede sentir cuando al tacto o con un papel absorbente, no se produce desprendimiento de agua o asfalto, lo cual garantiza que el total de agua se evaporó.

- El ensayo TB-113 determina la cantidad de aditivo necesario para cumplir con los 120", en este caso particular, no se utilizó aditivo porque la mezcla no lo necesitaba.

-Ensayo TB-100, esta prueba simula condiciones de abrasión en pavimentos mojados, tales como un vehículo circulando en una curva y frenando. Mediante esta prueba se definen los valores mínimos de emulsión asfáltica necesarios para obtener una mezcla con suficiente adhesión como para resistir la acción abrasiva del tráfico.

-Para el ensayo TB-100, la muestra moldeada se debe colocar en un horno a una temperatura de 60° C por 15 horas hasta que alcance su peso constante y pesarlo; después se coloca el espécimen en agua a 25° C durante 1 hora y posteriormente se realiza la prueba de abrasión para a continuación colocarlo al horno hasta alcanzar el peso constante y se proceder a pesar. Se realiza la diferencia de pesos.

- El ensayo TB-100 se realiza a velocidad mínima del equipo, cada uno de los cuales tiene un factor de corrección según el modelo, el cual sirve para pasar la pérdida del peso de gramos a gramos/m^2 ; lo cual está especificado en la norma TB-100.
- El ensayo TB-109 (rueda cargada) mide la adhesión de arena mediante un proceso de 1000 cíclico en una pastilla, estos 1000 ciclos hace que el asfalto exude y por ende se encuentre facultado para que la arena se adhiera. El espécimen debe colocarse a una temperatura de 60°C por 12 horas mínimas hasta alcanzar el peso constante; antes de proceder con el ensayo. Después, se efectúan los 1000 ciclos y se pesa la muestra para posteriormente incorporar la arena normada a 82.2°C y efectuar 100 ciclos más. Por último, se limpia la muestra y se pesa, hallando por diferencia de pesos la adherencia. La carga de la rueda debe ser de 125 lb. Un ciclo de la rueda es una ida y vuelta con un ratio de 44 ciclos por minuto.
- El ensayo TB-144 determina la compatibilidad *filler*-bitumen, y consiste en elaborar pastillas de 40 gr de material pasante; la malla 10 se coloca en el molde y se ejerce una presión de 100 psi durante 1 minuto. La muestra debe estar a 60°C , posteriormente, las pastillas se pesan y se colocan en agua durante 6 días. Luego, se pesan nuevamente y se determina la absorción. Después, se colocan las mismas en la máquina durante 3 horas pesándose y por diferencia de peso se determina la pérdida por abrasión. Las pastillas ensayadas se colocan en agua hirviendo por 30 minutos y por diferencia de pesos se determina la integración (porcentaje de peso perdido). Como paso final, la porción remanente de la pastilla por el agua hervida, se determina el porcentaje de desprendimiento visualmente, con lo cual se haya la adhesión.
- El porcentaje mínimo y máximo de emulsión según el numeral 4 es 8.30 % y 13.10 en peso del agregado respectivamente.
- El óptimo contenido de emulsión para el presente diseño es 10.70 % en peso del agregado.
- Las proporciones de los componentes del micropavimento son las que a continuación mostramos en la tabla denominada “dosificación de diseño: materiales componentes de la mezcla”:

DOSIFICACIÓN DE DISEÑO: MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA			
TIPO	PROPORCIÓN	ENSAYO DE CALIDAD PARA SU DETERMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN SEGÚN ISSA A-143 (Feb. 2010)
EMULSIÓN ASFÁLTICA MODIFICADA CON POLÍMERO TIPO CQS-1hp.	Óptimo de diseño: 10.7% (6.74% residuo asfáltico) por peso de agregado seco.	ISSA TB 100 (WTAT) vrs ISSA TB 109 (LWT)	5.5 - 10.5% R. A. POR PESO SECO DE AGREGADO
FILLER MINERAL	Óptimo de diseño: 1.0 % por peso de agregado seco.	ISSA TB 139	0.0 - 3.0 % POR PESO SECO DE AGREGADO
CONTENIDO DE POLÍMERO	Óptimo de diseño: igual o mayor al 3% basado en el peso del contenido de asfalto.	AASHTO T-59 (ASTM D-6997)	Mínimo el 3% de polímero basado en el peso del contenido de asfalto en la emulsión de diseño.
ADITIVO	Óptimo de diseño: Sin agregar aditivo para mezclar. (Valor sujeto a condiciones de campo)	ISSA TB 145	Como sea necesario.
AGUA ADICIONAL PARA MEZCLA	Óptimo de diseño: (rango del 7.8 a 9.8 % de agua adicional a la emulsión por peso de agregado seco). (valor sujeto a condiciones de campo)	ISSA TB 106	Como sea necesario.

- Los micropavimentos tienen dos características importantes (adhesión y cohesión), la adhesión le da las cargas eléctricas (agregado y emulsión) y la cohesión le da las características de los finos.

- Los micropavimentos son considerados tratamiento superficiales de última generación, por lo cual no tienen número estructural normado.

- Todo diseño de micropavimento debe tener un factor de calidad técnica y también un factor de economía.

- Los componentes del diseño de micropavimento determinan lo siguiente: el aditivo controla los tiempos de rompimiento, al agua determina la consistencia a la mezcla y es un vehículo para que el asfalto se deposite en el agregado, el *filler* determina la cohesión y la emulsión da la unión de todos los componentes y las características físicas.

- Si evaluamos los requerimientos de diseño de la *ISSA A-143 (Guía de El Salvador)*

y la *Norma Peruana EG-2013 –Sección 425 Micropavimentos*, podemos encontrar las siguientes diferencias relevantes:

- Las mallas granulométricas para el agregado fino y grueso son distintas pero semejantes.
 - *La ISSA A-143* requiere un mínimo para el equivalente arena de 65%, mientras que la norma peruana solo un 60 %.
 - *La ISSA A-143* requiere un máximo de desgaste por abrasión de 30%, mientras que la norma peruana un 25 %.
 - *La ISSA A-143* requiere evaluar la pérdida por sulfato de sodio o sulfato de magnesio; mientras que la norma peruana solo requiere mediante sulfato de sodio.
 - Para el azul metileno, *la norma ISSA A-143* solicita un máximo de 7mg/g; mientras la norma peruana requiere un máximo de 8mg/g.
 - Respecto a los ensayos para la emulsión y el residuo, *la norma ISSA A-143* se basa en la *ASTM D2397- Standard Specification for Cationic Emulsified Asphalt I*, más 2 requerimientos de la *ISSA A-143*; mientras que la norma peruana indica un propio cuadro de requerimiento.
 - Respecto a los ensayos para el diseño de micropavimento, las *ISSA A-143* indican un cuadro de requerimiento; mientras que la norma peruana indica su propio cuadro en la cual hace referencia a los boletines de las *ISSA A-143*; ambos con algunos cambios no significativos.
- **Cuadro de *ISSA A-143* (guía para El Salvador)**

PRUEBA	ISSA TB N ^o .	ESPECIFICACIÓN
Tiempo de mezcla @ 77°F (25°C)	TB 113	Controlable a 120 segundos mínimos
Cohesión húmeda @ 30 Minutos mínimo (rotura) @ 60 Minutos mínimo (tráfico)	TB 139	12 kg-cm mínimo 20 kg-cm o girar cerca mínimo
Desnudamiento húmedo	TB 114	Pasa (90% mínimo)
Perdida por abrasión húmeda (<i>Wet Track</i>) 01 hora de remojo 06 días de remojo	TB 100	50 g/ft ² (538 g/m ²) máximo 75 g/ft ² (807 g/m ²) máximo

Desplazamiento lateral Gravedad específica después de 1000 ciclos de 125 lb (56.71 kg)	TB 147	5% máximo 2.10 máximo
Exceso de asfalto por LWT adhesión de arena	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ²) máximo
Clasificación compatibilidad	TB 144	11 Puntos mínimos (AAA, BAA)

- **Norma peruana EG-2013. Sección 425**

ENSAYOS	NORMA	EXIGENCIA
Consistencia	ASTM D3910	2-3 cm
	ISSA TB-106	
Cohesión húmeda (30 minutos)	ISSA TB 139	12 kg-cm mínimo
Cohesión húmeda (60 minutos)	ISSA TB 139	20 kg-cm mínimo
Desprendimiento	ISSA TB 114	10 % máximo
Abrasión húmeda 1 hora	ISSA TB 100	538 g/m ² máximo
Abrasión húmeda 6 días	ISSA TB 100	807 g/m ² máximo
Rueda Cargada	ISSA TB 109 - MTC E418	538 g/m ² máximo
Desplazamiento lateral	ISSA TB 147	5% Máximo
Tiempo de mezcla a 25°C	ISSA TB 113	120 s. mínimo. controlable

Recomendaciones

- Lo primero es solicitar los agregados de la zona de trabajo y verificar que cumplan con los estándares de la *norma ASSTHO* y *ASTM*. Para el caso de El Salvador, existe solamente una cantera que cumple con las características solicitadas por la *norma ISSA A-143*, para el caso del Perú, se debe solicitar una muestra de las canteras que van a utilizar.
- En el ensayo TB -113, se efectúa a temperatura de 25 ° C. y este ensayo se puede simular a diversas temperaturas calentando o enfriando el agregado, lo cual podría ser muy beneficioso en el caso de colocación de micropavimentos a temperaturas extremas.
- Se recomienda utilizar inicialmente el porcentaje de emulsión teórico (TB-118) para los diseños de mezcla del micropavimento, después se corroborará con el porcentaje óptimo.
- Para el ensayo TB-100, se recomienda hacer varias muestras con el mismo porcentaje de emulsión, esto para poder corregir cualquier muestra, la cual haya podido ser factible de error manual.
- Para el ensayo TB-109 (rueda cargada), una vez culminado los 100 ciclos para la adhesión de arena, la muestra se debe limpiar suavemente para que se pueda pesar realmente lo que se ha adherido por la exudación del asfalto y eliminar una falsa adhesión.
- Par el ensayo TB-147, se utiliza el óptimo contenido de emulsión hallado mediante los ensayos TB-100 y TB-109, el cual determina el comportamiento real del micropavimento.
- El ensayo TB-139 (determinación de porcentaje de *filler*), es recomendable realizarlo en campo, esto para verificar los curados y apertura al tráfico. El hallado en laboratorio es el porcentaje de *filler* óptimo, es este caso es el 1 %.
- Según la experiencia de El Salvador, recomienda que el equivalente arena sea como mínimo el 75 % (mayor a lo solicitado en las especificaciones y 65 % mínimo ISSA A-143) esto para que el curado de su mezcla tenga mejor cohesión. Ello puede deberse al clima de la zona o su temperatura.

- Es importante señalar que los micropavimentos se deben colocar en una estructura que tenga una vida remanente, no en pavimentos que se encuentren para una rehabilitación, esto por tratarse de un tratamiento superficial que no aporta carga estructural teóricamente.
- Si se tiene varias canteras para el diseño de micropavimento, es recomendable realizar los diseños con varias muestras de las diversas canteras, esto debido a que la adhesión de la emulsión y agregado es un fenómeno electro químico y por ende las características químicas de los agregados juega un rol muy importante (PH, impurezas, compatibilidad, carga eléctrica, etc).
- Según la experiencia de El Salvador, su cantidad de *filler* se encuentra por el 1.5 %; cuando un sistema no llega a los tiempos de cohesión para un 1.5% de *filler*, se recomienda descartar esa mezcla (experiencia), esto para no rigidizar la mezcla (experiencia El Salvador).
- En la actualidad, la *norma Peruana EG-2013-Seccion 425*, para el diseño de micropavimento, se basa en *los boletines de las ISSA A-143 (TB)*; los cuales están elaborados en función de la realidad de otro país (EEUU). Recomendamos, como ya existe en otros países, que la entidad pública peruana que regula las vías en el Perú (Ministerio de Transporte y Comunicaciones – PROVIAS NACIONAL) elabore sus propios boletines adecuados a la realidad del Perú (clima, altura, temperatura, etc).

Bibliografía

- 1.-ASTM.** *“Standard Specification for Cationic Emulsified Asphalt D2397-02”*. Diciembre 2002..
- 2.- INTERNATIONAL SLURRY SURFACING ASSOCIATION,** *“Recommended Performance Guideline for Micro Surfacing”*, ISSA edición de febrero del 2010.
- 3.- MERCADO, Ronal, BRACHO, Carlos, AVENDAÑO, Jorge.** *“Emulsiones Asfálticas: uso-rompimiento”*, cuaderno FIRP S365-A, versión N° 1, 2008. Universidad de los Andes-Facultad de Ingeniería.
- 4.- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES,** *“Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013”*.1era edición (2013).
- 5.- RODRÍGUEZ TALAVERA, Rogelio, CASTAÑO MENESES, Víctor, MARTÍNEZ MADRID, Miguel,** *“Emulsiones Asfálticas Qro”*, 2001. Secretaria de Comunicaciones y Transporte-Instituto Mexicano del Transporte
- 6.- US DEPARTMENT OF TRANSPORTATION: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION.** *“Surface Rehabilitation Techniques: Design, Construction, ND Performance of Micro-Surfacing (Instructor’s Guide) .* Publication N° FWHA-SA-94-051.

ANEXO A

Boletines ISSA A-1



BOLETIN TECNICO No. 113-1990

PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER LA MEZCLA DE PRUEBA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE SLURRY SEAL

Como primer paso en el diseño de mezclas de slurry seal, es útil realizar una serie de pequeñas mezclas de prueba de 100 a 200 g en recipientes desechables. Recipientes de mezclado también son útiles para ayudar a operadores de las maquinas de colocación serie a familiarizarse con la apariencia visual y de las propiedades mecánicas de las mezclas.

1. REFERENCIAS APLICABLES

- a) ISSA TB 111, "Outline Guide Design Procedure for Slurry Seal"
- b) ISSA TB 106, "Measurement of Slurry Seal Consistency"
- c) ISSA TB 102 "Mixing, Setting and Water Resistance Test to Identify Quick-Set Emulsified Asphalts"
- d) ISSA TB 139 "Test Method to Classify Emulsified Asphalt-Aggregate Mixture Systems by Modified Cohesion Tester"
- e) ISSA TB 114 "Wet Stripping Test for Cured Slurry Seal Mixes".

2. APARATOS.

2.1. *Contenedores desechables para mezclado* – Adecuados recipientes plásticos para bebidas calientes de 6 oz para mezclas de 100 g y de 8 onz para mezclas de 200 g.

2.2. *Paleta de mezclado* – como una espátula de 4 plg (10 cm) o un cuchillo para masilla Stanley #1540 1-1/4".

2.3. *Balanza*, con una capacidad mínima de 500 gramos y una sensibilidad de 0.1 g.

2.4. *Tamices* – 20 a 50 mallas de tamiz conforme a la sección 3.4 de la especificación ASTM E 11.

2.5. *Papel* – Un suministro de papel de alta absorción para vaciar e identificar los especimenes de ensayo tal como el mostrado en el boletín técnico ISSA TB 106. Papel para gráficos según el ensayo de consistencia o 15 libras de cubierta de fieltro cortada a un tamaño conveniente.

2.6. *Termómetro* – Un termómetro ASTM de bajo punto de ablandamiento con un rango de temperatura de -2 a 80°C y conforme a los requerimientos de la especificación ASTM E 1.

3. MATERIALES

3.1. *Agregados*, estos deben ser representativos del lote a ser ensayado y secados al aire con un contenido de humedad menor del 1%. La muestra entera debe ser separada acorde con el estándar ASTM C 136. Las partículas demasiado grandes de agregado deberán ser removidas pasando la muestra a través del tamiz de mayor abertura permitida en las especificaciones para agregados.

3.2. *Emulsión Asfáltica*, deberá ser representativa del lote a ensayar y estar uniformemente mezclada. Las partículas aglomeradas de asfalto deberán ser removidas vertiendo la muestra a través de una malla de filtro No. 20.

3.3. *Agua*, Agua de grifo de no mas de 250 ppm de carbonato de calcio.

3.4. *Relleno mineral y aditivos* – El relleno mineral y/u otro fluido o sólido añadido deberán ser representativos de los lotes a ser ensayados. El relleno mineral deberá ser tamizado a través de

una malla filtro No. 50. Los aditivos líquidos deberán ser vigorosamente mezclados y de tal concentración que permita ser añadidos a la mezcla sin afectar su consistencia.

4. PROCEDIMIENTO PARA ELABORAR LA MEZCLA DE PRUEBA.

4.1. Las mezclas de prueba primeramente son fabricadas con todos sus ingredientes a temperatura ambiente. La anotación de la temperatura de la mezcla completada se realiza utilizando un termómetro. Subsecuentes mezclas pueden ser hechas utilizando los ingredientes a la temperatura que se supone estarán en campo. Ej: 50° y 100°F.

4.2. Pesar 100 g del agregado dentro de un vaso desechable de 6 oz, para mezclas de 200 g utilizar recipientes de 8 oz. Añadir agregado adicional hasta que el peso seco neto del agregado sea de 100 g.

4.3. Añadir la cantidad deseada de relleno mineral o aditivo seco y mezclar sin líquidos con una espátula a 60-70 rpm en un movimiento circular por 10 segundos o hasta que la distribución del relleno mineral sea uniforme. Varias formulas son preparadas con distintos niveles de relleno mineral deseado. Por ejemplo: Limo hidratado @ 0, 1 y 2%; Cemento Pórtland tipo I @ 0, 1 y 2%; Cemento Pórtland tipo II A @ 0, 1 y 2%

4.4. Añadir la cantidad que se desee de agua (Nota 1) y mezclar a 60-70 rpm en un movimiento circular por 20 segundos o hasta que el agua se distribuya completa y uniformemente en la mezcla.

Nota 1 – Los líquidos totales requeridos (agua y emulsión) variaran con el porcentaje de emulsión (emulsión alta, menor agua; baja emulsión, mayor agua) y la formulación de la emulsión. Los líquidos totales de 28 a 32% son típicos para muchas gradaciones tipo II. Cada porcentaje de relleno mineral normalmente requiere de aproximadamente 1 a 1-1/2% de agua adicional. Las altas temperaturas generalmente requieren de mas agua, mientras que bajas temperaturas requieren de menos cantidad de agua. Ver ISSA TB 106 “Measurement of Slurry Seal Consistency”.

4.5. Añadir la cantidad deseada de emulsificante e inmediatamente mezclar a 60-70 rpm en un movimiento circular por 30 segundos o hasta que la mezcla este completamente homogénea. Anotar el carácter de la mezcla durante el tiempo de mezclado. Anotar si se presentan líquidos libres en exceso o si la mezcla es excesivamente seca o rígida y ajustar el contenido de agua en las mezclas de prueba siguientes.

4.6. Al final del ciclo de mezclado inicial, vaciar aproximadamente la mitad de la mezcla sobre los especímenes de papel, reteniendo la otra mitad de la mezcla en los recipientes. Diseminar la mezcla a una profundidad de ¼ de pulgada o de 3/8 de pulgada (10 a 15 mm). Continuar mezclando la porción retenida en el recipiente por un tiempo máximo de 5 minutos o hasta que la mezcla rigidice y “rompa”. Registrar este tiempo y el tiempo de mezclado.

4.7. Oprimir periódicamente, con el dedo índice, el espécimen moldeado y anotar el tiempo en el cual la mezcla se vuelve firme y no se puedan apreciar desplazamientos grandes apreciables mediante esta acción y registrar este tiempo como “tiempo de fraguado”.

4.8. Realizar periódicamente el ensayo de golpe (ISSA TB 102) y anotar el tiempo que se requiere para que la mezcla alcance un fraguado libre de agua y registrar este tiempo.

4.9. Permitir al espécimen secar al aire o en un horno de aire forzado a masa constante a 140°C, por 15 horas.

5. EXAMINACION Y EVALUACION DE LAS MEZCLAS DE PRUEBA.

5.1. *Reconocimiento para la adhesividad y del brillo*, puede indicarnos (1) drenaje de finos, o (2) flotación de la película de asfalto. Adicionalmente, las mezclas deben fabricarse evitando el problema de incrementos del relleno mineral y/o disminución del contenido de agua y/o cambios a diferentes tipos de relleno mineral o aditivos. En casos extremos, puede ser necesario reformular la emulsión.

5.2. Reconocimiento para la flotación de finos. Anotar las condiciones de color de la superficie de la mezcla cuando la mezcla este casi seca, completamente seca y cuando este curada al horno. La presencia de una mezcla gris, bronce o con polvo blanquecino sobre la superficie, puede también indicar exceso de agua de mezclado, súper saturación de los agregados o relleno mineral incompatible, altos contenidos de finos, altos contenidos cáusticos en la emulsión o bajos PH y alta acidez que reacciona con las piedras carbonatadas para producir cloruro de calcio. Altas temperaturas de curado (250°F) pueden eliminar la decoloración superficial. La frotación leve del la mezcla con una brocha húmeda puede también remover estas películas de la superficie.

5.3. Reconocimiento de la adhesión interna. Una evaluación subjetiva de la mezcla curada es realizada por “desgranamiento” de la mezcla con el pulgar como cuando se desgrana maíz, y anotar si las partículas grandes de agregado son fácilmente desprendidas. Semejante condición puede indicar bajos contenidos de emulsión, igual que mucho agua de mezclado, mucho relleno mineral o exceso de finos para el contenido de emulsión utilizado, baja calidad de los agregados, o una mala emulsión, o no lo suficientes finos para una adecuada matriz.

La mezcla curada debe ser desquebrajada para determinar la fuerza subjetiva de la cohesión o las fallas en la adhesión.

5.4. Los ensayos de remoción/adhesión deben ser realizados en base a la mezcla mas acertada para seleccionar la mejor formula para el mezclado para futuros ensayos. (Ver ISSA TB 114).

Nota 2 – Las mezclas de 100 gramos pueden ser vertidas dentro de recipientes nuevos de papel de 6 oz y permitiendo que curen durante 2 días. La mezcla curada es luego removida del recipiente y examinada para la flotación de la emulsión debido al exceso de líquidos. (Ver ISSA TB 115, Sección 2. “Split Cup Compatibility”).

6. ANOTACIONES.

5.1. Las anotaciones que se realizaran para identificar las mezclas y evaluarlas incluirán:

- a) Fecha
- b) Fuente de abastecimiento de los agregados y su tipo, Granulometría y contenido de humedad, valor de equivalente de arena.
- c) Fuente de abastecimiento de la emulsión, tipo, contenido de residuo de asfalto.
- d) Fuente de abastecimiento del filler y su tipo.
- e) Concentración, tipo y fuente de abastecimiento de los aditivos.

Formulación de la mezcla:

- f) % de agregados y contenido de humedad
- g) % de relleno mineral añadido
- h) % de emulsión y contenido de asfalto AC. (Usualmente se realiza la anotación de la siguiente manera: 100/2 -1 – 10 – 18/62)
- i) Tiempo de rigidizacion o “tempo de rompimiento” de a mezcla o el agotamiento de la emulsión libre. (Tiempo de mezclado después de adicionar la emulsión)
- j) Tiempo de fraguado (fraguado libre de agua por ensayo de golpe, ISSA TB 102)
- k) Tiempo de apertura al trafico (ISSA TB 139, ensayo de cohesión)
- l) Apariencia de la mezcla curada (Color, tenacidad, adhesión de los substratos)
- m) Adhesión húmeda o ensayo de desgaste, % de recubrimiento (ISSA TB 114, 3 minutos de adhesión en agua hirviendo).



BOLETIN TECNICO No. 145-1989

MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL VALOR DE ABSORCION DE AZUL DE METILENO (MBV) DE AGREGADO MINERAL, FILLER Y FINOS.

1. ALCANCES.

Este método de ensayo se utiliza para cuantificar la cantidad de arcilla dañina del grupo de las esmécticas, materia orgánica e hidróxido de hierro presentes en un agregado, dando así un indicativo global de la actividad de la superficie de un agregado proporcionado.

2. APARATOS.

- a) Pipeta de 50 mL montada sobre un estante de titulación (análisis volumétrico).
- b) Beaker de vidrio de 250 mL.
- c) Mezclador magnético con una barra agitadora o un mezclador de velocidad variable con capacidad de 700 rpm.
- d) Bascula o balanza con capacidad para 2000 gramos sensible a los 0.01 gramos.
- e) Rodo de vidrio de 8 mm de diámetro por 250 mm de largo.
- f) Cronometro de laboratorio o un cronometro de pulsera.
- g) Tamices estándar de 8" #200 y #325 (u otros como los designados) y fondo.
- h) Matraz volumétrico de 1000 mL.
- i) Azul de Metileno – grado reactivo
- j) Agua destilada o des-ionizada
- k) Papel filtro Whatman No.40

3. PROCEDIMIENTO.

Una muestra representativa del agregado fino a ser ensayado es secado a peso constante y tamizado a través de el tamiz #200 o del tamiz #325. La porción de agregado que pasa el tamiz escogido, es escogida para ser ensayada mientras el complemento es descartado. Un gramo de material pesado a una precisión de 0.05 gramos, del agregado 0/#200 o 0/#325 es combinado con 30 gramos de agua destilada en un beaker adecuado y agitado vigorosamente hasta que se humedezca y disperse. Un agitador magnético puede ser utilizado satisfactoriamente.

Un gramo de azul de metileno es disuelto en agua destilada, fabricar 1000 mL de modo que 1 mL de solución contenga 1 mg de azul de metileno. Esta solución de azul de metileno es dosificada paso a paso con un cuentagotas por 0.5 mL desde la pipeta dentro de la suspensión de agregado continuamente agitada. Después de cada adición de azul de metileno, continuar agitando por 1 minuto, después de este tiempo, una pequeña porción de agregado en suspensión es tomada y colocada sobre papel filtro con la varilla de vidrio. Sucesivas adiciones de azul de metileno son realizadas hasta que el *punto de finalización* permanece por 5 minutos.

4. REPORTE.

El valor de azul de metileno de una fracción de agregado fino especifica es reportado como los miligramos de azul de metileno por gramo de agregado fino, ejemplo:

MBV = 5.5 mg/g, 0/#200

MBV = 4.0 mg/g, 0/#325

MBV = mg/g, 0/#8, etc.

5. NOTAS.

5.1. La literatura a nuestra disposición registra muchas variaciones del método. La concentración de la solución de azul de metileno es reportada como 1 mg/mL, 4.5 mg/mL, 10 mg/mL y 1 mol a 0.08 mol. El tamaño de la muestra reportado es de 1 gramo, 20 gramos, 30 gramos, 200 gramos y 1000 gramos. La gradación del espécimen es de 0/#325, 0/#200, 0/#10, 0/#8, 0/#4 y partículas uniformes de 3/8". Para simplificación y estandarización, se sugiere reportar el valor de azul de metileno como mg de azul de metileno por gramo de agregado fino.

5.2. La preparación del agregado a ensayar también presenta variaciones. Cuando se utiliza la gradación completa del agregado recibido, es posible detectar y cuantificar los finos adheridos. Algunos procedimientos utilizan trituración en laboratorio para reducir los tamaños grandes de agregado limpio a fracciones de agregado fino especificadas para el ensayo.

5.3. Aunque no se proporcione un valor estándar de azul de metileno en este boletín técnico, Las normativas han sido establecidas en el norte de Irlanda para agregados fino producidos para chip seal por triturado como sigue:

“El agregado deberá ser rechazado si el valor de azul de metileno excede los valores mostrados a continuación...:

	% de azul de metileno por peso	(mg/g)
Roca basáltica	1.0	10.0
granito	0.7	7.0



BOLETIN TECNICO No. 100 - 1990

MÉTODO DE ENSAYO DE ABRASION DE PISTA HUMEDA DE SISTEMAS DE SLURRY.

1. ALCANCES.

1.1. Este método cubre la medición de las cualidades de desgaste de las mezclas de sistemas de lechadas asfálticas bajo condiciones de abrasión húmeda.

2. RESUMEN DEL MÉTODO.

2.1. Una mezcla de lechada asfáltica de agregado fino graduado, emulsión asfáltica y agua es preparada a una consistencia al flujo homogénea. La mezcla podrá contener cemento Pórtland, Limo hidratado y/o algún otro tipo de aditivo. La mezcla recién preparada es moldeada, apisonada y enrasada dentro de los moldes circulares especificados apoyados sobre anillos de fieltro impermeable.

2.2. Luego de remover el espécimen del molde, este es curado por secado a peso constante a una temperatura de 60oC. El slurry curado es inmerso en un baño de agua a 25oC por un periodo de una hora (o 6 días para clasificar el sistema), luego es sometido a abrasión mecánica bajo agua mediante una manguera de hule por un tiempo especificado (5 minutos). El espécimen desgastado es lavado, quitando cualquier desecho libre, secado a 60oC y pesado. La perdida en peso es expresada en gramos totales perdidos o en gramos perdidos por unidad de área como gramos por metro cuadrado o gramos por pie cuadrado.

3. SIGNIFICADO.

3.1. El ensayo de abrasión en pista húmeda es un ensayo de simulación de desempeño el cual ha sido asociado a las cualidades de desgaste de los slurry seal empleados en campo. El ensayo establece el contenido mínimo de emulsión permisible de un sistema dado.

3.2. La clasificación del sistema de lechada para la susceptibilidad a la humedad a edades mayores puede ser determinado utilizando el procedimiento de remojo por 6 días.

4. APARATOS.

4.1. Balanza o balanza capaz de pesar 5,000 gramos a una precisión de +/- 1.0 g.

4.2. Mezclador mecánico tipo planetario tal como el Hobart C-100, N-50 o el A-120 equipado con una cabeza abrasiva de 2.27 kg, placa de montaje con abrazadera de sujeción rápida y una charola de metal de fondo plano.

4.3. Tazón de fondo redondo resistente a la oxidación de suficiente tamaño para contener la muestra durante el ensayo.

4.4. Cuchara de mezclado de mango largo de suficiente longitud para que sobresalga 100 mm o más fuera del tazón de mezclado durante la mezcla.

4.5. Suministro de discos de 286 mm de diámetro cortados de 30 libras de fieltro impermeable saturado.

4.6. Moldes adecuados para la fabricación de los especímenes, de profundidad especificada (6.35 mm es el estándar) y de diámetro interno especificado: 279 mm para el equipo mezclador C-100 y A-120 y 254 mm para el mezclador N-50. moldes de borde elevado son preferibles, pero un molde de polimetil metacrilato de superficie plana es satisfactorio.

4.7. limpiador de ventanas (squeegee) de 30 a 36 mm, espiga de madera de 25 mm de diámetro por 350mm o un squeegee mecánico de una pasada.

4.8. Horno de corriente de aire forzada calentado a $60^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ del tipo 11B, conforme con los requerimientos del estándar ASTM E 145.

4.9. Baño de agua a temperatura constante de $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

4.10. Manguera reforzada revestida de caucho, de $\frac{3}{4}$ " de diámetro interno por $\frac{1}{4}$ " de espesor de pared (19 mm diámetro interno x 6.25 mm de espesor). La manguera es cortada a una longitud de 5" (127 mm). Cuando se utiliza la cabeza de abrasión de manguera perforada, la manguera se perfora con dos pares de agujeros de 9 mm alineados y centrados a 107 mm sobre uno de los lados del tubo. Los agujeros son taladrados a 90° del lado cóncavo o convexo. Los agujeros no son necesarios cuando se utilizan cabezas de abrasión con mandril rígido de cambio rápido.

4.11. Bloque de apoyo de madera o dispositivo para soportar, durante el ensayo, el conjunto montado de charola y placa.

5. PROCEDIMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO.

5.1. La proporción de cemento Pórtland, limo hidratado y/o aditivos, agua y emulsión asfáltica con respecto al peso seco del agregado debe ser predeterminada en laboratorio o utilizar una fórmula de trabajo previamente aceptada por el ingeniero del proyecto.

5.2. Dividir o cuartear, con un cuarteador mecánico, una cantidad suficiente de agregado seco al aire, tamizándolo a través del tamiz No.4 para obtener no menos de 800 gramos de muestra (700 gramos cuando se utiliza la máquina de abrasión N-50).

5.3. Pesar 800 gramos dentro del tazón de mezclado. Utilizando una cuchara de mezclado, mezclar sin añadir agua el cemento Pórtland (o limo hidratado) con el agregado por un minuto, hasta que se distribuya uniformemente. Añadir la cantidad preestablecida de agua (para obtener una consistencia de 2.5 a 3.0 cm) y mezclar nuevamente por un minuto o hasta que todos las partículas de agregado se humedezcan uniformemente. Finalmente, añadir la cantidad predeterminada de emulsión y mezclar por un periodo de no menos de un minuto y por no más de tres minutos.

Sistemas de fraguado rápido y de apertura rápida al tráfico deben ser mezclados y moldeados en 30 segundos y finalizados en no más de 45 segundos de tiempo total de trabajo.

5.4. Centrar la abertura del molde sobre el disco de fieltro impermeable de 286 mm. Inmediatamente verter el slurry sobre el disco de fieltro.

5.5. Enrasar o nivelar el slurry con la parte superior del molde con una manipulación mínima (el enrasamiento excesivo contribuye a la segregación). Desechar el material en exceso.

5.6. Remover el espécimen del molde y colocar el espécimen moldeado en un horno a 60°C y secar a peso constante por un periodo mínimo de 15 horas.

6. ENSAYO DE ABRASION POR PISTA HUMEDA.

6.1. Remover el espécimen seco del horno, permitiendo que seque a temperatura ambiente y pesarlo.

6.2. Después de pesado, colocar el espécimen en un baño de agua a 25°C por 60 o 75 minutos.

6.3. Remover el espécimen del baño de agua y colocarlo en la charola de fondo plano de 330 mm de diámetro. Sujetar el espécimen a la charola y montar sobre la placa mediante las abrazaderas de sujeción rápida.

6.4. Cubrir completamente el espécimen con agua a 25°C , a una profundidad de 6.35 mm.

6.5. Bloquear al eje de la maquina Hobart la cabeza abrasiva. Elevar la plataforma de la maquina Hobart hasta que la manguera de hule sea soportada libremente por la superficie del espécimen. Utilizar el bloque de apoyo para soportar la plataforma ensamblada durante el ensayo.

6.6. Encender la maquina Hobart a velocidad baja. Operar la maquina Hobart de acuerdo con la tabla 1. Se permite rotar la manguera después de cada ensayo realizado para obtener una sección nueva de abrasión para la próxima prueba.

6.7. Remover el espécimen de la charola después del ciclo de abrasión y lavar los desechos. Colocar el espécimen de ensayo lavado en un horno a 60°C y secar a peso constante.

6.8. El espécimen seco es removido del horno, permitiendo que alcance la temperatura ambiente y es pesado. La diferencia entre este peso y el peso obtenido en la sección 6.1 son los gramos de perdida por abrasión húmeda.

7. INFORME.

7.1. El valor de desgaste (WTAT) es calculado utilizando la tabla 1 y los factores de corrección mostrados, reportando lo siguiente:

- a) Periodo de remojo.
- b) Maquina utilizada.
- c) Tiempo de ensayo.
- d) Gramos perdidos.
- e) Perdida en gramos por unidad de área.

Ejemplo: “una hora de remojo modificado N-50; 5 min, 5 s; valor de desgaste de 22.1 g o 67.6 g por pie cuadrado”.

NOTAS.

3.2. El valor para el sistema de clasificación es definido como el porcentaje de emulsión requerido para producir una perdida por el ensayo WTAT de 24.5 gramos (806 g/m²) de inmersión a los 6 días C-100.

4.6. Cuando se utilicen otra gradaciones diferentes que la estándar 0/#4, se recomienda que el espesor moldeado sea de un 25 a 35% mas grande que la partícula de mayor tamaño del agregado a ser utilizado. No se han realizado correlaciones de campo para gradaciones mas gruesas que la estándar de 0/#4.

6.7. Método alternativo: se seca la manguera de abrasión y se pesa antes y después del ensayo para determinar el desgaste de la manguera. Todos los agregados desgastados y ls partículas de manguera son lavados a través de un papel filtro de 12”. El papel filtro y su contenido son secados por una hora a 60oC. La perdida neta de agregado es luego calculada y registrada como la perdida WTAT.



BOLETIN TECNICO No. 106-1990

MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFÁLTICAS

Desde los comienzos del slurry surfacing, la industria ha conocido la importancia de la consistencia en la mezcla de las lechadas. Varios métodos de medición han sido ideados para su medición, incluyendo la prueba del cono de flujo (cono de revenimiento), la prueba del plato inclinado y la prueba de pegado. El departamento de transporte de Kansas a utilizado por muchos años una prueba que denominan "la prueba del cono de consistencia Kansas" o simplemente la prueba del cono. Esta prueba proporciona un valor numérico de la consistencia. El procedimiento es ahora internacionalmente reconocido como un estándar en la industria.

PRUEBA DEL CONO DE CONSISTENCIA

La prueba del cono se utiliza para determinar la cantidad de agua requerida para formar una mezcla estable y trabajable. Esta prueba utiliza el cono de absorción de arena descrito en el estandar ASTM C-128 o AASHTO T-84 y una base con una escala de flujo. El cono es un frusto o tronco metálico hueco de 0.8 mm de espesor, 75 mm de altura y 40 mm de diámetro superior, por 90 mm de diámetro inferior. La escala de flujo tiene 7 círculos concéntricos inscritos en una baldosa o cerámica industrial, o en una hoja metálica o papel, en incrementos de un centímetro en su radio desde el círculo formado por el extremo mas ancho del cono.

Varias mezclas de prueba son fabricadas utilizando 400 gramos de agregado, combinado a temperatura ambiente con un óptimo de emulsión y contenido de agua variable. El cono es centrado en la escala de flujo y después de 30 segundos de minucioso mezclado este es llenado sin apretar, golpeado fuera e inmediatamente removido con un suave movimiento vertical. El flujo del slurry es medido por cuatro puntos separados en 90°, promediado y registrado como "_____ cm de flujo @ _____ % de agua añadida a la mezcla."

El flujo optimo considerado es de 2.5 cm. El radio de flujo con limites de 2.9 cm a 3.0 cm y una reproductibilidad del +/- 0.25 cm.

El trabajo de diseño debe de ser interpretado con todos los materiales actuales de proyecto y deben simular condiciones de temperatura de campo y humedad de almacenaje esperada.

NOTA: Esta prueba no se aplicara a ciertos sistemas de curado rápido y rápida apertura al tráfico porque los resultados errados se deben a sus características de curado.

FIGURA 1: ASTM C-128 cono de arena y la escala de consistencia Del ISSA.

FIGURA 2: 4 centímetros de flujo.....ligeramente húmedo (grava)

FIGURA 3: ligeramente colapsado.....no fluye.....demasiado seco.

FIGURA 4:

Izquierda: Extremo drenado indica falta de fino o de filler. Requiere una reformulación.

Derecha: Mismos agregados y emulsion con 2% de cemento añadido, 1% mas de agua de mezcla proporciona flujo optimo de 2.5 cm (granito)

FIGURA 5:

Izquierda: Formulacion optima proporciona un flujo de 2.5 cm (grava)

Derecha: misma formulacion con escoria es muchisimo mas humeda @ 6.0 cm de flujo. Cada material requiere propias formulaciones.

FIGURA 6: Cada sistema agregado-filler-emulsion posee sus propias características de agua/flujo. Los limites recomendados en esta curva permite un rango total del 1% o 24 galones por 10 toneladas de agregado.



BOLETIN TECNICO No. 109-1990

MÉTODO DE ENSAYO PARA MEDIR EL EXCESO DE ASFALTO EN MEZCLAS BITUMINOSAS. ENSAYO DE LA RUEDA CARGADA Y ADHESION DE ARENA.

1. ALCANCES:

1.1. La prueba de la rueda cargada se propuso para compactar mezclas asfálticas de agregado fino tal como los slurry seal, por medio de una rueda de hule cargada que proporciona fatiga a la mezcla mediante un movimiento alternativo. El ensayo puede ser utilizado para propósitos de diseño, para establecer el límite máximo en el contenido de asfalto y permite al diseñador de la mezcla evitar exudación excesiva de asfalto bajo cargas intensas de tráfico.

1.2. Varias mediciones extra pueden realizarse durante el ensayo para estudiar los rangos de compactación y las deformaciones plásticas de especímenes de mezclas asfálticas monocapa y multicapa.

Consultar el boletín técnico TB #147 "Test Method for Measurement of Stability and Resistance to Compaction, Vertical and Lateral Displacement of Multilayered Fine Agrégate Cold Mixes".

2. APARATOS Y MATERIALES.

2.1. Máquina de ensayo de rueda cargada como la mostrada en la figura 1 y 2, constituida por los siguientes componentes principales:

- a) Armazón de canales de acero, ajustable.
- b) Placa de montaje para especímenes.
- c) Motor rebordeado, 1/3 HP, 1750 rpm.
- d) Eje horizontal 40:1 de doble salida piñón reductor.
- e) Cigüeñal de conducción, de 6 pulgadas de radio.
- f) Brazos conectores conductores de canales de acero ajustables.
- g) Caja de carga, céntricamente ajustada sobre la rueda.
- h) Chasis giratorio #3YY6-2 con rueda #WR6203 de 3 pulgadas de diámetro x llanta de caucho suave (durometro 60-70) de 1" montada a una distancia horizontal de 24 pulgadas entre ejes del chasis giratorio y del cigüeñal de conducción.
- i) Contador de revoluciones reajutable.
- j) Sacos de 5-25 libras, de perdigones de plomo #7 o #8.
- k) Placa de montaje para especímenes, 24 ga (0.024"-0.60 mm) de acero galvanizado x 3" x 16", de bordes bocelados.
- l) Diversos tipos de moldes para especímenes, con espesores de 0.125, 0.188, 0.250, 0.313, 0.375 y 0.500 pulgadas (3.2, 4.8, 8.0, 9.5, 12.7 mm), de medidas exteriores de 3" x 16" e internas de 2" x 15"
- m) Espiga de madera de 1" de diámetro por 6" de largo u una regla en forma de "U".
- n) Marco de acero para arena, de medias externas de 0.188" x 2.5" x 15" y medidas internas de 1.5" x 14", alineada por completo, un lado con adhesivo de espuma aislante de caucho y clavijas sujetadoras.
- o) Balanza de plataforma plana con capacidad para 250 libras sensible a 1 lb.

2.2. *Aparatos para preparación de la muestra:* Balanza con capacidad para 2000 g o más y con precisión de 0.1 g, horno a temperatura constante (140°F), tazones de mezclado o beakers de 600 a 1000 mL, una espátula de 1" o una cuchara, placas de montaje para especímenes (2.1 k) y espigas o regla en forma de "V", moldes para especímenes (2.1.1.), cono de consistencia (ISSA TB #106).

2.3. Aparatos y materiales para adhesión de arena: Arena fina de Ottawa <30, malla >100 (designación ASTM C-109 de grado estándar), placa caliente o horno para calentar arena (180°F), tazón metálico de 1000-5000 mL, aspiradora casera, termómetro para medir la temperatura de la arena, marco de acero para arena con banda de espuma de caucho (2.1 n).

2.4. Aparato opcional para medir la compactación y distorsión tal como un Perfilógrafo y calibrador adecuado.

3. ESPECIMENES DE ENSAYO.

3.1. Las mezclas de slurry Seal son preparadas con formulaciones seleccionadas por ensayos utilizando los materiales del proyecto.

3.2. El espesor de los moldes es seleccionado para que resulte un espécimen del espesor deseado para el ensayo. Ejemplo: 25% mas grueso que la partícula de agregado de mayor tamaño.

3.3. Utilizar 25 a 35% de material adicional que el requerido para llenar los moldes con la mezcla. (Normalmente 300 g de agregado llenan un molde de ¼”).

3.4. Las mezclas de prueba son fabricadas para determinar las características de consistencia de la formulación seleccionada (ver ISSA TB #106). La anotación de la formulación del porcentaje exacto a utilizar se realiza listando la cantidad de agregado, filler, agua, emulsión y la consistencia obtenida. Ejemplo: 100-2-10-18-3 cm.

3.5. El material es cuidadosamente pesado dentro del contenedor de mezclado. El procedimiento de mezclado debe de ser rápido y completo tal que el espécimen se moldee 30 segundos después de añadida la emulsión.

3.6. El molde seleccionado es centrado sobre una placa de montaje de especímenes previamente pesada y llenar uniformemente y rebosando con la mezcla. Utilizar un movimiento horizontal de aserrado para nivelar la superficie, el espécimen es apisonado y nivelado con el marco del espécimen. Cuando el espécimen ha fraguado lo suficiente para prevenir desplazamientos, se remueve el molde. El espécimen es secado por un mínimo de 12 horas a peso constante en un horno a 140oF. El espécimen es removido del horno y enfriado a temperatura ambiente.

4. AJUSTE Y PESADO DEL ENSAYADOR DE RUEDA CARGADA.

4.1. Los brazos conectores , la chumacera y el chasis giratorio ensamblados, son ajustados y asegurados tal que la distancia horizontal proyectada entre la manivela y el eje de la rueda sea 24 pulgadas. La rueda armada debe estar alineada, el recorrido de la rueda debe estar rectificado y ser paralelo con el marco.

4.2. La caja de carga es centrada y asegurada directamente sobre el eje de la rueda.

4.3. La rueda es colocada sobre la bascula de plataforma tal que los brazos conectores estén paralelos al marco. Los pesos de plomo son añadidos a la caja de carga hasta que se obtienen el peso deseado.

5. MONTAJE DEL ESPECIMEN.

5.1. El espécimen es colocado sobre la placa de montaje, fijamente contra los pines de emplazamiento y sujetarlo en posición con los sujetadores de arandela y las tuercas de oreja proporcionadas.

6. PROCEDIMIENTO.

6.1. Mantener la temperatura a 77oF +/- 2oF o como se establezca en otras especificaciones.

6.2. La rueda es examinada y completamente limpiada con solventes evaporatorios y agua. La rueda es luego colocada sobre el espécimen y la caja de carga es cargada con el peso deseado (ver nota).

6.3. El contador es puesto a cero y la compactación se inicia. Los ciclos por minuto deben de ser de 44 a los índices de propulsión indicados. (*Precaución: debe tenerse cuidado de no*

entrar en contacto con las partes de la maquina que se encuentren en movimiento. Los descuidos y la no vigilancia de la operación puede resultar en daños y heridas serias).

6.4. Algunos puntos durante la compactación, con brillo visible y sonidos de pegajoso pueden ser notados. En este punto, debe añadirse suficiente agua desde la botella de lavado, para prevenir la adhesión del espécimen a la rueda. (Con ciertos agregados, puede ser necesario liberar el camino de la rueda con un chorro de agua para prevenir los finos erosionados por impacto del espécimen). Anotar las revoluciones requeridas para alcanzar el punto de ligadura.

6.5. Después de 1000ciclos, o por otras especificaciones, parar la maquina, descargar y lavar el espécimen removiendo las partículas perdida y secar a 140oF a peso constante.

6.6. El peso seco del espécimen es anotado y se monta nuevamente en la placa de montaje en su posición original. El marco para arena es centrado sobre el espécimen y asegurar con la espuma de caucho contra el espécimen para prevenir la perdida de arena. 300 gramos de arena caliente (180oF) son esparcidos uniformemente en el molde para arena. La rueda es inmediatamente cargada sobre el espécimen y se completan otros 100 ciclos. (ver nota 6.6.)

6.7. Toda la arena perdida es removida con la aspiradora casera y el espécimen es removido y pesado. El incremento en peso debido a la adhesión de arena es anotado.

NOTAS.

6.2. A veces, los solventes pueden saturar la llanta de caucho y dar falsos puntos de adherencia y falsos valores de adhesión de arena. Se recomienda utilizar disco fino de papel lija montada sobre una barrenadota de ¼" o 3/8" para limpiar el neumático de caucho.

6.6. Es conveniente utilizar 200 g, previamente pesados y calentados en un contenedor adecuado (como un beaker de 200 mL). Los 200 g de arena caliente son uniformemente esparcidos en el marco para arena y cubiertos inmediatamente con una tira metálica precalentada (1/8" x 1-3/8" x 14-7/8"). Mejor reproductibilidad y menos desorden se experimenta mediante este método.

6.7. Cuando se utiliza una tira de metal, la aspiradora es innecesaria. El espécimen acoplado puede ser removido como una unidad, desacoplar sobre un contenedor de basura y se golpea levemente para remover la arena no adherida.



BOLETIN TECNICO No. 114-1990

ENSAYO DE REMOCION EN HUMEDO PARA MEZCLAS DE LECHADAS ASFÁLTICAS CURADAS.

El propósito de este ensayo es ayudar al diseñador de lechadas asfálticas a seleccionar un sistema de lechada compatible con agregado dado. La formulación de la emulsión, relleno mineral y aditivos puede ser rápidamente filtradas por la aptitud del sistema para permanecer recubierto bajo las condiciones de ensayo. Ver también el boletín técnico TB #149, "Boiling Compatibility Test" y el TB #144, "Compatibility by Schulze-Breuer & Ruck Procedures".

1. APARATOS.

- 1.1. Beaker de pyrex de 600 mL.
- 1.2. Placa de temperatura ajustable o un mechero Bunsen y una malla de alambre.
- 1.3. Papel altamente absorbente y resistente como las toallas absorbentes caseras.

2. PROCEDIMIENTO.

2.1. Se toman 10 g +/- 1 g, de mezcla de lechada asfáltica curada, que debe ser representativa del espécimen entero obtenido del ensayo de consistencia ISSA TB #106 o de los especímenes del ensayo ISSA TB #113.

2.2. 400 mL de agua de grifo desmineralizada o de agua destilada son añadidos al beaker de 600 mL y colocados sobre la placa caliente y llevada hasta una vigorosa ebullición.

2.3. El espécimen de lechada curada de 10 g es vertido dentro del agua hirviendo y se le permite hervir en agua por tres minutos.

2.4. Al finalizar los tres minutos de periodo de ebullición, el beaker con su contenido es removido de la placa caliente y se le permite enfriar.

2.5. Cuando la ebullición cesa, Se coloca una corriente de agua de grifo fría dentro de la superficie del agua y se permite que esta desborde del beaker hasta que cualquier cantidad de asfalto libre sobre la superficie del agua sea removida. Debe cuidarse de evitar derramar partículas de lechada fuera del beaker.

2.6. El agua es luego decantada y su contenido removido del beaker, colocándolo sobre toallas de papel absorbente.

2.7. Después que el material ha sido secado, se examina para buscar áreas no cubiertas de agregado y se realiza una estimación del área del agregado que permanece recubierta con asfalto.

3. INFORME.

3.1. Reportar la superficie de agregado que permanece recubierta con asfalto, como un porcentaje de la superficie total del agregado.

90% de recubrimiento retenido es satisfactorio

75% a 90% se juzga como limite o marginal

Abajo del 75% es insatisfactorio.

Nota: Baja retención de asfalto de un sistema de lechada asfáltica puede indicar ausencia de adhesión, película de baja coalescencia, pobre formulación de la emulsión, re-emulsificación, posible falsa lechada, también la presencia de mucho relleno mineral o agregados finos de poca calidad. Anotar la ductilidad o el brillo del espécimen hervido ya que este dato puede también ser utilizado en la evaluación de la calidad del sistema.



BOLETIN TECNICO No. 118-1990

DISEÑO DE LECHADAS ASFÁLTICAS POR EL MÉTODO DEL AREA SUPERFICIAL.

Este método estima el contenido teórico de asfalto de lechadas asfálticas y es presentado como referencia del método sugerido por el boletín técnico TB #111. Se presenta como un extracto directo del "Instructor Report S-75-1, Slurry Seal Surface Treatments" por Len Godwin, Soils and Pavements Laboratory, U.S. Army Engineer, Waterway Experiment Station.

Precaución: Subsiguientes trabajos indican que este método no es universalmente aplicable. La película de 8 micras de espesor es usualmente también densa para tráfico pesado y los vacíos pueden ser demasiado rellenos cuando se utilizan ciertos agregados de gradación muy fina.

MÉTODO DE DISEÑO DEL AREA SUPERFICIAL.

El método de diseño de área superficial se presentara en tres secciones las cuales discuten el cálculo de la cantidad de asfalto requerido para cubrir el área superficial del agregado de trabajo, las características de absorción de los agregados y el contenido total de asfalto.

1. CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL DE ASFALTO.

1.1. El área superficial del agregado de trabajo es determinada multiplicando el porcentaje de agregado que pasa cierto tamiz establecido por un factor de área superficial basado en el tamaño del tamiz (Tabla A1). El área superficial del agregado es determinada para cada tamaño de partículas (grupo) y luego sumada para obtener el área superficial total. Las unidades de área superficial son dadas en pies cuadrados por libra de agregado (ft²/lb). Los factores de área superficial se muestran en la tabla A1. El área superficial total (SA) es luego corregida, para obtener un área superficial corregida (CSA); $CSA = SA \times 2.65/ASG$, en donde ASG es la gravedad específica aparente del agregado. Conociendo el área superficial y el espesor de la película de asfalto deseada, el volumen de asfalto requerido puede ser obtenido. A partir de estos parámetros, El asfalto requerido para cubrir el área superficial es calculado. La ecuación para el calculo del área superficial de asfalto es la siguiente:

$$SAB = CSA \times t \times 0.02047 \times SG_B$$

En donde:

SAB = Área superficial de asfalto, como porcentaje del peso seco de agregado.

CSA = Área superficial corregida, ft²/lb del agregado seco.

t = espesor de la película de asfalto, micras

SG_B = Gravedad específica del asfalto

0.02047 es un coeficiente de conversión para las unidades de la ecuación

1.2. Si la gravedad específica del asfalto no se conoce, el asfalto requerido para recubrir el agregado puede ser calculado asumiendo un SG_B = 1.0. El error resultante de asumir SG_B = 1.0 es pequeño y no tiene grandes efectos la final del diseño.

1.3. Se recomienda un espesor de película de 8 micras para el diseño de lechadas asfálticas, en base a ensayos de laboratorio, comportamiento de campo comprobado y recomendaciones de otras investigaciones.

2. ABSORCION DEL AGREGADO.

2.1. Los requerimientos de absorción del agregado son determinados utilizando el ensayo de equivalente de kerosén centrifugado (CKE). En este ensayo, 100 g de material menos el No4 es centrifugado en presencia de Kerosén por 2 minutos. La cantidad de Kerosén retenido por los agregados se asume como aproximación de la cantidad de asfalto que el material puede absorber. El kerosén absorbido (KA) por los agregados es convertido a un porcentaje del peso seco del agregado.

3. ASFALTO TOTAL.

3.1. Los requerimientos totales de asfalto se obtienen por adición del porcentaje requerido de asfalto de la película de asfalto y el porcentaje de asfalto que puede ser absorbido. Todos los porcentajes son en base al peso seco del agregado. El total es obtenido como sigue:

$$BR = SAB + KA \quad \text{o} \quad BR = (CSA \times t \times 0.02047 \times SG_B) + KA$$

En donde:

BR = Requerimiento total de asfalto, porcentaje por peso seco de agregado.

KA = Porcentaje de kerosén absorbido por peso seco de agregado.

3.2. Los requerimientos del porcentaje emulsión pueden ser calculados dividiendo el requerimiento de asfalto total por peso seco del agregado entre el residuo de asfalto en la emulsión. Un ejemplo de calculo para determinar el contenido de asfalto se muestra en el anexo B.

TABLA 1	
FACTORES UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DEL	
AREA SUPERFICIAL DE AGREGADOS	
PARA LECHADAS ASFÁLTICAS.	
Tamaño del tamiz	Factor de área superficial
3/8"	0.02
No.4	0.02
No. 8	0.04
No.16	0.08
No. 30	0.14
No. 50	0.30
No. 100	0.60
No. 200	1.60

ANEXO B. EJEMPLÑO DE CALCULO DEL REQUERIMIENTO DE ASFALTO PARA AGREGADOS DE LECHADAS ASFÁLTICAS

CALCULO DEL AREA SUPERFICIAL

1. ASG = 2.96; 2% DE Cemento Pórtland incluido en la gradación del agregado.

Porcentaje Tamaño de Tamiz	Porcentaje que pasa	Factor de Área superficial	ft ² /lb de agregado
3/8	100	0.02	2.00
No 4	99.5	0.02	1.99
No 8	95.6	0.04	3.82
No. 16	77.8	0.08	6.22
No. 30	52.0	0.14	7.28
No. 50	24.5	0.30	7.35
No. 100	10.7	0.60	6.42
No. 200	6.4	1.60	<u>10.24</u>
		Total de SA =	45.32

Área Superficial corregida, CSA = SA x 2.65/2.96 = 40.57 ft²/lb de agregado

REQUERIMIENTOS DE ABSORCION DEL AGREGADO

2. 2% de cemento Pórtland incluido en la gradación del agregado.

Tara No.	Peso de la tara (g)	Peso de la muestra (g)	Peso antes del centrifugado	Peso después del centrifugado	KA (%) (f = e - d)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	215.3	100.0	315.3	321.0	5.7
2	215.9	100.0	315.9	321.6	<u>5.7</u>
				KA Promedio =	5.7%

REQUERIMIENTO TOTAL DE ASFALTO.

Betumen = Emulsión asfáltica SS-1h

Espesor de película de diseño (t) = 8 micras.

Gravedad especifica aparente del agregado (ASG) = 2.96

Gravedad especifica del asfalto (SGB) = 1.028

Absorción de Kerosén (KA) = 5.7%

Área superficial corregida (CSA) = 40.57 ft²/lb de agregado

Requerimiento total de asfalto (BR) = (CSA x t x SG_B x 0.02047) + KA

$$BR = (40.57 \times 8 \times 1.028 \times 0.02047) + 5.7 = 6.83 + 5.7$$

$$BR = 12.53\% \text{ por peso seco de agregado}$$

Contenido residual de asfalto en la emulsión = 63% en peso.

Requerimiento de emulsión = (BR x 100) / (Contenido residual de asfalto en la emulsión)

Requerimiento de emulsión = (12.53 x 100) / 63 = 19.90% por peso seco de agregado

En el ejemplo: 19.90 lb de emulsión se requirieron por cada 100 lb de agregado seco.



**MÉTODO DE PRUEBA PARA LA CLASIFICACION
DE SISTEMAS DE MEZCLAS AGREGADO/EMULSION ASFÁLTICA
POR MEDIO DE LA PRUEBA DE COHESION MODIFICADA
PARA LA MEDICION DE LAS CARACTERISTICAS DE FRAGUADO Y CURADO.**

Ver: ISSA TB #102. "prueba de resistencia al agua, mezclado y curado para identificar emulsiones asfálticas de fraguado rápido". Y ASTM D 3910-80^a. "prácticas recomendadas para diseñar, controlar y construir slurry seal.", [sección 5.2 y 5.3](#), también el obsoleto ISSA TB #135.

Con el estándar ASTM D 3910, la prueba de cohesión registra solamente "el tiempo requerido para alcanzar un torque máximo constante o hasta que el pie de goma se mueve libremente sobre el disco de slurry sin desplazar las partículas de agregado", "La presente prueba mide el torque durante el desarrollo del fraguado y esfuerzos de cohesión, y define el "tiempo de fraguado" y el tiempo temprano de apertura al tráfico" como una función de desarrollo del fraguado y tiempo.

1. APARATOS Y MATERIALES.

1.1. El ensayo de cohesión Modificado utiliza una maquina semejante a la utilizada en el estándar ASTM D 3910-80^a. Pero con las siguientes modificaciones:

- a) Varilla doble de 1-1/8" de diámetro con extremos cilíndricos al aire, con varillas de 5/16" de diámetro y 3" de recorrido.
- b) Durometro con pie de goma de neopreno de ¼" x 1-1/8" de diámetro, con regulador de presión de aire con válvula de desahogo, de corriente baja capaz de mantener la presión constante.
- c) Regulador de presión de aire con una válvula variable inferior purgadora de corriente para mantener una presión de aire constante.
- d) Válvula de Control de cuatro direcciones con válvulas de tubos de vaciado regulables.
- e) Compresor adecuado con medida de presión de 0 a 700 Kpa (kilogramos/sq.cm)
- f) Suministro de presión de aire de 700 K Pa (100psig)
- g) Medidor de torque capaz de medir y marcar como mínimo un torque de 35 kilogramos-centímetro (kg-cm)

1.2. Un suministro de 10 cm², 15 libras de fieltro impermeable saturado, u otros especimenes de forros de montaje apropiados no absorbentes

1.3. Moldes para especimenes de 6mm x 60 mm de diámetro y de 10 mm x 60 mm de diámetro.

1.4. Tamices estándar ASTM E-11 de 4.75 mm y 8.00 mm

1.5. Equipo apropiado para mezclar y pesar como el utilizado en el boletín ISSA TB #113. "Ensayo de mezcla de prueba para diseño de lechadas asfálticas"

1.6. Cuando se desee la determinación del contenido de humedad, utilizar un horno adecuado, de corriente forzada o un horno microondas.

1.7. Espátula apropiada como un cuchillo de masilla de 1" a 1-1/4", para limpiar el pie de neopreno.

1.8. Para calibración:

- a. 20-30 tejidos estándar de arena de Ottawa ASTM C-190
- b. Papel de lija 220 de gravilla de silicio carburo marca "3-M"
- c. Papel de lija 100 de gravilla de silicio carburo marca "carborundum"

2. PROCEDIMIENTO:

2.1. Se utilizan agregados del tipo II y tipo III, tamizándolos a través del tamiz de 4.75 mm y 8 mm respectivamente descartando la porción que se retiene en los mismos. Mezclar y moldear un número adecuado de especímenes idénticos utilizando el molde circular de 6 mm (para tipo II/4.75 mm) o en el de 10 mm (para tipo III/8 mm), centrado los anillos sobre los cuadrados de papel impermeable. Tener el cuidado de producir especímenes uniformes cuyas superficies sean horizontales y paralelas.

2.2. La medición del torque se realiza a intervalos apropiados pudiendo utilizarse tiempos de 30, 60, 90, 150, 210 y 270 minutos después de vaciados. El espécimen es centrado bajo el pie de neopreno, el compresor de aire es configurado a 200kPa y el pie es bajado contra el espécimen a una velocidad de 8 a 10 cm por segundo. Después de 5 a 6 segundos de compactación, el medidor de torque es puesto a cero y colocado en la varilla final de la parte superior del cilindro y retorcido en un movimiento suave, firme y horizontal describiendo un arco de 90° a 120° en 0.5 a 0.7 segundos. El torque leído es registrado junto con el tiempo, el cilindro es elevado y el pie limpiado por raspado.

2.3. Cuando se desea conocer el contenido de humedad, es necesario pesar la tara del espécimen y la almohadilla de montaje antes de vaciar el espécimen.

3. CALIBRACION:

3.1. Varios ensayos pueden ser realizados con papel de lija calibre 220 hasta que una serie de 10 ensayos registre un rango promedio constante dentro de 0.3 kg-cm

3.2. Después de que el disco de goma es “pulido” con el papel lija calibre 220 a una lectura constante, moldear los tejidos 20-30 de arena de Ottawa (ASTM C 190) contenidas en un centímetro, ensayar el papel lija calibre 100 y la lectura de calibración registrada.

3.3. El agregado seco utilizado para el ensayo de mezcla sera ensayado según se describe en el numeral 3.2 y registrado en el grafico de cohesión.

4. REGISTRO DE RESULTADOS:

4.1. Los resultados deben de ser registrados en intervalos apropiados de tiempo (30, 60 minutos, etc). Hasta que una tendencia definitiva sea establecida. Los trazos realizados sobre un papel milimetrado apropiado mostraran una curva que es característica particulares del desarrollo de los esfuerzos de cohesión del sistema ensayado.

4.2. La forma del grafico debe incluir los valores de calibración.

5. DEFINICION DEL TIEMPO DE FRAGUADO Y DE APERTURA AL TRÁFICO:

5.1. El tiempo de fraguado es definido como el lapso de tiempo después del vaciado cuando un sistema de lechada no puede ser remezclado y llevado a una lechada homogénea, esto ocurre cuando: un desplazamiento lateral no es posible al compactar el espécimen, cuando una toalla de papel absorbente no se ensucia al oprimirla suavemente sobre la superficie de la lechada; o cuando una emulsión ha ligado y no se consigue lubricar fácilmente la mezcla; y cuando una emulsión no puede ser diluida, lavada ni quitada libremente con agua.

Simplemente se establece que el fraguado ocurre a un nivel de torque de 12 (12-13) Kg-cm

5.2. *Tiempo de apertura al trafico:* el tiempo de apertura al rodamiento temprano del trafico ocurre a un nivel de torque de 20 (20-21) kg-cm

5.3. Un *sistema de fraguado rápido* se define como un sistema de lechada el cual alcanza los 12-13 kg-cm de cohesión al torque dentro de 30 minutos.

5.4. Un *sistema de rápida apertura al tráfico* es definido como un sistema de lechada el cual alcanza los 20-21 kg-cm de cohesión al torque dentro de 60 minutos.

NOTAS:

1. Modo de ruptura: en ocasiones, un espécimen de ensayo de cohesión no confinada puede romperse en partes o provocar su ruptura de una manera anormal o presentar sólidos remanentes o casi no tocar el pie del ensayador. (hidroplaneo). Es útil anotar el modo de ruptura en el registro, y algunas veces asignar un valor de cohesión para propósitos gráficos de la siguiente manera:

“N” = Normal. Aparecen grietas múltiples radiales. Debajo de 12 kg-cm no se presentan grietas pero hay más de una “salpicadura”.

“NS” = Casi gira. Solo se observa una grieta radial (el valor de cohesión equivalente es de 20 kg-cm)

“S” = Giro. No aparecen grietas pero el agregado es desplazado directamente bajo la superficie del pie y “rueda” bajo el pie. (Equivale a un valor de cohesión de 23 kg-cm)

“SS” = sólidos girados. No aparecen grietas. El agregado no es desplazado, no hay ruptura. El pie patina o desliza sobre la superficie. Alguna película de betumen puede ser removida. (Equivale a un valor de cohesión de 26 kg-cm)

2. Puede ser deseable evaluar las propiedades subjetivas de los remanentes del espécimen ensayado después de 2 días de secado al aire, esto según su apariencia, color, adhesión húmeda o recubrimiento, adhesión del substrato y adhesión a 3 minutos bajo ebullición.



**MÉTODO DE ENSAYO PARA LA CLASIFICACION DE
LA COMPATIBILIDAD DEL AGREGADO-FILLER-LIGANTE
POR LOS PROCEDIMIENTO SCHULZE-BREUER Y RUCK**

1. ALCANCES:

Este método de prueba cubre la determinación de la compatibilidad relativa entre el relleno mineral (filler) de gradación específica y el residuo de emulsión asfáltica o betumen.

2. DOCUMENTOS APLICABLES:

ASTM C-136	Método de análisis de tamices para agregado fino y grueso
	D-244 – Métodos de prueba para asfalto emulsificado
	D-3910 – Prácticas estándar para el diseño, prueba y construcción de lechadas asfálticas
ISSA TB #113	Procedimiento para mezclas de prueba de lechadas asfálticas
ISSA TB #114	Prueba de remoción húmeda para curado de lechadas asfálticas
ISSA TB #115	Determinación de la compatibilidad del sistema lechada asfáltica

3. SIGNIFICADO Y USO:

El método provee un sistema para evaluar o asignar valores de clasificación a las características como: pérdida de abrasión, adhesión y cohesión a altas temperaturas, de una combinación ligante-filler específica para comparar con los valores obtenidos en las pruebas de referencia. Los valores de las pruebas pueden asociarse con los comportamientos en campo de mezclas de pavimentos.

4. APARATOS:

- 4.1. Espátula apropiada para mezclado y un tazón o charola para contener 200 g de mezcla.
- 4.2. Balanza con precisión de 0.01+/- 0.005 gm
- 4.3. Horno de corriente forzada configurado a 60°C , según la especificación ASTM E145 para hornos de ventilación forzada o de gravedad-convección.
- 4.4. Cuarto húmedo a 25°C +/- 3°C
- 4.5. Moldes de pastillas consistentes en una base, una camisa de 30 mm de diámetro interno por 70 mm de altura y un apisonador de 29 mm de diámetro.
- 4.6. Una prensa de fuerza constante capaz de proporcionar una fuerza de 1000 Kg (2204 Lb)
- 4.7. Plataformas cilíndricas que consisten en tubos de acrílico de 60mm de diámetro interno x 400 mm de longitud interna conteniendo un volumen de 1100 ml +/- 25 ml cerrados con

agua a presión y tapones metálicos ajustados a cada extremo, uno de los cuales debe de ser removible.

- 4.8. Maquina de abrasión capaz de sujetar por lo menos dos pares de cilindros y rotarlos luego extremo a extremo alrededor de un eje central a 20 rpm
- 4.9. Canasta metálica de 50 mm de diámetro por 50 mm de altura con espesor de 6mm con medios necesarios para suspenderla en agua hirviendo.

5. MATERIALES

- 5.1. El agua debe de ser agua de grifo sin solidos nocivos disueltos. Se utiliza agua destilada como referencia.
- 5.2. La emulsión asfáltica a utilizar deberá ser mezclada rigurosamente y cribada a través de la malla 20 para remover cualquier aglomerado.
- 5.3. Los aditivos como el cemento Pórtland, limo hidratado, sulfato de aluminio o sulfato de amonio o retardantes o acelerantes apropiados deben ser utilizados según se desee. En ausencia de estos aditivos, se debe utilizar el 1% de cemento Pórtland como una referencia estándar.
- 5.4. Pueden utilizarse bitúmenes puros o cementos asfálticos con o sin aditivos tales como desmoldantes, en combinación con un 50% de solución de un solvente anti inflamable y con un bajo punto de ebullición, para facilitar la mezcla a 60°C.
- 5.5. El agregado a utilizar sera lavado, tamizado y re graduado como sigue:

Tamices métricos %	Tamices U.S. %
710 um a 2.00 um=25%	#30 a #10=35%
250 um a 710 um=40%	#50 a #30=25%
90um a 250 um=15%	#200 a #50=22%
0.0 a 90um=20%	#0 a #200 =18%

- 5.6. Cuando el agregado no es regraduado y es cribado como se recibe con el 100% que pasa la malla de 2 mm o la #10, los resultados de la prueba se deberán reportarlo.

6. PREPARACION DE LA MEZCLA:

6.1. Añadir a la muestra, a través de un embudo, 200 gramos de agregado preparado, 2 gramos (1%) de cemento Pórtland tipo I o la cantidad que se desee de cemento y/o algún otro aditivo y suficiente agua para producir una lechada trabajable (aproximadamente 50 g). Pre mezclar vigorosamente antes de añadir la emulsión.

6.2. Añadir el equivalente a 8.125% +/-0.1% de betúmen puro (12.5% de una emulsión asfáltica con un 65% de residuo) y mezclar hasta que la emulsión rompa. Transferir la lechada ya "rota" y desmenuzada dentro de una charola adecuada para secarla y permitir un mínimo de 1 hora

de curado al aire, luego secar a peso constante en un horno de corriente forzada a 60°C (puede requerirse de aproximadamente 18 horas)

6.3. Colocar 40 gramos +/- 1 de la mezcla secada a 60°C uniformemente desmigajada, dentro del molde, precalentar a 60°C e inmediatamente presionar la mezcla por un minuto a una presión de 1000 kg. Remover las pastillas resultantes del molde y enfriarlas a temperatura ambiente.

7. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.

7.1. Remover cualquier pérdida intermitente de la pastilla, pesar a una precisión de 0.01 gramos y sumergir el espécimen en un baño de agua a 25°C +/- 3°C, por 6 días.

7.1.1. Después del periodo de 6 días de remojo, secar superficialmente la pastilla secándola con una toalla de papel resistente hasta que no aparezcan áreas húmedas en la toalla. Pesar inmediatamente a una precisión de 0.01 g y determinar el peso de agua absorbida y registrar este valor como la "absorción".

7.2. Llenar los cilindros con agua de grifo con 750 mL +/- 25mL (2/3 de su capacidad), colocar las pastillas en los cilindros, colocar los extremos removibles para cerrar el cilindro y asegurarlos en la máquina de abrasión.

7.2.1. Hechar a andar la máquina de abrasión por 3 horas +/- 3 minutos a 20 rpm (3600 ciclos) cada mitad del giro la pastilla caerá a través de agua y golpeará en el fondo.

7.2.2. Después de 3600 ciclos de abrasión, remover las pastillas del cilindro y secar superficialmente las pastillas erosionadas como se describe en el numeral 7.1.1 e inmediatamente pesar a una precisión de 0.01 g para determinar la pérdida en peso o la pérdida por "abrasión".

7.3. Colocar las pastillas desgastadas en la canasta de tela y suspender en un beaker de 800 mL o en otro contenedor adecuado lleno de agua hirviendo por 30 minutos.

7.3.1. Colocar los remanentes de las pastillas hervidas sobre unas toallas de papel absorbente. Cuando los especímenes estén superficialmente secos, pesar los remanentes de mayor tamaño con masa coherente y registrar como el porcentaje de la pastilla original saturada. Este porcentaje es el valor de cohesión a altas temperaturas o simplemente la "integridad".

7.3.2. Después de secar por 24 horas, estimar el porcentaje de partículas de agregado que han sido completamente cubiertas con asfalto. Este porcentaje de recubrimiento relativo es registrado como “adhesión”.

8. REPORTE.

8.1. En cada ensayo se reportaran la media de los resultados de cuatro especímenes que incluirán:

Absorción	En gramos absorbidos
Perdida por abrasión	En gramos perdidos
Adhesión	En porcentaje recubierto
Integridad	En porcentaje de masa retenida

8.2. El siguiente sistema de clasificación sugerido es presentado para simplificar y facilitar la comunicación:

Rango de clasificación, para cada ensayo	Puntos del rango, para cada ensayo	Perdida por abrasión, g	Adhesión, 30 min hervido, % recubierto	Integridad, 30 min de hervido, % retenido
A	4	0 – 0.7	90 – 100	90 – 100
B	3	0.7 – 1.0	75 – 90	75 – 90
C	2	1.0 – 1.3	50 – 75	50 – 75
D	1	1.3 – 2.0	10 – 50	10 – 50
0	0	2.0 +	0	0

Nota: Los estándares europeos requieren solamente de “menos de un gramo de pérdida por abrasión”. Esto es sugiere que 11 puntos en total se establecen como el rango mínimo para sistemas modificados con polímeros de altas prestaciones. Para sistemas no modificados, los valores de “integridad” pueden no ser aplicables y es sujeto a las evaluaciones de campo actuales.

ISSA TB #147-1989

METODOS DE ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA ESTABILIDAD RESISTENCIA A LA COMPACTACION, DESPLAZAMIENTO VERTICAL Y LATERAL DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN FRÍO DE AGREGADO FINO MULTICAPA.

1. ALCANCES:

Este método cubre tres procedimientos de ensayo los cuales miden la cantidad de compactación o características de desplazamiento de mezclas asfálticas en frío multicapa, graduación densa y de agregados finos tales como superficies de slurry seal y microasfaltos en frío bajo compactación simulada de rodamiento del tráfico por el método de la rueda cargada (LWT-Loaded Wheel Test) o la maquina Británica de rueda de rastreo (British Wheel Tracking Machina).

Los procedimientos son descritos a continuación:

- a) Ensayo de la rueda cargada para multicapas a temperatura ambiente (ISSA TB #109)
- b) El ensayo británico de la rueda de rastreo a 45oC
- c) Ensayo modificado LAI de la rueda cargada utilizando una manguera compresora de aire variable a 95oF (35oC)

MÉTODO A – ISSA TB #109, MÉTODO DE ENSAYO MULTICAPA DE LA RUEDA CARGADA PARA DESPLAZAMIENTO VERTICVAL Y LATERAL A TEMPERATURA AMBIENTE.

A2. APARATOS:

- 1) Una adecuada cuchara para mezcla o espátula, vasijas y escalas para preparar 500 gramos de mezcla.
- 2) 24 laminas para soporte de acero galvanizado “calibre x 3” x 16” y un molde para contener un espécimen vaciado a ½” x 2” x 15”
- 3) Un ensayador de rueda cargada como el descrito en la ISSA TB #109 que consiste de una rueda de hule suave de 3” de diámetro cargada con 125 lbs la cual alterna a través de un trazo horizontal de 12” a una tasa de 44 ciclos por minuto.
- 4) Bloque calibrador de 0.188” x 0.50” x 4” con ranuras de 0.25” y un compás de calibre capas de medir el ancho y profundidad de los especimenes a precisiones dentro del 0.001” a 0.1”

A3. PROCEDIMIENTO:

- 1) Una mezcla con 500 gramos de agregado seco es preparada utilizando gradaciones de agregado de 0/#4 u otras gradaciones y relleno mineral de la calidad deseada, agua, aditivos y emulsión asfáltica. Después de 30 segundos de vigoroso mezclado, la mezcla es moldeada dentro de moldes de ½” x 2” x 15” centrados sobre 24 platinas de montaje de calibración e inmediatamente golpear fuera uniformemente con una espiga de madera o un SCREED de madera en forma de “U” utilizando una acción de aserrado. Debe ser tomado con cuidado para evitar cualquier segregación o la presencia de cualquier liquido libre. Es deseable cubrir la superficie interior del molde con un capa delgada de petroleo o un mezcla de glicerina y talco como desmoldador para prevenir que se pegue.
- 2) La operación de moldeado (vaciado) debe ser completada en 15 segundos y no deben de transcurrir mas de 45 segundos desde el comienzo del mezclado hasta la finalización del espécimen.
- 3) Tan pronto como la mezcla esta suficientemente fraguada (endurecida) para prevenir que fluya libremente, el molde es cuidadosamente removido sin perturbar el espécimen. Después de curar al aire por 24 horas, el espécimen es secado a peso constante en un horno de corriente forzada a 60oC por 18-20 horas.

- 4) Después de enfriado por dos horas a temperatura del cuarto de laboratorio, se mide el ancho y espesor neto del espécimen utilizando el block de calibración. El peso neto es obtenido y registrado. La densidad puede ser obtenida en este punto pesando el espécimen en agua, deduciendo el peso de la platina de montaje.
- 5) El espécimen es luego montado en la maquina LWT y sujeto a 1000 ciclos de 125 lbs de compactación LWT. La temperatura debe mantenerse a 22oC +/- 2oC durante el ensayo.
- 6) El espécimen es luego removido de la maquina de LWT e inmediatamente remedido lateralmente y céntricamente en el camino de la huella (rueda) y los resultados registrados.

A4. REPORTE

El reporte debe incluir:

- 1) Identificación del espécimen, rango de gradacion, formula de mezcla.
- 2) Espesor nominal del molde del espécimen (ejemplo: 13 mm)
- 3) Peso neto del espécimen.
- 4) Numero de ciclos de compactacion LWT, peso de rueda cargada.
- 5) Temperatura de compactacion
- 6) Porcentaje de desplazamiento vertical (profundidad de la rodadera como un porcentaje del espesor original)
- 7) Porcentaje de desplazamiento lateral (incremento en porcentaje del ancho original)
- 8) Opcional: Gravedad especifica, sin compactar y calculada la gravedad especifica compactada (incrementando el porcentaje de compactacion) desde el procedimiento estandar arriba citado.

- Nota 1: Variaciones en la gradacion de los agregados, espesores de especimenes, confinamiento y temperaturas de ensayo deben de ser anotadas.
- Nota 2: Cuando una serie de especimenes, conteniendo un amplio rango de contenidos de emulsion son ensayados, un contenido optimo de emulsion para resistencia a las rodaduras puede ser determinado al minimo desplazamiento vertical y lateral.
- Nota 3: Si se ha encitrado que desplazamientos verticales inconfiados bajo las condiciones de este ensayo Las cuales sustancialmente exceden el 10% no son satisfactorias para aplicaciones multicapa no compactadas.

MÉTODO B – ENSAYO BRITANICO MODIFICADO DE LA RUEDA RASTREADORA @ 45oC

El ensayo britanico TRRL Wheel tracking tiene larga experiencia en la prediccion de formación de rodaderas en pavimentos y en el diseño de pavimentos asfalticos por conteos de trafico. El ensayo es un dispositivo simulador de trafico el cual mide los rangos de penetración por carga de rueda dentro de un concreto asfaltico en caliente compactado. El ensayo es normalmente realizado en una camara de temperatura controlada a 45oC (115oF). En el ensayo de la rueda cargada, la rueda se mueve hacia delante y hacia atrás en un movimiento de vaiven. En el ensayo de la rueda rastreadora, el movimiento trabaja de adelante hacia atrás mientras la rueda permanece estacionaria y este no es un movimiento de vaiven. Buen rango de correlaciones del ensayo de rueda rastreadora han sido encontradas con la estabilidad marshall, el flujo marshall y el cociente marshall, punto de ablandamiento por bola y anillo, asi como comportamiento de la formación de rodaderas en campo.

B3. DESCRIPCION DEL ENSAYO BRITANICO TRRL DE LA RUEDA RASTREADORA.

- 1) El ensayo de la rueda de rastreo en conjunto consiste en una rueda cargada y una tabla en la cual bloques de asfalto de 305 x 305 x 30 mm son rigidamente restringidos en sus cuatro lados. Un motor y un dispositivo alternador imparte a la tabla un moimiento de adelante hacia atrás a 42 pasos por minuto por distancia de viaje de 250 mm. Una rueda de 204 mm de diámetro y 44 mm de abcho con un neumatico de caucho solido (80 en la escala Dunlop de dureza) aplica una fuerza total 525 N y abolla

un rastro recto en el espécimen, la profundidad del rastro realizado se registra al punto medio de la longitud del surco. El área de contacto entre la rueda y el espécimen es aproximadamente de 1000 mm², proporcionando una presión media normal de 520/550 kN/m². El ensayo se continúa hasta que la profundidad del rastro alcanza los 15 mm o por 45 minutos, la que sea más corta. A partir de la curva deformación/tiempo, el rango asintótico del incremento en la profundidad del rastro es determinado y expresado en mm/hr.

- 2) Tabla de comparación entre el ensayo Británico TRRL y el ensayo modificado US del rastro de rueda.

	TRRL	US
Ciclos por minuto	42	43.8
Longitud de golpe	250 mm (9.84")	254 mm (10")
Diámetro de neumático	204 mm (8.03")	203.2 mm (8")
Ancho de neumático	47 mm (1.85")	50.8 mm (2")
Carga de rueda	525 N (118 lbs)	567.6 N (127.6 lbs)
Unidad de peso de contacto	11.2 N/mm (63.8 lbs/Lin.in)	11.2 N/mm (63.8 lbs/Lin.in)

B4. USO Y MODIFICACION DEL PROCEDIMIENTO

La máquina WTT es utilizada en los casos de mezclas de lechadas no compactadas de la misma forma que el método previo de LWT exceptuando que la temperatura de ensayo es de 45°C (115°F) y la carga de rueda es 63.8 lbs/in del ancho del neumático (apenas la mitad de la carga del LWT). El tamaño del espécimen y el confinamiento pueden ser variables así como los ciclos de corrido y las temperaturas. Todas las condiciones del ensayo deben de ser incluidas en el reporte. Es recomendable que el ensayo debe correr por una hora o 2520 ciclos.

Para especímenes precompactados, el tiempo estándar de realización es 45 minutos a 45°C a 42 ciclos por minuto o un total de 1890 ciclos. Con la modificación US, el tiempo de realización equivalente de 1890 ciclos es de 43 minutos 9 segundos. La tasa de desplazamiento es proyectada a una tasa por hora o mm/1000 ciclos.

Para especímenes no compactados, el tiempo estándar de prueba es 60 minutos a 42 ciclos por minuto o 2520 ciclos. Con la modificación US, el tiempo equivalente de ensayo es 57 minutos 32 segundos para 2520 ciclos.

B5. REPORTE:

El reporte debe incluir todos los ítems como lo descrito en la sección A4, el reporte debe incluir en adición el porcentaje de desplazamiento vertical medido céntricamente, el mm/hr de desplazamiento.

Nota: Ha sido encontrado que el desplazamiento vertical de especímenes de lechadas o microsurfing no compactados los cuales son sustancialmente más grandes de 10 %, desplazamiento lateral mayores al 5% o gravedad específica compactada mayor al 2.1 (corregida a ASG 2.65) no son satisfactorios para aplicaciones multicapa.

MÉTODO C –LAI/GA ENSAYO NO MODIFICADO DE LA RUEDA CARGADA, UTILIZANDO UN COMPRESOR DE PRESION VARIABLE @ 105°F (40.6°C)

Esta máquina modificada de rueda cargada se ha utilizado para ensayar características de rodamiento confinado de la fatiga en vigas de concreto asfáltico en caliente compactadas de 3" x 3" x 15". El estándar ISSA TB #109 es modificado para acomodar especímenes más largos. El ahuellamiento es logrado por una rueda metálica cargada longitudinalmente, comprimiéndolo con un compresor de aire a 105°F (40.6°C).

C2. APARATOS – LWT MODIFICADO.

El compactador de manguera Lai de LWT modificado ensaya vigas de 3" x 3" x 15" e incluye:

- a) Placa base ampliada de 7" x 27"
- b) Un espaciador de 4" para incrementar la elevación del dispositivo motriz.
- c) Ruedas de aluminio de 1-1/2" x 5" de diámetro para reemplazar la rueda estándar.
- d) Dispositivo contenedor de muestras (Angulo de hierro de 3"; dimensiones internas de 3" x 3" x 15" para acomodar el espécimen)
- e) Placa base para espécimen de 1/2" x 3" x 15"
- f) Manguera de aire y llave de cierre.
- g)

ANEXO B
Norma ISSA A-143
Febrero 2010

Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing

A143
(Revised February 2010)



NOTICE

It is not intended or recommended that this guideline be used as a verbatim specification. It should be used as an outline, helping user agencies establish their particular project specification. Users should understand that almost all geographical areas vary as to the availability of materials. An effort should be made to determine what materials are reasonably available, keeping in mind system compatibility and specific job requirements. Contact the ISSA for answers to questions and for a list of ISSA member contractors and companies.

International Slurry Surfacing Association
#3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401
(410) 267-0023
www.slurry.org

RECOMMENDED PERFORMANCE GUIDELINE FOR MICRO SURFACING

1. SCOPE

The intent of this guideline is to aid in the design, testing, quality control, measurement and payment procedures for the application of micro surfacing.

2. DESCRIPTION

Micro surfacing shall consist of a mixture of polymer-modified emulsified asphalt, mineral aggregate, water, and additives, proportioned, mixed and uniformly spread over a properly prepared surface as directed by the Buyer's Authorized Representative (B.A.R.). Micro surfacing should be capable of performing in variable thickness cross-sections such as ruts, scratch courses and milled surfaces. After curing and initial traffic consolidation, it should resist further compaction. The micro surfacing shall be applied as a homogeneous mat, adhere firmly to the prepared surface, and have a skid-resistant texture throughout its service life.

Micro surfacing is a quick-traffic system that allows traffic to return shortly after placement. Normally, these systems are required to accept straight, rolling traffic on a 0.5 in (12.7 mm) thick surface within one hour after placement in specific application conditions. Stopping and starting traffic may require additional curing time.

3. SPECIFICATIONS

It is normally not required to specify all tests for every project. A compilation of the results from the listed tests should be indicative of system performance. Failure to meet requirements for an individual test does not necessarily disqualify the system. If, for example, the system to be used on the project has a record of good performance, an individual test result may be waived. Agency and testing methods are listed in the appendix (see Appendix A) and form a part of this guideline.

4. MATERIALS

4.1 EMULSIFIED ASPHALT

4.1.1 GENERAL

The emulsified asphalt shall be polymer modified. The polymer material shall be milled or blended into the asphalt or emulsifier solution prior to the emulsification process. In general, a three percent (3%) polymer solids, based on asphalt weight, is considered minimum.

4.1.2 QUALITY TESTS

The emulsified asphalt, and emulsified asphalt residue, shall meet the requirements of AASHTO M 208 or ASTM D 2397 for CQS-1h, with the following exceptions:

TEST	TEST METHOD		SPECIFICATION
	AASHTO	ASTM	
Settlement and Storage Stability of Emulsified Asphalts, 24-h	T 59	D 6930	1% Maximum
Distillation of Emulsified Asphalt ¹	T 59	D 6997	62% Minimum
Tests on Emulsified Asphalt Residue			
Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)	T 53	D 36	135°F (57°C) Minimum
Penetration of Bituminous Materials at 77°F (25°C)	T 49	D 5	40-90 ²

¹ The temperature for this test should be held at 350°F (177°C) for 20 minutes.

² The climatic conditions should be considered when establishing this range.

The solubility test, if required, should be evaluated on the base asphalt.

Each load of emulsified asphalt shall be accompanied with a Certificate of Analysis/Compliance to indicate that the emulsion meets specification.

4.2 AGGREGATE

4.2.1 GENERAL

The mineral aggregate used shall be the type specified for the particular application requirements of the micro surfacing. The aggregate shall be a crushed stone such as granite, slag, limestone, chat, or other high-quality aggregate, or combination thereof. To assure the material is 100 percent crushed, the parent aggregate will be larger than the largest stone in the gradation used.

4.2.2 QUALITY TESTS

The aggregate should meet agency specified polishing values and these minimum requirements:

TEST	TEST METHOD		SPECIFICATION
	AASHTO	ASTM	
Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate	T 176	D 2419	65 Minimum
Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate of Magnesium Sulfate	T 104	C 88	15% Maximum w/Na ₂ SO ₄ 25% Maximum w/MgSO ₄
Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine ¹	T 96	C 131	30% Maximum

¹The abrasion test is run on the parent aggregate.

4.2.3 GRADATION

When tested in accordance with AASHTO T 27 (ASTM C 136) and AASHTO T 11 (ASTM C 117), the mix design aggregate gradation shall be within one of the following bands (or one recognized by the local paving authority).

SIEVE SIZE	TYPE II PERCENT PASSING	TYPE III PERCENT PASSING	STOCKPILE TOLERANCE
3/8 (9.5 mm)	100	100	
# 4 (4.75 mm)	90 - 100	70 - 90	± 5%
# 8 (2.36 mm)	65 - 90	45 - 70	± 5%
# 16 (1.18 mm)	45 - 70	28 - 50	± 5%
# 30 (600 um)	30 - 50	19 - 34	± 5%
# 50 (330 um)	18 - 30	12 - 25	± 4%
#100 (150 um)	10 - 21	7 - 18	± 3%
#200 (75 um)	5 - 15	5 - 15	± 2%

The gradation of the aggregate stockpile shall not vary by more than the stockpile tolerance from the mix design gradation (indicated in the table above) while also remaining within the specification gradation band. The percentage of aggregate passing any two successive sieves shall not change from one end of the specified range to the other end.

The aggregate will be accepted at the job location or stockpile based on five gradation tests sampled according to AASHTO T 2 (ASTM D 75). If the average of the five tests is within the stockpile tolerance from the mix design gradation, the material will be accepted. If the average of those test results is out of specification or tolerance, the contractor will be given the choice to either remove the material or blend additional aggregate with the stockpile material to bring it into compliance. Materials used in blending must meet the required aggregate quality test specifications in Section 4.2.2 before blending and must be blended in a manner to produce a consistent gradation. Aggregate blending may require a new mix design.

Screening shall be required at the stockpile if there are any problems created by oversized materials in the mix.

Type II. This aggregate gradation is used to fill surface voids, address surface distresses, seal, and provide a durable wearing surface.

Type III. This aggregate gradation provides maximum skid resistance and an improved wearing surface. This type of micro surfacing surface is appropriate for heavily traveled pavements, rut filling, or for placement on highly textured surfaces requiring larger size aggregate to fill voids.

4.3 MINERAL FILLER

Mineral filler may be used to improve mixture consistency and to adjust mixture breaking and curing properties. Portland cement, hydrated lime, limestone dust, fly ash, or other approved filler meeting the requirements of ASTM D 242 shall be used if required by the mix design. Typical use levels are normally 0.0 - 3.0 percent and may be considered part of the aggregate gradation.

4.4 WATER

The water shall be free of harmful salts and contaminants. If the quality of the water is in question, it should be submitted to the laboratory with the other raw materials for the mix design.

4.5 ADDITIVES

Additives may be used to accelerate or retard the break/set of the micro surfacing. Appropriate additives, and their applicable use range, should be approved by the laboratory as part of the mix design.

5. LABORATORY EVALUATION

5.1 GENERAL

Before the work begins, the contractor shall submit a signed mix design covering the specific materials to be used on the project. This design will be performed by a laboratory which has experience in designing micro surfacing. After the mix design has been approved, no material substitution will be permitted unless approved by the B.A.R.

ISSA can provide a list of laboratories experienced in micro surfacing design.

5.2 MIX DESIGN

Compatibility of the aggregate, polymer-modified emulsified asphalt, water, mineral filler, and other additives shall be evaluated in the mix design. The mix design shall be completed using materials consistent with those supplied by the contractor for the project. Recommended tests and values are as follows:

TEST	ISSA TB NO.	SPECIFICATION
Mix Time @ 77 F (25 C)	TB 113	Controllable to 120 Seconds Minimum
Wet Cohesion @ 30 Minutes Minimum (Set) @ 60 Minutes Minimum (Traffic)	TB 139	12 kg-cm Minimum 20 kg-cm or Near Spin Minimum
Wet Stripping	TB 114	Pass (90% Minimum)
Wet-Track Abrasion Loss One-hour Soak Six-day Soak	TB 100	50 g/ft ² (538 g/m ²) Maximum 75 g/ft ² (807 g/m ²) Maximum
Lateral Displacement Specific Gravity after 1,000 Cycles of 125 lb (56.71 kg)	TB 147	5% Maximum 2.10 Maximum
Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ²) Maximum
Classification Compatibility	TB 144	11 Grade Points Minimum (AAA, BAA)

The Wet Track Abrasion Test is performed under laboratory conditions as a component of the mix design process. The purpose of this test is to determine the minimum asphalt content required in a micro surfacing system. The Wet Track Abrasion Test is not recommended as a field quality control or acceptance test. ISSA TB 136 describes potential causes for inconsistent results of the Wet Track Abrasion Test.

The mixing test is used to predict the length of time the material can be mixed before it begins to break. It can be a good reference check to verify consistent sources of material. The laboratory should verify that mix and set times are appropriate for the climatic conditions expected during the project.

The laboratory shall also report the quantitative effects of moisture content on the unit weight of the aggregate (bulking effect) according to AASHTO T19 (ASTM C29).

The percentage of each individual material required shall be shown in the laboratory report. Based on field conditions, adjustments within the specific ranges of the mix design may be required.

The component materials shall be designed within the following limits:

COMPONENT MATERIALS	SUGGESTED LIMITS
Residual Asphalt	5.5 - 10.5% by dry weight of aggregate
Mineral Filler	0.0 - 3.0% by dry weight of aggregate
Polymer Content	Minimum of 3.0% solids based on bitumen weight content
Additives	As needed
Water	As required to produce proper mix consistency

6. EQUIPMENT

6.1 GENERAL

All equipment, tools, and machines used in the application of micro surfacing shall be maintained in satisfactory working condition at all times.

6.2 MIXING EQUIPMENT

The machine shall be specifically designed and manufactured to apply micro surfacing. The material shall be mixed by an automatic-sequenced, self-propelled micro surfacing mixing machine. It shall be a continuous-flow mixing unit that accurately delivers and proportions the mix components through a revolving multi-blade, double-shafted mixer. Sufficient storage capacity for all mix components is required to maintain an adequate supply to the proportioning controls.

When specifying continuous machinery to minimize transverse joints, the specified machine must be capable of loading materials while continuing to apply micro surfacing. The continuous-run machine shall be equipped to provide the operator with full control of the forward and reverse speeds during application. It shall be equipped with opposite-side driver stations to assist in alignment. The self-loading device, opposite-side driver stations, and forward and reverse speed controls shall be of original-equipment-manufacturer design.

6.3 PROPORTIONING DEVICES

Individual volume or weight controls for proportioning mix components shall be provided and properly labeled. These proportioning devices are used in material calibration to determine the material output at any time.

6.4 SPREADING EQUIPMENT

The mixture shall be agitated and spread uniformly in the surfacing box by means of twin-shafted paddles or spiral augers fixed in the spreader box. A front seal shall be provided to insure no loss of the mixture at the road contact point. The rear seal shall act as a final strike-off and shall be adjustable. The spreader box and rear strike-off shall be so designed and operated that a uniform consistency is achieved and a free flow of material is provided to the rear strike-off. The spreader box shall have suitable means provided to side shift the box to compensate for variations in the pavement geometry.

6.4.1 SECONDARY STRIKE-OFF

A secondary strike-off shall be provided to improve surface texture. The secondary strike-off shall be adjustable to match the width of the spreader box and allow for varying pressures to control the surface texture.

6.4.2 RUT-FILLING EQUIPMENT

When project plans require, Micro Surfacing material may be used to fill ruts, utility cuts, depressions in the existing surface, etc. Ruts of 0.5 in (12.7 mm), or greater in depth, shall be filled independently with a rut-filling box, either 5 ft (1.5 m) or 6 ft (1.8 m) in width. Ruts that are in excess of 1.5 in (38.1 mm) in depth may require multiple applications with the rut-filling box to restore the cross-section. When rutting or deformation is less than 0.5 in (12.7mm), a full width scratch course may be applied with the spreader box using a metal or stiff rubber strike-off. Apply at a sufficient rate to level the pavement surface. The leveling course may, or may not, meet the suggested application rate in the table in Section 11.2. All rut-filling and level-up material should cure under traffic for at least twenty-four (24) hours before additional material is placed.

6.5 AUXILIARY EQUIPMENT

Suitable surface preparation equipment, traffic control equipment, hand tools, and other support and safety equipment necessary to perform the work shall be provided by the contractor.

7. CALIBRATION

Each mixing unit to be used in the performance of the work shall be calibrated in the presence of the B.A.R. prior to the start of the project. Previous calibration documentation covering the exact materials to be used may be acceptable, provided that no more than 60 days have lapsed. The documentation shall include an individual calibration of each material at various settings that can be related to the machine metering devices. Any component replacement affecting material proportioning requires that the machine be recalibrated. No machine will be allowed to work on the project until the calibration has been completed and/or accepted. ISSA Inspector's Manual describes a method of machine calibration. ISSA contractors and/or machine manufacturers may also provide methods of machine calibration.

8. WEATHER LIMITATIONS

Micro surfacing shall not be applied if either the pavement or air temperature is below 50°F (10°C) and falling, but may be applied when both pavement and air temperatures are above 45°F (7°C) and rising. No micro surfacing shall be applied when there is the possibility of freezing temperatures at the project location within 24 hours after application. The micro surfacing shall not be applied when weather conditions prolong opening to traffic beyond a reasonable time.

9. NOTIFICATION AND TRAFFIC CONTROL

9.1 NOTIFICATION

Homeowners and businesses affected by the construction shall be notified at least one day in advance of the surfacing. Should work not occur on the specified day, a new notification will be distributed. The notification shall be in the form of a written posting, stating the time and date that the surfacing will take place. If necessary, signage alerting traffic to the intended project should be posted.

9.2 TRAFFIC CONTROL

Traffic control devices shall be in accordance with agency requirements and, if necessary, conform to the requirements of the Manual on Uniform Traffic Control Devices. Opening to traffic does not constitute acceptance of the work

10. SURFACE PREPARATION

10.1 GENERAL

Immediately prior to applying the micro surfacing, the surface shall be cleared of all loose material, silt spots, vegetation, and other objectionable material. Any standard cleaning method will be acceptable. If water is used, cracks shall be allowed to dry thoroughly before applying micro surfacing. Manholes, valve boxes, drop inlets and other service entrances shall be protected from the micro surfacing by a suitable method. The B.A.R. shall approve the surface preparation prior to surfacing.

10.2 TACK COAT

Normally, tack coat is not required unless the surface to be covered is extremely dry and raveled or is concrete or brick. If required, the emulsified asphalt should be SS, CSS, or the micro surfacing emulsion. Consult with the micro surfacing emulsion supplier to determine dilution stability. The tack coat may consist of one part emulsified asphalt/three parts water and should be applied with a standard distributor. The distributor shall be capable of applying the dilution evenly at a rate of 0.05-0.15 gal/yd² (0.23-0.68 l/m²). The tack coat shall be allowed to cure sufficiently before the application of micro surfacing. If a tack coat is to be required, it must be noted in the project plans.

10.3 CRACKS

It is recommended to treat cracks wider than 0.25" (0.64cm) in the pavement surface with an approved crack sealer prior to application of the slurry seal.

11. APPLICATION

11.1 GENERAL

If required, a test strip should be placed in conditions similar to those expected to be encountered during the project.

When local conditions warrant, the surface shall be fogged with water ahead of the spreader box. The rate of application of the fog spray may be adjusted as the temperature, surface texture, humidity, and dryness of the pavement change.

The micro surfacing shall be of the appropriate consistency upon leaving the mixer. A sufficient amount of material shall be carried in all parts of the spreader at all times so that complete coverage is obtained. Overloading of the spreader box shall be avoided. No lumps or unmixed aggregate shall be permitted. No dry aggregate either spilled from the lay-down machine or existing on the road, will be permitted.

No streaks, such as those caused by oversized aggregate or broken mix, shall be left in the finished surface. If excessive streaking develops, the job will be stopped until the contractor proves to the B.A.R. that the situation has been corrected. Excessive streaking is defined as more than four drag marks greater than 0.5 in (12.7 mm) wide and 4.0 in (101 mm) long, or 1.0 in (25.4 mm) wide and 3.0 in (76.2 mm) long, in any 29.9 yd² (25 m²) area. No transverse ripples or longitudinal streaks of 0.25 in (6.4 mm) in depth will be permitted, when measured by placing a 10 ft (3 m) straight edge over the surface.

11.2 RATE OF APPLICATION

The micro surfacing mixture shall be of the proper consistency at all times so as to provide the application rate required by the surface condition. The application rate shall be in accordance with the table below.

AGGREGATE TYPE	LOCATION	SUGGESTED APPLICATION RATE
Type II	Urban and Residential Streets Airport Runways Scratch or Leveling Course	10 - 20 lb/yd ² (5.4 - 10.8 kg/m ²) As Required
Type III	Primary and Interstate Routes Wheel Ruts Scratch or Leveling Course	15 - 30 lb/yd ² (8.1 - 16.3 kg/m ²) As Required (See Appendix B) As Required

Suggested application rates are based upon the weight of dry aggregate in the mixture. Application rates are affected by the unit weight and gradation of the aggregate and the demand of the surface to which the micro surfacing is being applied.

11.3 JOINTS

No excess buildup, uncovered areas, or unsightly appearance shall be permitted on longitudinal or transverse joints. The contractor shall provide suitable width spreading equipment to produce a minimum number of longitudinal joints throughout the project. When possible, longitudinal joints shall be placed on lane lines. Partial width passes will only be used when necessary and shall not be the last pass of any paved area. A maximum of 3.0 in (76.2 mm) shall be allowed for overlap of longitudinal joints. Also, the joint shall have no more than a 0.25 in (6.4 mm) difference in elevation when measured by placing a 10 ft (3 m) straight edge over the joint and measuring the elevation difference.

11.4 MIXTURE

The micro surfacing shall possess sufficient stability so that premature breaking of the material in the spreader box does not occur. The mixture shall be homogeneous during and following mixing and spreading. It shall be free of excess liquids which create segregation of the aggregate. Spraying of additional water into the spreader box will not be permitted.

11.5 HANDWORK

Areas which cannot be accessed by the mixing machine shall be surfaced using hand squeegees to provide complete and uniform coverage. If necessary, the area to be hand worked shall be lightly dampened prior to mix placement. As much as possible, handwork shall exhibit the same finish as that applied by the spreader box. All handwork shall be completed prior to final surfacing.

11.6 LINES

Lines at intersections, curbs, and shoulders will be kept straight to provide a good appearance. If necessary, a suitable material will be used to mask off the end of streets to provide straight lines. Longitudinal edge lines shall not vary by more than ± 2 in (± 51 mm) horizontal variance in any 96 ft (29 m) of length.

11.7 ROLLING

Rolling is usually not necessary for micro surfacing on roadways. Airports and parking areas should be rolled by a self-propelled, 10-ton (maximum) pneumatic tire roller equipped with a water spray system. All tires should be inflated per manufacturer's specifications. Rolling shall not start until the micro surfacing has cured sufficiently to avoid damage by the roller. Areas which require rolling shall receive a minimum of two (2) full coverage passes.

11.8 CLEAN UP

All utility access areas, gutters and intersections, shall have the micro surfacing removed as specified by the B.A.R. The contractor shall remove any debris associated with the performance of the work on a daily basis.

12. QUALITY CONTROL

12.1 INSPECTION

Inspectors assigned to projects must be familiar with the materials, equipment and application of micro surfacing. Local conditions and specific project requirements should be considered when determining the parameters of field inspection.

Proper mix consistency should be one of the major areas of inspector concern. If mixes are too dry, streaking, lumping and roughness will be present in the mat surface. Mixes applied too wet will flow excessively and not hold straight lane lines. Excessive liquids may also cause an asphalt-rich surface with segregation.

12.2 MATERIALS

To account for aggregate bulking, it is the responsibility of the contractor to check stockpile moisture content and to set the machine accordingly. At the B.A.R.'s discretion, material tests may be run on representative samples of the aggregate and emulsion. Tests will be run at the expense of the buyer. The buyer must notify the contractor immediately if any test fails to meet the specifications.

12.3 MICRO SURFACING

If required, representative samples of the micro surfacing may be taken directly from the micro surfacing machine. Residual asphalt content (ASTM D2172) tests may be run on the samples at the expense of the buyer. The buyer must notify the contractor immediately if any test fails to meet specifications. Data obtained from the proportioning devices on the micro surfacing machine may be used to determine individual material quantities and application rate.

12.4 NON-COMPLIANCE

If any two successive tests fail on the stockpile aggregate, the job shall be stopped. If any two successive tests on the mix from the same machine fail, the use of the machine shall be suspended. It will be the responsibility of the contractor, at his expense, to prove to the B.A.R. that the problems have been corrected.

13. METHOD OF MEASUREMENT

13.1 AREA

On smaller projects, the method of measurement and payment is usually based on the area covered, measured in square feet, square yards, or square meters.

13.2 TONS AND GALLONS

On larger projects of over 50,000 yd³ (41,806 m³) measurement and payment are usually based on the tons of aggregate and the gallons (liters) of emulsified asphalt used.

Aggregate delivery tickets or printed tickets from certified scales at the staging area shall be used for measurement. The emulsified asphalt used on the project will be measured by the certified tickets for each load delivered. Emulsified asphalt not used shall be deducted from the job total.

14. PAYMENT

The micro surfacing shall be paid for by the unit area or the weight of the aggregate and the emulsified asphalt used on the project and accepted by the B.A.R. Payment shall be full compensation for all preparation, mixing and application of materials, and for all labor, equipment, tools, testing, cleaning, and incidentals necessary to complete the job as specified herein.

APPENDIX A

AGENCIES

AGENCIES

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM: American Society for Testing and Materials
ISSA: International Slurry Surfacing Association

TEST METHODS

EMULSIFIED ASPHALT

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
M 208	D 2397	Specification for Cationic Emulsified Asphalt
T 59	D 6930	Settlement and Storage Stability of Emulsified Asphalts
T 59	D 6997	Distillation of Emulsified Asphalt (This test method may have to be modified by using lower temperatures.)
T 40	D 140	Sampling Bituminous Materials
T 59	D 244	Test Methods and Practices for Emulsified Asphalts

RESIDUE FROM EMULSIFIED ASPHALT

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
T 53	D 36	Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)
T 49	D 5	Penetration of Bituminous Materials

APPENDIX A

TEST METHODS (CONTINUED)

AGGREGATE AND MINERAL FILLER

AASHTO TEST NO.	ASTM TEST NO.	TEST
T 176	D 2419	Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate
T 104	C 88	Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate
T 96	C 131	Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine (This test should be performed on the parent rock that is used for crushing the finer gradation Micro Surfacing material.)
T 27	C 136	Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
T 11	C 117	Test Method for Materials Finer than 75µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing
T 2	D 75	Sampling Aggregates
	D 242	Mineral Filler for Bituminous Paving Mixtures
T 19	C 29	Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

MIX DESIGN

ISSA TEST NO.	TEST
A143	Standard Design, Testing and Construction of Micro Surfacing
TB 100	Wet Track Abrasion of Slurry Seals
TB 109	Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion
TB 113	Mix Time
TB 114	Wet Stripping Test for Cured Slurry Seal Mixes
TB 136	Causes of Inconsistency of Wet Track Abrasion Test (WTAT) Results
TB 144	Classification Compatibility by Use of the Schulze-Breuer and Ruck Procedure

NOTES:

ASTM D 6372, Standard Practice for Design, Testing, and Construction of Micro Surfacing, is a combined reference of the ISSA Test Bulletins listed above.

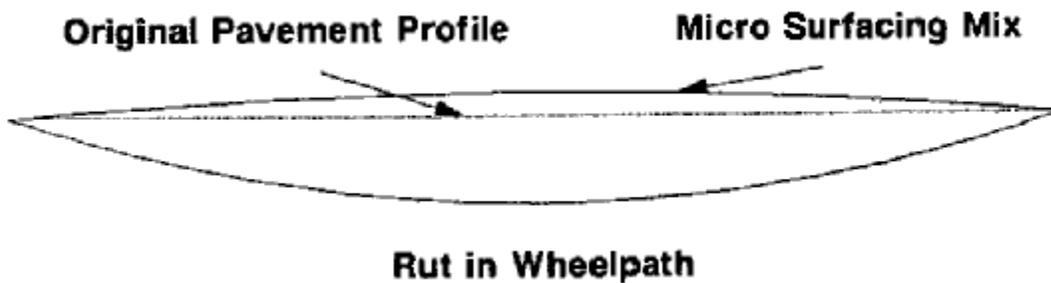
ASTM D 2172, Standard Test Methods for Quantitative Extraction of Bitumen From Bituminous Paving Mixtures, is referenced in Section 12.3.

APPENDIX B

REPROFILING RUTTED WHEELPATHS WITH MICRO SURFACING

Rule of Thumb

For every inch (mm) of micro surfacing mix, add 0.125 in (3.2 mm) to 0.25 in (6.4 mm) as a crown to allow for compaction under traffic.



Rut Depth		Micro Surfacing Quantity Needed	
0.5 - 0.75"	(12.7 - 19.1 mm)	20 - 30 lb/yd ²	(10.8 - 16.3 kg/m ²)
0.75 - 1.00"	(19.1 - 25.4 mm)	25 - 35 lb/yd ²	(13.6 - 19.0 kg/m ²)
1.00 - 1.25"	(25.4 - 31.75 mm)	28 - 38 lb/yd ²	(15.2 - 20.6 kg/m ²)
1.25 - 1.50"	(31.75 - 38.1 mm)	32 - 40 lb/yd ²	(17.4 - 21.7 kg/m ²)

ISSA A143
Revised February 2010



International Slurry Surfacing Association
#3 Church Circle, PMB 250
Annapolis, MD 21401
(410) 267-0023
www.slurry.org

ANEXO C
Norma ASTM D2397



Standard Specification for Cationic Emulsified Asphalt¹

This standard is issued under the fixed designation D 2397; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This specification covers seven grades of cationic emulsified asphalt for use in pavement construction in the manner designated.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

D 140 Practice for Sampling Bituminous Materials²

D 244 Test Methods for Emulsified Asphalts²

D 3910 Practices for Design, Testing, and Construction of Slurry Seal²

3. Requirements

3.1 The emulsified asphalt shall be tested within 14 days of delivery. The emulsified asphalt shall be homogeneous after

thorough mixing provided separation has not been caused by freezing. Emulsions separated by freezing shall not be tested.

3.2 Emulsified asphalt shall conform to the requirements prescribed in Table 1.

4. Sampling

4.1 Samples of emulsified asphalt shall be taken in accordance with Practice D 140.

4.2 Samples shall be stored in clean, airtight sealed containers at a temperature of not less than 4°C (39.2°F) until tested.

5. Test Methods

5.1 The properties of the emulsified asphalts given in Table 1 shall be determined in accordance with Test Methods D 244, with the following exception:

5.1.1 *Sieve Test*—Use distilled water in all wetting and washing operations in place of sodium oleate solution (2 %).

6. Keywords

6.1 cationic; emulsified asphalt; emulsion; medium setting; rapid setting; slow setting

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee D04 on Road and Paving Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D04.41 on Emulsified Asphalt Specifications.

Current edition approved Dec. 10, 2002. Published January 2003. Originally approved in 1965. Last previous edition approved in 1998 as D 2397-98.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 04.03.

TABLE 1 Requirements for Cationic Emulsified Asphalt

NOTE 1—CQS-1H emulsions shall meet the requirements outlined in Practices D 3910.

NOTE 2—CQS-1h is used for Quick Set Slurry Seal systems.

Type	Rapid-Setting				Medium-Setting				Slow-Setting				Quick Setting	
	CRS-1		CRS-2		CMS-2		CMS-2h		CSS-1		CSS-1h		CQS-1H	
Grade	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Test on emulsions:														
Viscosity, Saybolt Furol at 25°C (77°F) SFS									20	100	20	100	20	100
Viscosity, Saybolt Furol at 50°C (122°F) SFS	20	100	100	400	50	450	50	450						
Storage stability test, 24-h, % ^A		1		1		1		1		1		1		
Demulsibility, 35 mL, 0.8 % dioctyl sodium sulfosuccinate, %	40	...	40	...										
Coating ability and water resistance:														
Coating, dry aggregate						good		good						
Coating, after spraying						fair		fair						
Coating, wet aggregate						fair		fair						
Coating, after spraying						fair		fair						
Particle charge test	positive		positive			positive		positive		positive		positive		positive
Sieve test, % ^A		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10		0.10
Cement mixing test, %										2.0		2.0		N/A
Distillation:														
Oil distillate, by volume of emulsion, %		3		3		12		12						
Residue, %	60		65		65		65		57		57		57	
Tests on residue from distillation test:														
Penetration, 25°C (77°F), 100 g, 5 s	100	250	100	250	100	250	40	90	100	250	40	90	40	90
Ductility, 25°C (77°F), 5 cm/min, cm	40		40		40		40		40		40		40	
Solubility in trichloroethylene, %	97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5		97.5	

^AThis test requirement on representative samples is waived if successful application of the material has been achieved in the field.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

ANEXO D
Sección 425 “micropavimentos EG 2013



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

SECCION 425

MICROPAVIMENTO

SECCIÓN 425

Micropavimento

Descripción

425.01

Este trabajo consiste en la colocación de una mezcla de emulsión asfáltica modificado con polímeros y agregados pétreos, sobre la superficie de una vía, de acuerdo con estas especificaciones y de conformidad con el Proyecto.

Materiales

425.02

Los materiales a usar para la ejecución de este trabajo será:

a. Agregados pétreos y polvo mineral

Los agregados pétreos deberán ser limpios, angulares, durables y bien gradados. Deberán gradarse en zonas habilitadas especialmente para este efecto, y de manera que no se produzca contaminación ni segregación de los agregados pétreos. Los acopios se ubicarán en superficies limpias, planas y niveladas. Se debe retirar cualquier fuente de materia extraña que pueda contaminar el material como vegetación, rocas, etc. Además, el área debe tener un drenaje adecuado para evitar acumulación de agua en el acopio.

Los agregados para los micropavimentos en frío, deberán provenir de la trituración de roca y deberán cumplir con los requisitos de la [Tabla 425-01](#). El tipo de granulometría y número de capas a utilizar será el establecido en el Proyecto.

Se entenderá por agregados pétreos limpios, aquellos agregados pétreos libres de materia orgánica, arcilla o materias extrañas. En caso necesario el Supervisor podrá exigir su limpieza por lavado, aspiración u otro método aprobado por éste.

Los agregados pétreos y el polvo mineral para la construcción de micropavimentos en frío deberán cumplir los requisitos de calidad exigidos en la [Tabla 425-02](#).

Tabla 425-01
Granulometría de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

Tamices		Bandas granulométricas Porcentaje en peso que pasa, %			
(mm)	(ASTM)	Tipo M-I	Tipo M-II	Tipo M-III	Tipo M-IV
12,5	(1/2")				100
10,0	(3/8")		100	100	85-98
5,0	(N.º 4)	100	85-95	70-90	62-80
2,5	(N.º 8)	85-95	62-80	45-70	41-61
1,25	(N.º 16)	60-80	45-65	28-50	28-46
0,63	(N.º 30)	40-60	30-50	18-34	18-34
0,315	(N.º 50)	25-42	18-35	12-25	11-23
0,16	(N.º 100)	15-30	10-24	7-17	6-15
0,08	(N.º 200)	10-20	5-15	5-11	4-9

Tabla 425-02
Requerimientos de los agregados pétreos para micropavimentos en frío

Ensayo	Norma	Exigencia
Partículas fracturadas	MTC E 210	100%
Durabilidad al Sulfato de sodio	MTC E 209	Máx. 12%
Desgaste de Los Ángeles	MTC E 207	Máx. 25%
Equivalente de Arena	MTC E 114	Mín. 60%
Azul de metileno	AASHTO TP 57	Máx. 8
Adherencia Riedel-Weber	MTC E 220	Mín 4*
Adherencia Método Estático	ASTM D 1664	Mín. 95%

*Grado inicial de desprendimiento

Las tolerancias para conformar la banda de trabajo se indican en [Tabla 425-03](#).

Tabla 425-03**Agregados pétreos para micropavimentos en frío - Tolerancias
para banda de trabajo**

Tamices		Tolerancia (%)
(mm)	(ASTM)	
5,0	(N.º 4)	± 5
2,5	(N.º 8)	± 5
1,25	(N.º 16)	± 5
0,63	(N.º 30)	± 5
0,315	(N.º 50)	± 4
0,16	(N.º 100)	± 3
0,08	(N.º 200)	± 2

Si se quiere adicionar filler de aportación, éste deberá estar constituido por polvo mineral fino, tal como cemento hidráulico, cal u otro material inerte de origen calizo, libre de materia orgánica y partículas de arcilla, que cumpla con la banda granulométrica establecida en la [Tabla 425-04](#).

Tabla 425-04**Granulometría de filler**

Tamices		% Que pasa en peso
(mm)	(ASTM)	
0,630	(N.º 30)	100
0,315	(N.º 50)	95-100
0,080	(N.º 200)	70-100

b. Material bituminoso

El material bituminoso a emplear será emulsión asfáltica modificada con polímeros que cumplan lo establecido en la [Tabla 425-05](#). El tipo de asfalto a emplear será el indicado en el Proyecto, basándose principalmente en el tipo de agregado pétreo, trazo del camino, características del tránsito y condiciones climatológicas locales.

Tabla 425-05**Requerimientos para las emulsiones modificadas con polímeros**

Ensayo	Norma	Exigencia
Viscosidad Saybolt Furol (25°C) (sF)	MTC E 403	20-100
Sedimentación (7 días)	MTC E 404	5% máx.
Prueba de Tamiz	MTC E 405	0,1% máx.
Carga de partícula	MTE C 407	Positiva/Negativa
Determinación del residuo asfáltico	MTC E 411	62% mín.
Prueba sobre el Residuo de Evaporación		
Penetración, 25°C. 100 g. 5 s, 0,1 mm	MTC E 304	50*-90* 100-150
Ductilidad 5°C	MTC E 306	≥ 10 cm
Índice de Fraass	MTC E 311	-17°C máx.
Recuperación elástica, 25°C, 20 cm, 1h	ASTM D6084	30% mín.

* En función a las condiciones climáticas del proyecto se definirá uno de los grados indicados (50-90 ó 100-150)

c. Agua

Se aplica lo indicado en la [Subsección 420.02\(c\)](#).

Equipo**425.03**

La mezcla deberá prepararse en un equipo mezclador móvil de tipo continuo con sistema central computarizado, que deberá disponer de tanques separados para el agua y la emulsión, provistos de bombas de alimentación. Deberá ser capaz de suministrar las proporciones adecuadas de los diversos materiales a la unidad mezcladora y de descargar en flujo igualmente continuo.

El equipo debe disponer de instalaciones adecuadas para incorporar aditivos.

No se deberá colocar ninguna mezcla cuya emulsión hubiese "roto" antes de las operaciones de extendido, ni cuando hubiese demoras de más de 30 minutos entre la preparación de la mezcla y su colocación. Las mezclas deberán ser homogéneas y uniformes, para lo cual, el Contratista deberá



disponer del número de unidades mezcladoras suficientes para asegurar una operación continua e ininterrumpida.

Los micropavimentos deberán colocarse mediante un vehículo con una caja esparcidora incorporada capaz de cubrir el ancho de una pista. La caja esparcidora deberá estar equipada con deflectores y enrasadores ajustables, que permitan ser adaptados a las secciones con peraltes o bombeo, asegurando una aplicación uniforme.

En la caja esparcidora se exigirá un repartidor con elemento helicoidal. El mezclador dispondrá de un sistema de revoltura adecuado para lograr una mezcla homogénea. El mezclador será del tipo paleta para realizar una revoltura adecuada y lograr una mezcla homogénea.

La goma trasera flexible estará destinada a enrasar, para lo cual deberá ser ajustable y quedar en contacto preciso con el pavimento, de modo que resulte una capa selladora del espesor especificado.

Requerimientos de construcción

425.04 Explotación de los materiales y elaboración de los agregados

Las fuentes de materiales, así como los procedimientos y equipos utilizados para la explotación de aquellas y para la elaboración de los agregados requeridos, deberán tener aprobación previa del Supervisor, la cual no implica necesariamente la aceptación posterior de los agregados que el Contratista suministre o elabore de tales fuentes, ni lo exime de la responsabilidad de cumplir con todos los requisitos de cada especificación.

Los procedimientos y equipos de explotación, clasificación, trituración, lavado y el sistema de almacenamiento, deberán garantizar el suministro de un producto de características uniformes. Si el Contratista no cumple con estos requerimientos, el Supervisor exigirá los cambios que considere necesarios.

Todos los trabajos de clasificación de agregados y en especial la separación de partículas de tamaño mayor que el máximo especificado para cada gradación, se deberán ejecutar en el sitio de explotación o elaboración y no se permitirá efectuarlos en la vía.

Siempre que las condiciones lo permitan, los suelos orgánicos existentes en la capa superior de las canteras deberán ser conservados para la posterior recuperación de las excavaciones y de la vegetación nativa. Al concluirse los

trabajos en las canteras temporales, el Contratista remodelará el terreno para recuperar las características hidrológicas superficiales de ellas, así como de la recuperación ambiental de las áreas afectadas de acuerdo al Plan de Manejo Ambiental y debiendo cumplir en lo que corresponda lo indicado en la [Subsección 05.06](#).

425.05 Diseño del micropavimento y obtención de la fórmula de trabajo

El micropavimento deberá dosificarse por el método de abrasión en pista húmeda que describe las normas de ensayo MTC E 417 e ISSA TB 100, con el que se determinará el contenido mínimo de asfalto de la mezcla. Habrá que considerar una pérdida máxima de 538 g/m².

Mediante el ensayo del cohesiómetro desarrollado en las normas de ensayo MTC E 419 e ISSA TB 139 se determinarán las características de rompimiento y curado de las mezclas para micropavimentos.

La compatibilidad de los finos como elemento cohesivo en mezclas asfálticas de alto rendimiento, como son los micropavimentos, se determinará mediante los ensayos de Schulze Breuer Ruck para clasificación de agregados y compatibilidad de finos-bitumen, según desarrollan las normas de ensayo ASTM D 6372 e ISSA TB 144.

La tolerancia en el diseño del micropavimento será de:

± 2,0 puntos porcentuales para el agua

± 0,5 puntos porcentuales para la emulsión

Para condiciones extremas de carga, tales como tránsito pesado, cargas lentas, curvas cerradas (radios de curvatura inferiores a 100 m) o en pendientes superiores a 10%, se deberá verificar el diseño según la norma de ensayo de la rueda cargada (MTC E 418, ISSA TB 109), en el cual el máximo de la arena adherida según lo establecido por la International Slurry Surfacing Association (ISSA) será 538 gr/m², según lo indicado en la [Tabla 425-06](#).

La dosificación del micropavimento en frío deberá cumplir con los requisitos establecidos en la [Tabla 425-07](#).

Tabla 425-06***Cantidad máxima de arena adherida para verificar el diseño de micropavimentos según la rueda cargada.***

Vehículos /día	Máxima adhesión de arena (g/m ²)
0 a 500	750
500 a 1.500	650
1.500 a más de 3.000	538

Tabla 425-07***Requerimientos para el diseño de micropavimentos en frío.***

Ensayo	Norma	Exigencia
Consistencia	ASTM D 3910 ISSA TB-106	2-3 cm
Cohesión húmeda (30 minutos)	ISSA TB-139	12 kg-cm mín.
Cohesión húmeda (60 minutos)	ISSA TB-139	20 kg-cm mín.
Desprendimiento	ISSA TB-114	10% max.
Abrasión húmeda (1 hora)	ISSA TB 109 MTC E 417	538 g/m ² máx.
Abrasión húmeda (6 días)	ISSA TB 109 MTC E 417	807 g/m ² máx.
Rueda Cargada	ISSA TB-109 MTC E418	538 g/m ² máx.
Desplazamiento Lateral	ISSA TB-147	5% máx.
Tiempo de Mezclado (25 °C)	ISSA TB-113	120 s mín. controlable

La dosificación deberá comprobarse mediante la construcción de un tramo de prueba, en un lugar autorizado por el Supervisor

425.06 Preparación de la superficie existente

Antes de proceder a la aplicación de los micropavimentos, la superficie se limpiará de polvo, barro seco o cualquier material suelto que pueda ser perjudicial, utilizando barredoras mecánicas o máquinas sopladoras.

Solo se permitirá el uso de escobas manuales en lugares inaccesibles a los equipos mecánicos, los que deberán ser aprobados por el Supervisor.

Si la superficie sobre la cual se va a aplicar el micropavimento corresponde a un pavimento asfáltico, se deberá eliminar mediante fresado todos los excesos de material bituminoso que puedan existir y se repararán todos los desperfectos que puedan impedir una correcta adherencia.

425.07 Tramo de prueba

Se aplica lo indicado en la [Subsección 415.06](#).

425.08 Esparcido de la mezcla

Cuando se deba mantener el tránsito, los micropavimentos en frío se esparcirán por media calzada, no pudiéndose iniciar los trabajos en la otra mitad, hasta que no haya sido entregada al tránsito la primera. El Contratista deberá proveer los medios necesarios para controlar el tránsito de la vía.

Los micropavimentos en frío deberán colocarse por capas según lo establecido en el Proyecto. Cuando se coloque más de una capa, se deberá esperar a la rotura de la emulsión de la capa precedente.

425.09 Compactación

Cuando se especifique compactación, esta deberá efectuarse con rodillo neumático autopropulsado. La compactación deberá comenzar solo cuando la rotura de la emulsión del micropavimento permita el paso de los rodillos sin que se adhiera a las ruedas.

425.10 Limitaciones climatológicas

No deberá colocarse micropavimento cuando la temperatura ambiental o de la superficie a tratar sean inferiores a 6°C, o en presencia de precipitaciones pluviales.

425.11 Apertura al tránsito

La superficie tratada podrá ser entregada al tránsito una vez que la mezcla haya "roto" y no se deforme con el paso de los vehículos.

425.12 Reparaciones

Se aplica lo establecido en la [Subsección 418.14](#).

Aceptación de los trabajos

425.13 Criterios

Los trabajos para su aceptación estarán sujetos a lo siguiente:

a. Controles

Se aplica lo indicado en la [Subsección 415.07\(a\)](#) además de cumplir con todos los requisitos de calidad exigidos para los materiales en la [Subsección 425.01](#).

b. Calidad de la emulsión

La calidad de emulsión deberá ser sustentada para cada tanque de transporte, por un certificado de calidad del fabricante según lo especificado en la [Tabla 425-05](#). Además dicha emulsión deberá cumplir con todos los requisitos de calidad y criterios de control que se indican en la [Subsección 416.09\(b\)](#).

c. Calidad del agua

Se aplica lo indicado en la [Subsección 420.02\(c\)](#).

d. Calidad de los agregados pétreos y el polvo mineral

De cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y de cada fracción de ellas se determinarán:

- El desgaste en la máquina de Los Ángeles, según norma MTC E 207.
- Las pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de magnesio, de acuerdo con la norma de ensayo MTC E 209.
- El equivalente de arena, según norma de ensayo MTC E 114.
- La plasticidad, en acuerdo a las normas MTC E 111.
- Sales Solubles Totales MTC E 219.

Así mismo, para cada procedencia del polvo mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán 4 muestras y sobre ellas se determinarán:

- La densidad aparente (ASTM C 110).
- El coeficiente de emulsibilidad (NLT 180).
- Azul de metileno (AASHTO TP 57).

Los resultados de todas estas pruebas deberán satisfacer las exigencias indicadas en las presentes especificaciones, bajo sanción del rechazo de los materiales defectuosos.

Durante la etapa de producción, el Contratista está obligado a que los materiales pétreos utilizados cumplan con las especificaciones del Proyecto, debiendo el Supervisor efectuar las verificaciones correspondientes disponiendo el retiro de los agregados que presenten restos de tierra vegetal, materia orgánica o tamaños superiores al especificado.

Además, efectuará las siguientes verificaciones:

- Granulometría de los agregados (MTC E 204), una vez por jornada de trabajo.
- Plasticidad de la fracción fina (MTC E 110), una vez cada 150 m³.
- Equivalente de arena (MTC E 114), una vez cada 150 m³.
- Adhesividad, una vez cada 1.000 m³.
- Desgaste Los Ángeles (MTC E 207) y la solidez (MTC E 209), al menos una vez cada 1.000 m³.

Tabla 425-08

Ensayos y Frecuencia

Material o Producto	Propiedades o Características	Método de Ensayo	Frecuencia	Lugar de Muestreo
Agregados	Granulometría	MTC E 204	150 m ³	Pista
	Pérdida en Sulfato de Na o Mg	MTC E 209	1.000 m ³	Cantera
	Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	1.000 m ³	Cantera
	Azul de metileno	AASHTO TP 57	1.000 m ³	Cantera
	Equivalente de Arena	MTC E 114	150 m ³	Cantera
Material Bituminoso	Según tipo de material (Ver Subsección 425.01(b))		\sqrt{N} (1)	Tanques al llegar a obra

(1) N representa el número de tancadas de 30,000 L de material bituminoso requerido en la obra.

Sobre el polvo mineral se efectuarán pruebas de densidad aparente y coeficiente de emulsibilidad a razón de una vez por semana, como mínimo.

e. Composición y resistencia del mortero

1. Contenido de asfalto

Para efectos del control se considerará como lote el mortero extendido en cada jornada de trabajo, de la cual el Supervisor extraerá un mínimo de cinco muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, de un peso aproximado de 2 kg. cada una, las cuales empleará en la determinación del contenido de asfalto (MTC E 502) y la granulometría de los agregados (MTC E 503).

El contenido medio de asfalto residual del tramo construido en la jornada de trabajo (ART%) no deberá diferir del contenido de asfalto establecido en la fórmula de trabajo (ARF%) en más del 0,5%.

$$ARF \% - 0,5\% \leq ART \% \leq ARF \% + 0,5\%$$

A su vez, sólo se admitirá un valor de contenido de asfalto residual de muestra individual (ARI%) que supere en 1,0% el valor medio del tramo.

$$ART \% - 1,0\% \leq ARI \% \leq ART\% + 1,0\%$$

Si alguno de estos requisitos se incumple, El Supervisor rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

2. Granulometría de los agregados

Sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados. Para cada ensayo individual, la curva granulométrica deberá encajar dentro de la franja adoptada.

3. Resistencia

Por cada jornada de trabajo se extraerán 3 muestras de la mezcla en la descarga de la máquina, con las cuales se elaborarán especímenes para los ensayos de abrasión en pista húmeda (MTC E 417) y absorción de arena en la máquina de rueda cargada.

Si el desgaste medio (dm) o la absorción media de arena (Am), superan los valores definidos en la fórmula de trabajo (dt) y (At) en más del 10%, el Supervisor rechazará el tramo construido durante la jornada de trabajo.

$$d_m \leq 1,1 d_t$$

$$A_m \leq 1,1 A_t$$

f. Calidad del trabajo terminado

El pavimento terminado deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas en el Proyecto. La distancia entre el eje del proyecto y el borde del pavimento tratado con mortero asfáltico no deberá ser, en ningún punto, inferior a la señalada en el Proyecto.

g. Durante cada jornada de trabajo, además el Supervisor efectuará los siguientes controles:

1. Tasa de aplicación

En sitios ubicados al azar, se efectuarán como mínimo 3 determinaciones diarias de la tasa de aplicación del mortero sobre la superficie. La tasa media de aplicación (TMA), en kg/m^2 , no podrá variar en más del 10% de la autorizada como resultado del tramo de prueba (Tasa Media Especificada-TME), en caso contrario será rechazado por el Supervisor el tramo construido durante la jornada de trabajo.

$$0,90 \text{ TME} \leq \text{TMA} \leq 1,10 \text{ TME}$$

2. Textura

Por jornada de trabajo deberán efectuarse, como mínimo 2 pruebas de resistencia al deslizamiento (MTC E 1004) y 2 de profundidad de textura con el Método del Círculo de Arena (MTC E 1005). En relación con la primera, ningún valor individual podrá presentar un valor inferior a 0,45, y respecto de la segunda, el promedio de las 2 lecturas deberá ser cuando menos igual a 0,6 mm, sin que ninguno de los 2 valores (PTI) sea inferior en más del 10% al promedio mínimo exigido.

$$\text{PTI} \geq 0,54 \text{ mm}$$

3. Rugosidad

La rugosidad, medida en unidades IRI, no podrá ser superior a 2,5 m/km, salvo que las especificaciones particulares establezcan un límite diferente.

Esta exigencia no se aplicará cuando el micropavimento se construya sobre un pavimento existente. En este caso el Proyecto deberá indicar el nivel de rugosidad aceptable.

Todas las áreas donde no se cumplan lo especificado, deberán ser reconstruidos por el Contratista, a su costo y riesgo, y aprobado por el Supervisor

Para la medición de rugosidad se seguirá lo especificado en la [Subsección 423.18\(f\) \(5\)](#).

Medición

425.14

Se aplica lo indicado en la [Subsección 415.08](#).

Pago

425.15

Se aplica lo indicado en la [Subsección 415.09](#).

Partida de pago	Unidad de pago
425.A Micropavimentos	Metro cuadrado (m ²)

-

ANEXO E
Ejemplo diseño Excel

**DISEÑO DE MICROSURFACING : DOSIFICACION DE DISEÑO:
MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA.**

DISEÑO DE MICROSURFACING TIPO III: DOSIFICACION DE DISEÑO: MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA.

PROYECTO:

DOSIFICACION DE DISEÑO: MATERIALES COMPONENTES DE LA MEZCLA

TIPO	PROPORCION	ENSAYO DE CALIDAD PARA SU DETERMINACION	ESPECIFICACION SEGÚN ISSA A-143 (Feb. 2010)
EMULSION ASFALTICA MODIFICADA CON POLIMERO TIPO CQS-1hp.	Optimo de Diseño: 10.7% (6.74% Residuo Asfáltico) por peso de agregado seco.	ISSA TB 100 (WTAT) vrs ISSA TB 109 (LWT)	5.5 - 10.5% R. A. POR PESO SECO DE AGREGADO
FILLER MINERAL	Optimo de Diseño: 1.0% por peso de agregado seco.	ISSA TB 139	0.0 - 3.0% POR PESO SECO DE AGREGADO
CONTENIDO DE POLIMERO	Optimo de Diseño: Igual o Mayor al 3% basado en el peso del contenido de asfalto.	AASHTO T-59 (ASTM D-6997)	Mínimo el 3% de polímero basado en el peso del contenido de asfalto en la emulsión de diseño.
ADITIVO	Optimo de Diseño: Sin agregar aditivo para mezclar. (Valor sujeto a condiciones de campo)	ISSA TB 145	Como sea necesario.
AGUA ADICIONAL PARA MEZCLA	Optimo de Diseño: (Rango del 7.8 a 9.8% de agua adicional a la emulsión por peso de agregado seco). (Valor sujeto a condiciones de campo)	ISSA TB 106	Como sea necesario.

NOTA: Los valores antes mencionados, han sido determinados como los rangos óptimos de contenido de los materiales componentes de la mezcla de MicroSurfacing de Diseño, los cuales se han escogido en base a los resultados de las pruebas ISSA TB especificadas en el cuadro anterior, pero también se han tomado en cuenta los resultados de las pruebas ISSA TB complementarias, anexadas al presente informe de diseño. Algunos ensayos han sido realizados, bajo condiciones ideales y fácilmente controlables en laboratorio, por lo cual en muchos casos los valores óptimos representaran rangos de aceptación de contenido de los elementos, y aun estos rangos dependerán de las condiciones de campo durante la ejecución.

Elaboró:.....

**DISEÑO DE MICROSURFACING TIPO III: HOJA RESUMEN
PARAMETROS DE: CALIDAD DE MATERIALES Y EVALUACION
DE LA PERFORMANCE**

**DISEÑO DE MICROSURFACING TIPO III: HOJA RESUMEN
PARAMETROS DE: CALIDAD DE MATERIALES Y EVALUACION DE LA
PERFORMANCE**

PROYECTO:

TIPO Y CALIDAD DE MATERIALES

TIPO	DESCRIPCION	NORMA DE ENSAYO DE CALIDAD SEGÚN ISSA A-143 (Feb. 2010)	ESPECIFICACION	RESULTADO DE DISEÑO	ACEPTACION	
Ligante Bituminoso: Emulsión Modificada con Polímero: CQS-1hp (Producida en Planta de Emulsiones de ASFALCA)	Emulsión de Cationica de Rompimiento Acelerado Controlado	REQUERIMIENTOS: AASHTO M-208 (ASTM D-2397)	Viscosidad Saybolt Furol 20 a 100 seg.	30 seg.	ok!	
			Prueba de Malla, Max. 0.10%	0.02%	ok!	
			Penetración, 25°C, 100 gr, 5s: 40 a 90 dmm	58 dmm	ok!	
			Ductilidad, 25°C, 5cm/min: Mínimo 40 cm.	90 cm.	ok!	
			Solubilidad en Tricloroetileno: Mínimo 97.5%	99.80%	ok!	
		EXCEPCIONES A LOS REQUERIMIENTOS DE AASHTO M-208 (ASTM D-2397) SEGÚN ISSA A-143				
		AASHTO T-59 (ASTM D-6930)	Estabilidad en Almacenamiento a 24h, Max. 1%	0.24%	ok!	
	Destilación, Mínimo 62%	62.97%	ok!			
AASHTO T-53 (ASTM D-36)	Punto de Ablandamiento (Anillo y Bola), Mínimo 57°C	57°C	ok!			
Agregado Mineral Triturado (Banco de Aporte "La Cantera S.A. de C.V.)	ISSA TIPO III	AASHTO T-27(ASTM C-136) Y AASHTO T-11(ASTM C-117)	ISSA A-143 SECCION 4.2.3: GRADACION: TIPO III	CUMPLE	ok!	
		ISSA A-143 SECCION 4.2.2: ENSAYOS DE CALIDAD AGREGADOS				
		AASHTO T-176 (ASTM D-2419)	65% Mínimo	78.0%	ok!	
		AASHTO T-104 (ASTM C-88)	15% Máximo	3.0%	ok!	
		AASHTO T-96 (ASTM C-131)	30% Máximo	18.6%	ok!	

ISSA A-143, SECCION 5.2: DISEÑO DE MEZCLA: EVALUACION DE LA PERFORMANCE.

ENSAYO	ISSA TB N°	ESPECIFICACION	RESULTADO DE DISEÑO	ACEPTACION
Tiempo de Mezcla (25°C)	TB 113	Controlable a 120 seg. Mínimo.	210 seg.	ok!
Cohesión Húmeda	TB 139	12 kg-cm (Mínimo)	13.8 kg-cm	ok!
30 Minutos Mínimo (Curado)		20 kg-cm o Casi Giro Completo (Mínimo)	24.2 kg-cm	ok!
60 Minutos Mínimo (Tráfico)				
Desnudamiento Húmedo	TB 114	Pasa (90% Mínimo)	95%	ok!
Perdida por Abrasión Húmeda	TB 100	50 grs/ft2 (538 grs/m2) Máximo	208.1 grs/m2	ok!
1 hora de inmersión		75 grs/ft2 (807 grs/m2) Máximo	427.8 grs/m2	ok!
6 días de inmersión				
Exceso de asfalto por LWT Adhesión de Arena	TB 109	50 grs/ft2 (538 grs/m2) Máximo	374.4 grs/m2	ok!
Desplazamiento Lateral	TB 147	5% Máximo	4.89%	ok!
G. Esp. (1000 ciclos LWT)		2.10 Máximo	2.08	ok!

Elaboró:.....

GRADACION DEL AGREGADO DE DISEÑO

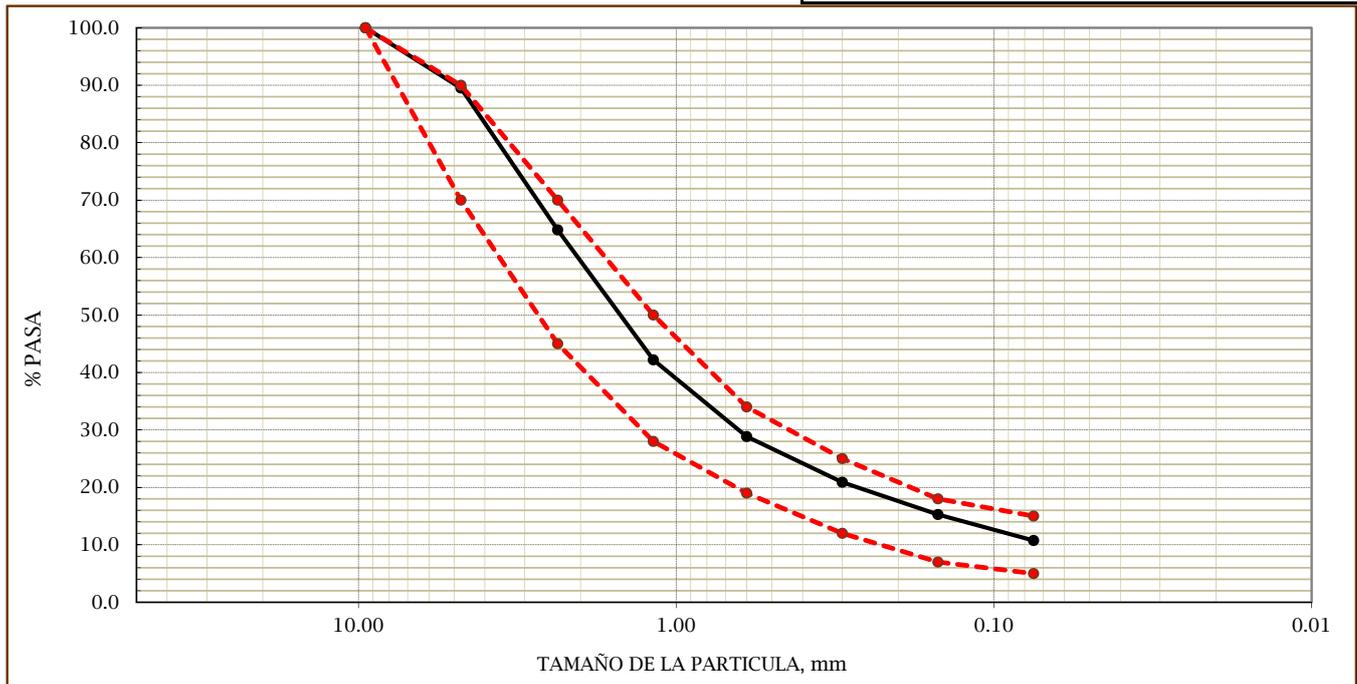
ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADO GRUESO (AASHTO T27 Y ASTM C-136) Y FINO (AASHTO T-11, ASTM C-117 Y FLH T-512).

FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Tipo III (Banco de Aportes "La Cantera", en San Diego, La Libertad.	FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA:	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

MATERIAL ANTES DEL LAVADO		MATERIAL LAVADO		Revestimiento de material (menor a 75 µm (N° 200)) adherido al agregado, después de primer tamizado en seco (FLH -512, AASHTO T-11 Y ASTM C-117)	UNIDADES	grs.	%
Peso Bruto Seco (grs.)	1854.3	Peso de Tara (grs.)	108.7	Calculo del pasante de la Malla 75 µm (N° 200), por lavado.		151.50	8.68
Tara (grs.)	108.7	P. Seco lavado + tara. (grs.)	1702.8	Pasante de la Malla 75 µm (N° 200), después de 1er. Tamizado en Seco.		36.1	2.07
Peso Seco Neto sin Lavar (grs.)	1745.6	Peso Seco Neto lavado (grs.)	1594.1	Revestimiento adherido al agregado		2.07%	

MALLA		Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Especificación:	
Pulg.	mm.	Retenido parcial	Retenido parcial	Ret. acumulado	que pasa	ISSA TIPO III (Banda de Trabajo) (TOLERANCIAS APLICADAS)	
						Min	Max
1"	25	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 4	4.76	183.0	10.5	10.5	89.5	70.0	90.0
N° 8	2.36	431.0	24.7	35.2	64.8	45.0	70.0
N° 16	1.18	395.0	22.6	57.8	42.2	28.0	50.0
N° 30	0.60	233.0	13.3	71.2	28.8	19.0	34.0
N° 50	0.30	139.0	8.0	79.1	20.9	12.0	25.0
N° 100	0.15	98.0	5.6	84.7	15.3	7.0	18.0
N° 200	0.075	79.0	4.5	89.3	10.7	5.0	15.0
FONDO		187.6	10.7	100.0	0.0		
TOTALES		1745.6	100.0				

ESTRUCTURA DEL AGREGADO		
GRAVAS:	10.5	%
ARENAS:	78.8	%
FINOS:	10.75	%
TOTAL:	100	%



Elaboró: _____

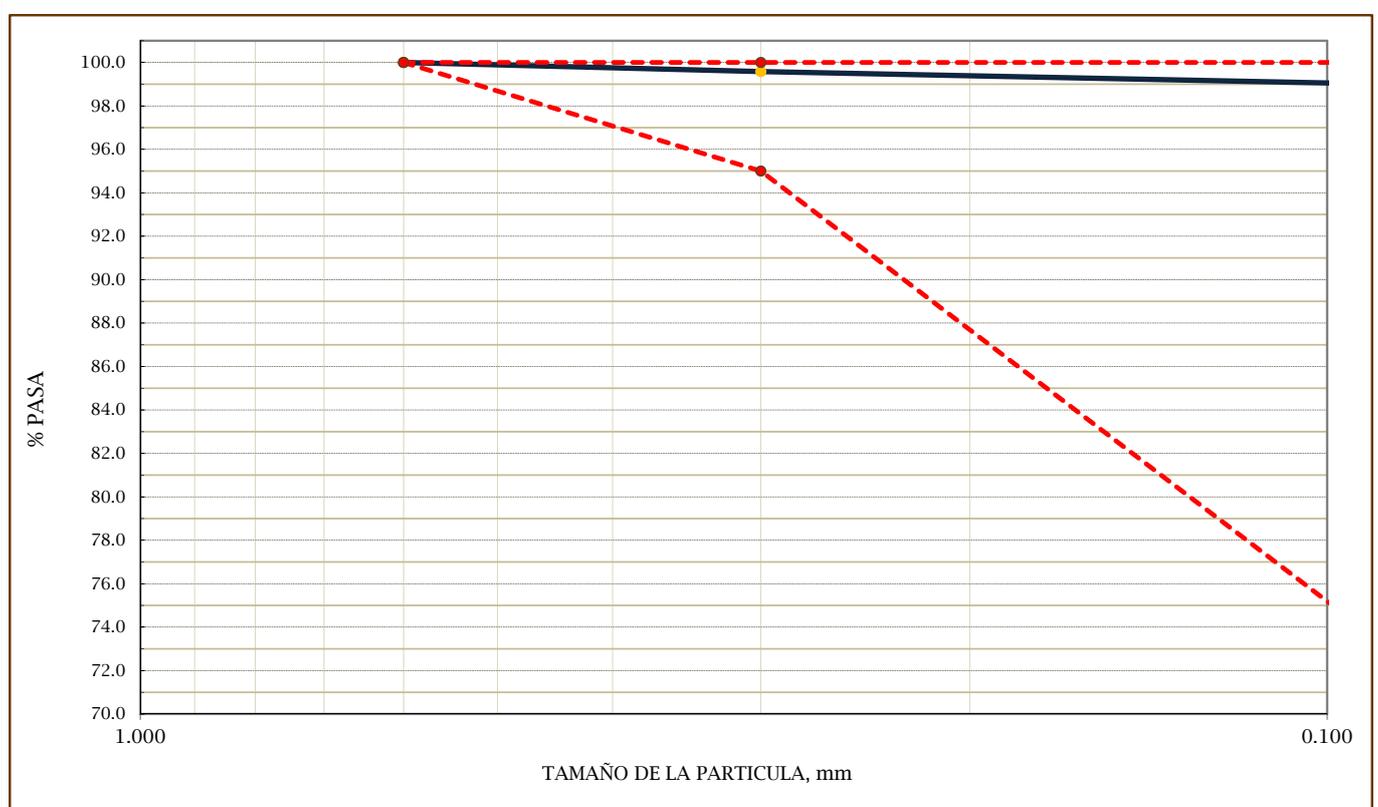
GRADACION FILLER MINERAL

METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA EL ANALISIS POR TAMIZ DE FILLER MINERAL PARA MEZCLAS BITUMINOSAS PARA PAVIMENTO (AASHTO T-37 y ASTM D-546).

FECHA DE REPORTE :		PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: FILLER MINERAL: CEMENTO PORTLAND TIPO GU (ASTM C-1157)		FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA:	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III	

Peso Seco Neto de la muestra sin lavar(grs)	Peso Neto del Tamiz (Antes del Análisis)(grs)	Peso Neto del Tamiz (Después del Análisis)(grs)	Peso Neto retenido por tamiz (grs)	Perdida por Lavado (grs)
500	Tamiz N° 30	471.6	Tamiz N° 30	471.6
Peso Seco Neto de la muestra lavada (grs)	Tamiz N° 50	537.0	Tamiz N° 50	539.1
5.4	Tamiz N°200	503.8	Tamiz N°200	507.1
				494.6

MALLA		Peso	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Especificación Estándar para Filler Mineral para Mezclas Bituminosas para Pavimentos (ASTM D-242)	
Pulg.	mm.	Retenido parcial	Retenido parcial	Ret. acumulado	que pasa	Min	Max
N° 30	0.600	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0
N° 50	0.300	2.1	0.4	0.4	99.6	95.0	100.0
N° 200	0.075	3.3	0.7	1.1	98.9	70.0	100.0
FONDO		494.6	98.9	100.0	0		
TOTALES		500.0	100.0				



Elaboró:_____

**GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADO
FINO (ASTM C-128 Y AASHTO T-84).**

	Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino (ASTM C-128 Y AASHTO T-84)		
FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:		
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.			
LABORATORISTA:	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III		
Gravedad Específica y Absorción de Agregado Fino (ASTM C-128 Y AASHTO T-84)			
DETALLE	VALORES		UNIDAD
A: PESO AL AIRE DEL MATERIAL SECO AL HORNO.	487.9	488.4	grs.
B: PESO DEL PICNOMETRO LLENO CON A AGUA A TEMPERATURA DE ENSAYO =	951.2	951.2	grs.
C: PESO PICNOMETRO MAS AGUA MAS MUESTRA A TEMP DE ENSAYO =	1256.6	1256.5	grs.
S: PESO AL AIRE DEL MATERIAL EN CONDICION SSS =	500.1	500.0	grs.
CALCULO DE VALORES DE GRAVEDAD ESPECIFICA	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIOS
Gravedad Especifica Bulk: $G_s(s) = A / (B + S - C)$	2.506	2.508	2.507
Gravedad Especifica Bulk sss: $G_s(sss) = S / (B + S - C)$	2.569	2.568	2.568
Gravedad Especifica Aparente: $G_s(a) = A / (B + A - C)$	2.673	2.667	2.670
Absorción Ponderada: $A\% = ((S - A) / A) * 100$	2.501	2.375	2.438
Revisó:_____			

PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO (ASTM C-29M Y AASHTO T-19).

Peso Unitario del Agregado Fino (ASTM C-29M y AASHTO T-19).

FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.	
LABORATORISTA:	FECHA DE ENSAYO:
	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

Peso Unitario del Agregado Fino (ASTM C-29M y AASHTO T-19).

DETALLE DE ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
A: PESO DEL MOLDE MAS MUESTRA ENRASADA, grs	9721.9	9716.7	9725.6	
T: PESO DEL MOLDE VACIO Y LIMPIO, grs	6310.0	6310.0	6310.0	
V: VOLUMEN DEL MOLDE, cm3	2123.00	2123.00	2123.00	
PESO UNITARIO SUELTO DEL AGREGADO, Kg/m3: PU= ((A - T) / V)*1000	1607.1	1604.7	1608.9	1606.9

Revisó:.....

CONTENIDO DE ARCILLA EN AGREGADO FINO (VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA) (ASTM D-2419 Y AASHTO T-176).

Contenido de Arcilla en Agregado Fino (Valor de Equivalente de Arena) (ASTM D-2419 y AASHTO T-176).

FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.	
LABORATORISTA:	FECHA DE ENSAYO:
	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

Contenido de Arcilla en Agregado Fino (Valor de Equivalente de Arena) (ASTM D-2419 y AASHTO T-176).

DETALLE DE ENSAYO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
A: LECTURA APARENTE DE ARCILLA, cm	5.1	5.3	5.2	
B: LECTURA DE ARENA, cm	4.0	4.0	4.1	
VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA (%), VEA= (B / A)*100	78.43	75.47	78.85	78

Revisó:.....

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO PEQUEÑO POR EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES) (ASTM C-131 Y AASHTO T-96).

Metodo para determinar la resistencia a la abrasión de agregado grueso de tamaño pequeño por el uso de la Máquina de los Ángeles (ASTM C-131 y AASHTO T-96).

FECHA DE REPORTE :

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Tipo III (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

FECHA DE ENSAYO:

LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

TAMICES		PESO DE AGREGADO PARA ENSAYO	CALCULOS	N° 01	N° 02	N° 03
PASA	RETIENE					
1 1/2"	1"	1250	gr. Peso antes de ensayo	5000.0	5000.0	5000.0
1"	3/4"	1250	Retenido N° 12 (gr)	4085.6	4079.1	4045.6
3/4"	1/2"	1250	Pasa N° 12 (gr)	914.5	920.9	954.4
1/2"	3/8"	1250	% DESGASTE	18.29%	18.42%	19.09%
TOTALES		5000.0	PROMEDIO	18.60%		

Observaciones:

el ensayo se realizo con el Metodo "A"

Revisó:-----

SANIDAD DE AGREGADOS POR USO DE SULFATO DE SODIO (ASTM C-88 Y AASHTO T-104).

Metodo Estandar para Sanidad de Agregados por uso de Sulfato de Sodio (ASTM C-88 y AASHTO T-104)

FECHA DE REPORTE :

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III (Banco de Aporte "La Cantera", en San Diego, La Libertad.

FECHA DE ENSAYO:

LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

Metodo Estandar para Sanidad de Agregados por uso de Sulfato de Sodio (ASTM C-88 y AASHTO T-104)

	Tamiz		Peso Retenido (grs)	% Retenido	MUESTRA DE ENSAYO			% de Material Degradado (Respecto a la Granulometría Original)
	Pasa	Retenido			Peso Inicial	Peso Final	% de material degradado	
1er Ciclo	3/8"	N°4	201.10	10.08%	201.10	200.90	0.10	0.01
	N°4	N°8	319.90	16.03%	319.90	319.40	0.16	0.03
	N°8	N°16	267.00	13.38%	267.00	266.10	0.34	0.05
	N°16	N°30	293.80	14.72%	293.80	293.40	0.14	0.02
	N°30	N°50	171.20	8.58%	171.20	170.80	0.23	0.02
2do Ciclo	3/8"	N°4	201.10	10.08%	200.90	200.90	0.00	0.00
	N°4	N°8	319.90	16.03%	319.40	318.90	0.16	0.03
	N°8	N°16	267.00	13.38%	266.10	265.20	0.34	0.05
	N°16	N°30	293.80	14.72%	293.40	293.00	0.14	0.02
	N°30	N°50	171.20	8.58%	170.80	170.50	0.18	0.02
3er Ciclo	3/8"	N°4	201.10	10.08%	200.90	199.30	0.80	0.08
	N°4	N°8	319.90	16.03%	318.90	317.90	0.31	0.05
	N°8	N°16	267.00	13.38%	265.20	264.30	0.34	0.05
	N°16	N°30	293.80	14.72%	293.00	292.70	0.10	0.02
	N°30	N°50	171.20	8.58%	170.50	170.20	0.18	0.02
4to Ciclo	3/8"	N°4	201.10	10.08%	199.30	198.00	0.65	0.07
	N°4	N°8	319.90	16.03%	317.90	316.00	0.60	0.10
	N°8	N°16	267.00	13.38%	264.30	263.00	0.49	0.07
	N°16	N°30	293.80	14.72%	292.70	292.00	0.24	0.04
	N°30	N°50	171.20	8.58%	170.20	169.10	0.65	0.06
5to Ciclo (Final)	3/8"	N°4	201.10	10.08%	198.00	195.60	1.21	0.12
	N°4	N°8	319.90	16.03%	316.00	309.90	1.93	0.31
	N°8	N°16	267.00	13.38%	263.00	256.00	2.66	0.36
	N°16	N°30	293.80	14.72%	292.00	280.00	4.11	0.61
	N°30	N°50	171.20	8.58%	169.10	156.10	7.69	0.66

% de Perdida en peso de Agregado por efecto del Sulfato de Sodio (aproximado al entero mas cercano)

3

Revisó:.....

El peso inicial de la muestra en peso seco, representativa del material Tipo III, tamizada para ensayo fue de (grs):

1995.4

**ISSA TB-145: METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR
EL VALOR DE ABSORCION DE AZUL DE METILENO
(MBV) DE AGREGADOS MINERALES DE RELLENO Y
FINOS.**

ISSA TB-145: METODO DE PRUEBA PARA DETERMINAR EL VALOR DE ABSORCION DE AZUL DE METILENO (MBV) DE AGREGADOS MINERALES DE RELLENO Y FINOS.

FECHA DE REPORTE :

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III (pasante del Tamiz N°200) ; Reactivo: Azul de Metileno.

FECHA DE ENSAYO:

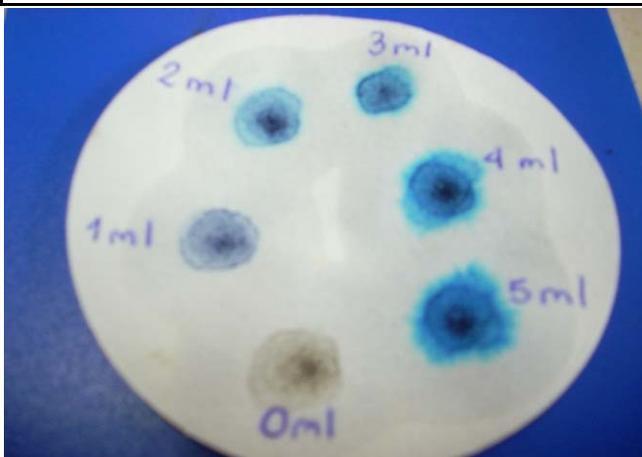
LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento superficial bituminoso: MicroSurfacing Tipo III



1er paso: 30 grs de agua destilada depositados en un beaker de 600ml para ensayo.

2do paso: 1 gramo de muestra representativa de material pasante de la malla N°200 pesado con precision de 0.0001 grs.



3er paso: Mezcla del gramo de agregado fino y los 30grs de agua destilada, formando una solucion, a la cual se le va inyectando ml de solucion de Azul de Metileno.

4to paso: Despues de cada adiccion de ml de solucion de azul de metileno, se toma una muestra y se deposita en papel filtro N°40, hasta que se forme una corona alrededor de la mancha de petreo, indicando que la muestra esta ya saturada y no puede absorber mas Azul de Metileno.

Observaciones: El MBV (Valor de Azul de Metileno), reportado para este material seria: $MBV = 0.5V$, osea $0.5(5) = 2.5 \text{ mg/gr}$. Este se lee, 2.5 miligramos de Azul de Metileno por gramo de material. Según la ISSA TB-145, el material es aceptable pues tiene un valor inferior a 7.0 mg/gr . Además este valor bajo de MBV, indica un agregado poco reactivo, por lo cual se necesitara aproximadamente un 0.25% de aditivo de diseño en el sistema mezcla, para garantizar trabajabilidad adecuada durante la colocacion.

Revisó:_____

**PRUEBAS DE CALIDAD DEL LIGANTE
ASFALTICO EMULSIFICADO MODIFICADO CON
POLIMERO (CQS-1HP)**

HOJA TECNICA DE CONTROL DE CALIDAD Y CLASIFICACION DE EMULSIONES ASFALTICAS (ASTM D-2397 Y AASHTO M-208)

TIPO DE EMULSION	CQS-1hp	CLASIFICACION (PRUEBA DE IDENTIFICACION)(SECCION 92-99, ASTM D-244)	EMULSION CATIONICA DE ROMPIMIENTO ACCELERADO CONTROLADO
FECHA DE PRODUCCION	09/12/2011	GALONES PRODUCIDOS	8450
TEMPERATURA DE SOLUCION JABONOSA (°C)	37	TEMPERATURA DE ASFALTO (°C)	145
TEMPERATURA DE EMULSION (°C)	80	PH DE EMULSION	2

PRUEBAS DE COMPOSICION (ASTM D-244)

RESIDUO POR EVAPORACION (SECCION 16-22)			RESIDUO POR DESTILACION (SECCION 11-15)		
PESO DE RECIPIENTE (A)	90.8	114.4	PESO DE ALAMBIQUE	(TR)	2311.50
PESO DE RECIPIENTE + EMULSION (B)	141.5	168.6	PESO ALAMBIQUE + EMULSION	(ME)	2511.60
PESO DE RECIPIENTE + RESIDUO (C.)	122.8	148.6	PESO ALAMBIQUE + RESIDUO	(MR)	2437.50
% R.A.F. = 100 - % AGUA	63.12%	63.10%	% A= (ME-MR)/(ME-TR) X100		37.03%
Promedio	63.11%		% RA= 100- %A		62.97%

PRUEBAS DE CONSISTENCIA (ASTM D-244)

ENSAYO DE VISCOSIDAD SAYBOL FUROL (SECCION 29-33)

TEMPERATURA A LA QUE SE REALIZO EL ENSAYO (°C):	25
VISCOCIDAD SAYBOLT FUROL (Seg)	30

PRUEBAS DE ESTABILIDAD (ASTM D-244)

PRUEBA DE SEDIMENTACION (5 DIAS) (SECCION 40-45)			PRUEBA DE ESTABILIDAD EN ALMACENAMIENTO (24h) (SECCION 77-83)		
	TOP	FONDO		TOP	FONDO
PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	217.00	201.60	PESO BEAKER+ AGITADOR DE VIDRIO (A)	90.40	117.20
PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	270.00	246.10	PESO BEAKER+ AGITADOR + EMULSION (B)	143.60	169.10
PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	250.10	229.80	PESO BEAKER + AGITADOR +RESIDUO (C)	124.00	150.10
% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	62.45%	63.37%	% R.A. = 1-((B-C)/(B-A))	63.15%	63.39%
% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.92%		% DE SEDIMENTACION EN 5 DIAS: (% R.A. (FONDO) - % R.A. (TOP))	0.24%	

EXAMINACION DEL RESIDUO (ASTM D-244)

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL C.A. (ASTM D-70)(AASHTO T-228):		PRUEBAS COMPLEMENTARIAS AL RESIDUO:	
A: PICNOMETRO SECO Y LIMPIO	53.242	PENETRACION 25° C, 100 grs, 5 seg. (ASTM D-5)(AASHTO T-49):	58 dmm
B: PICNOMETRO AFORADO CON AGUA (25°C) =	80.410	SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO (ASTM D-2042)(AASHTO T-44):	99.80%
C: PICNOMETRO CON C.A. (25°C)=	67.000	PUNTO DE ABLANDAMIENTO (Anillo y bola) (ASTM D-36) (AASHTO T-53):	57 °C
D: PICNOMETRO CON AGUA Y C.A. AFORADO A 25°C =	80.750	DUCTILIDAD 25°C, 5 c.m./min (ASTM D-113)(AASHTO T-51):	90 c.m.
GRAVEDAD ESPECIFICA DEL CEMENTO ASFALTICO=	1.025		

PESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE LA EMULSION			PRUEBA DE MALLA (ASTM D-244)(SECCION 53-58)		
PESO DE RECIPIENTE	(A)	47.52	PESO DE TAPADERA + TAMIZ	(MT)	673.40
PESO RECIPIENTE + AGUA	(B)	79.32	PESO DE RECIPIENTE + EMULSION	(MR)	1309.00
PESO RECIPIENTE + EMULSION	(C)	79.90	PESO DE RECIPIENTE VACIO	(MV)	309.60
DENSIDAD = (C-A)/(B-A) =		1.018	PESO DE TAPADERA+ TAMIZ+ RESIDUO (MS)	(MS)	673.60
PESO POR GALON = DENSIDAD*3785/460 (Lbs/Galon)		8.38	%T=(MS-MT) (MR-MV) X 100		0.02%

OBSERVACIONES:

Asfalto Base AC-30

LABORATORIO

**ISSA TB-118: METODO DEL AREA DE
SUPERFICIE PARA EL DISEÑO DE LECHADAS:
CALCULO % TEORICO OPTIMO DE EMULSION
REQUERIDO.**

**ISSA TB-118: METODO DEL AREA DE SUPERFICIE PARA EL DISEÑO DE MICROPAVIMENTO:
CALCULO % TEORICO DE EMULSION REQUERIDO.**

FECHA DE REPORTE :		PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp		FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA:		MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

TABLA A1: FACTORES USADOS EN EL CALCULO DEL AREA DE SUPERFICIE DE AGREGADO PARA LECHADAS

TAMIZ:	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
FACTOR: AREA DE SUPERFICIE	0.02	0.02	0.04	0.08	0.14	0.3	0.60	1.60
% PASANTE SEGÚN GRANULOMETRIA	100	90	65	42	29	21	15	10.8
AREA DE SUPERFICIE POR TAMIZ (ft2/lb):	2	1.79	2.60	3.36	4.06	6.30	9.00	17.20
AREA DE SUPERFICIE TOTAL DEL AGREGADO (SA) (ft2/lb):	46.31	Gravedad Especifica Aparente del Agregado (ASG):		2.690	AREA DE SUPERFICIE TOTAL DEL AGREGADO CORREGIDA(CSA)(ft2/lb): $CSA = (SA \times 2.65/ASG)$			45.62

Calculo del Área de Superficie de Bitumen (SAB)		Calculo del % de Kerosene Absorbido		Calculo del % Teórico de Emulsión Requerido.	
FORMULA:	$SAB = CSA \times t \times 0.02047 \times SGB$	FORMULA:	$KA = (((C - B) / A) \times 100) - A$	FORMULA:	$T. E. = ((BR = SAB + KA) \times 100) / R.A.$
DONDE:		DONDE:		DONDE:	
SAB = Área de Superficie de Bitumen, % en peso de agregado seco.	6.22	KA = kerosene absorbido, % en peso de agregado seco.	0.90	T.E. = Teórico de emulsión requerido, % en peso de agregado seco.	11.1
CSA = Área de Superficie Total del agregado corregida, ft2/lb de agregado seco.	45.62	A = Peso muestra seca (Pasante Tamiz N° 4), grs.	100.00	BR = Bitumen Total Requerido, % en peso de agregado seco.	7.12
t = Espesor de la película de Bitumen, micrones.	7	B = Peso Tara (recipiente centrifuga), grs	2460.1	R.A. = Residuo Asfáltico en la Emulsión, % en peso de Emulsión.	63.9
SGB = Gravedad Especifica de Bitumen	1.025	C = Peso muestra + tara + kerosene, grs	2561.0	NOTA: Este % representa el Teórico de Emulsión requerido para lograr cubrir satisfactoriamente la totalidad del Área de Superficie del Agregado Tipo III, a utilizar en el diseño, por lo cual, de aquí en adelante se asumirá como % Opt. Teórico de Emulsión, para las pruebas posteriores.	
NOTA: 0.02047 es un coeficiente de conversión para las unidades de la ecuación.		NOTA: Los requerimientos de absorción del agregado son determinados usando la Prueba del Equivalente Centrifugo de Kerosene (CKE)			

Elaboró: _____

**ISSA TB-113: PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS
DE MEZCLA PARA DISEÑO DE
LECHADAS: EXAMINACION Y EVALUACION
DEL PERFORMANCE DE LA MEZCLA**

ISSA TB-113: PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS DE MEZCLA PARA DISEÑO DE MICROPAVIMENTOS: EXAMINACION Y EVALUACION DEL PERFORMANCE DE LA MEZCLA

FECHA DE REPORTE :		PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp		FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA: Omar Hércules		MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

ISSA TB-113: EXAMINACION Y EVALUACION DEL PERFORMANCE DE LA MEZCLA

% DE FILLER	% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	% DE AGUA AÑADIDA	% DE ADITIVO	VALORES DE PRUEBA				
					Tiempo de Rotura (seg.)	Tiempo Inicial de cohesión (Set Time) (min.)	Habilidad del sistema para mezclarse y mantenerse homogéneo por 120 seg. Mínimo	ISSA TB-102: PRUEBA DE RESISTENCIA AL AGUA (1 hora de curado 25°C)	La "No Presencia" de manchas café del papel absorbente.
0.25	11.0	6.93	9.00	0.00	240.0	15.0	ok!	ok!	ok!
0.50	11.0	6.93	9.00	0.00	210.0	12.0	ok!	ok!	ok!
0.75	11.0	6.93	9.00	0.00	180.0	9.0	ok!	ok!	ok!
1.00	11.0	6.93	9.00	0.00	150.0	6.0	ok!	ok!	ok!

ISSA TB-113: Tiempo de Rotura del Sistema de Lechada



ISSA TB-113: Tiempo Inicial de Cohesión del Sistema de Lechada



Nota: Según los resultados obtenidos en el ensayo ISSA TB-113, se hace la observación que cada sistema evaluado presenta un comportamiento deseado de mezclado manteniendo la consistencia adecuada (como mínimo 120 seg.), para evitar efectos indeseables como: drenaje de finos, flotación de asfalto, filler incompatible, o exceso de agua. Por el contrario todas las mezclas de prueba, después de transcurrida 1 hora de curado a temperatura ambiente, y ser sometidas al proceso de Lavado (ISSA TB-102) presentan una coloración de superficie "Negra" y una fuerte adhesión interna del agregado, demostrando la compatibilidad del sistema y ofrecen mezclas de curado "rápido".

Elaboró: _____

**ISSA TB-106: MEDICION DE LA
CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFALTICAS:
CALCULO DEL RANGO DE % HUMEDAD EN EL
MEZCLADO OPTIMO**

ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DEL MICROPAVIMENTO:
CALCULO DEL RANGO DE % HUMEDAD EN EL MEZCLADO OPTIMO

REPORTE:

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen:
Emulsión Asfáltica CQS-1hp

FECHA DE ENSAYO:

LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFALTICAS

MEZCLA DE PRUEBA N° 1

% de Agua requerida adicional para ensayo de consistencia	4.00
Flujo de Cono (cm)	0.50
% Optimo de Emulsión según ISSA TB 118	13.00
% de Residuo asfáltico:	8.19
% de Agua en la Emulsión	4.81
% de Agua en el Agregado Tipo III	1.00
% de Agua Total en la Mezcla	9.81
% de Filler	1.00
% de Aditivo	0



MEZCLA DE PRUEBA N° 2

% de Agua requerida adicional para ensayo de consistencia	6.00
Flujo de Cono (cm)	0.75
% Optimo de Emulsión según ISSA TB 118	13.00
% de Residuo asfáltico:	8.19
% de Agua en la Emulsión	4.81
% de Agua en el Agregado Tipo III	1.00
% de Agua Total en la Mezcla	11.81
% de Filler	1.00
% de Aditivo	0



MEZCLA DE PRUEBA N° 3

% de Agua requerida adicional para ensayo de consistencia	8.00
Flujo de Cono (cm)	1.75
% Optimo de Emulsión según ISSA TB 118	13.00
% de Residuo asfáltico:	8.19
% de Agua en la Emulsión	4.81
% de Agua en el Agregado Tipo III	1.00
% de Agua Total en la Mezcla	13.81
% de Filler	1.00
% de Aditivo	0



Elaboró: _____

ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DEL MICROPAVIMENTO:
CALCULO DEL RANGO DE % HUMEDAD EN EL MEZCLADO OPTIMO

REPORTE:

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp

FECHA DE ENSAYO:

LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

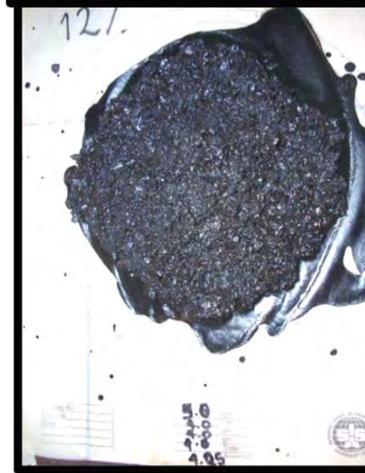
ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFALTICAS

MEZCLA DE PRUEBA N° 4

% de Agua requerida adicional para ensayo de consistencia	10.00
Flujo de Cono (cm)	3.25
% Optimo de Emulsión según ISSA TB-118	13.00
% de Residuo asfáltico:	8.19
% de Agua en la Emulsión	4.81
% de Agua en el Agregado Tipo III	1.00
% de Agua Total en la Mezcla	15.81
% de Filler	1.00
% de Aditivo	0

MEZCLA DE PRUEBA N° 5

% de Agua requerida adicional para ensayo de consistencia	12.00
Flujo de Cono (cm)	4.25
% Optimo de Emulsión según ISSA TB-118	13.00
% de Residuo asfáltico:	8.19
% de Agua en la Emulsión	4.81
% de Agua en el Agregado Tipo III	1.00
% de Agua Total en la Mezcla	17.81
% de Filler	1.00
% de Aditivo	0



Nota: Los resultados de flujo obtenidos mediante el ensayo del cono de consistencia, graficados versus la humedad adicional o añadida a la mezcla, proporcionan los rangos recomendados para la humedad optima de mezclado. Este ensayo, se ha llevado a cabo bajo condiciones controladas en laboratorio: temperatura de los materiales a 25°C, ambiente seco, etc.. El termino: agua añadida o adicional se refiere a un contenido de agua adicional al agua que proporcionan los agregados en su estado natural en acopio y a la humedad que lleva implícita la emulsión de diseño.

Elaboró: _____



Laboratorio de Control de Calidad, suelos, emulsiones y mezclas asfálticas.

ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA DEL MICROPAVIMENTO: CALCULO DEL RANGO DE % HUMEDAD EN EL MEZCLADO OPTIMO

REPORTE:

PROYECTO: "MANTENIMIENTO PERIÓDICO DE LA RUTA MOR02N: RN18E - SOCIEDAD, UBICADA EN EL DEPARTAMENTO DE MORAZAN"

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp

FECHA DE ENSAYO: 12-12-11

LABORATORISTA:

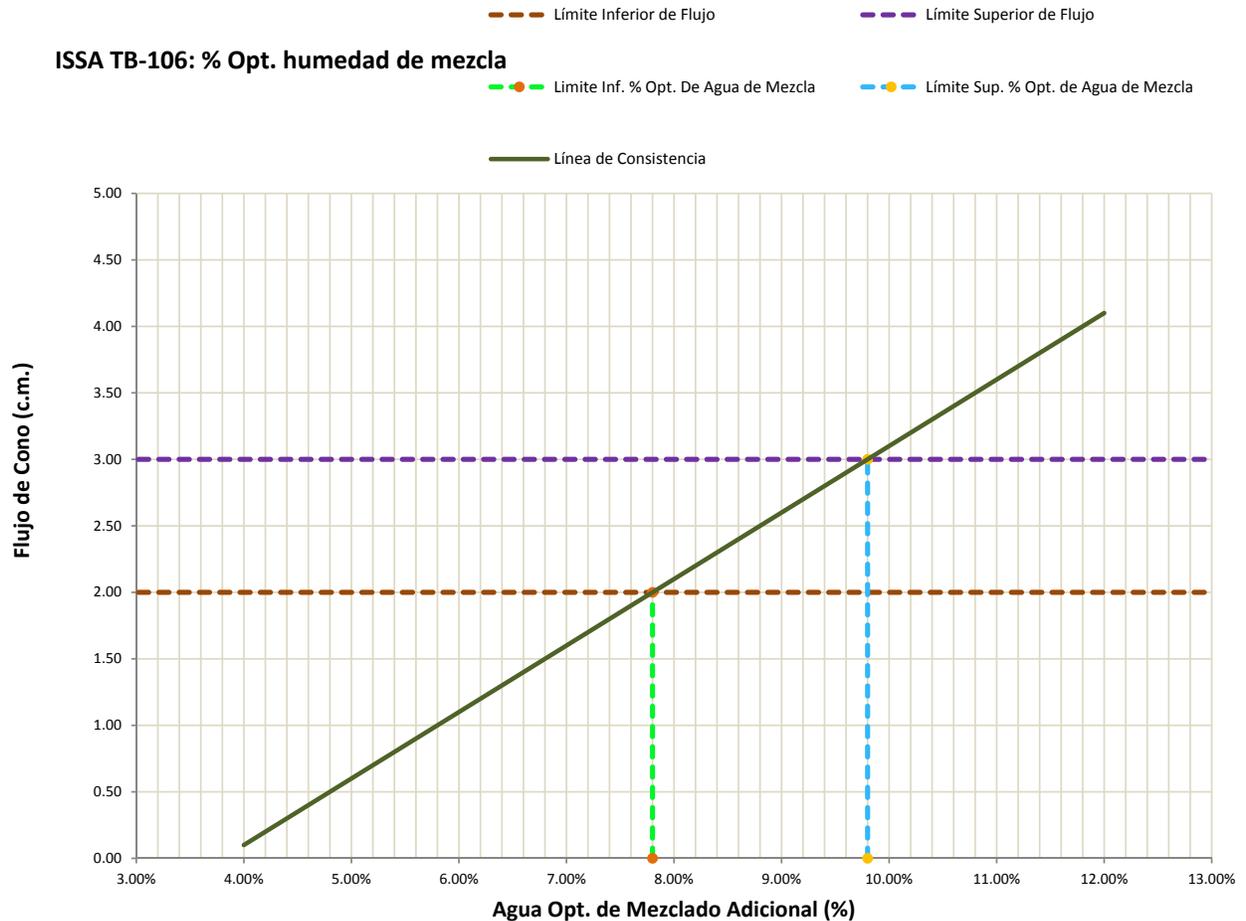
MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

ISSA TB-106: MEDICION DE LA CONSISTENCIA DE LECHADAS ASFALTICAS

Líneas de Parámetros de Especificación ISSA TB-106

Líneas : Limite Recomendado de Flujo						Líneas de Rango: Agua Optima de Mezclado		Rango Opt. De Humedad de Mezcla
Limite Inferior (2c.m.)		Limite Superior (3 c.m.)		Limite Inferior (c.m.)	Limite Superior (c.m.)		7.8 a 9.8% de Humedad Adicional.	
0.00	2.00	0.00	3.00	7.80	0.00	9.80		0.00
13.00	2.00	13.00	3.00	7.80	2.00	9.80		3.00

ISSA TB-106: % Opt. humedad de mezcla



NOTA: Para efectos de diseño, se tomara como valor optimo de mezcla el 9% de Humedad adicional añadida a la mezcla, valor que se encuentra mas o menos a la mitad del rango optimo de humedad de mezcla, el cual nos permite garantizar una mezcla estable y trabajable de diseño. En campo debe asumirse la humedad de mezcla dentro del rango determinado de humedad, no puede fijarse un valor, pues depende de las condiciones de clima.

Elaboró: _____

flujo	agua
0.50	4%
0.75	6%
1.75	8%
3.25	10%
4.25	12%

ISSA TB-139: MÉTODO DE PRUEBA PARA CLASIFICAR SISTEMAS DE MEZCLAS DE AGREGADO-ASFALTO EMULSIFICADO SEGÚN LA MEDIDA, DEL PROBADOR DE COHESIÓN MODIFICADO, DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CURADO Y PUESTA A PUNTO: CALCULO DEL % TEÓRICO DE FILLER MINERAL DE DISEÑO.

ISSA TB-139: MÉTODO DE PRUEBA PARA CLASIFICAR SISTEMAS DE MEZCLAS DE AGREGADO-ASFALTO EMULSIFICADO SEGÚN LA MEDIDA, DEL PROBADOR DE COHESIÓN MODIFICADO, DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CURADO Y PUESTA A PUNTO: CALCULO DEL % TEÓRICO DE FILLER MINERAL DE DISEÑO.

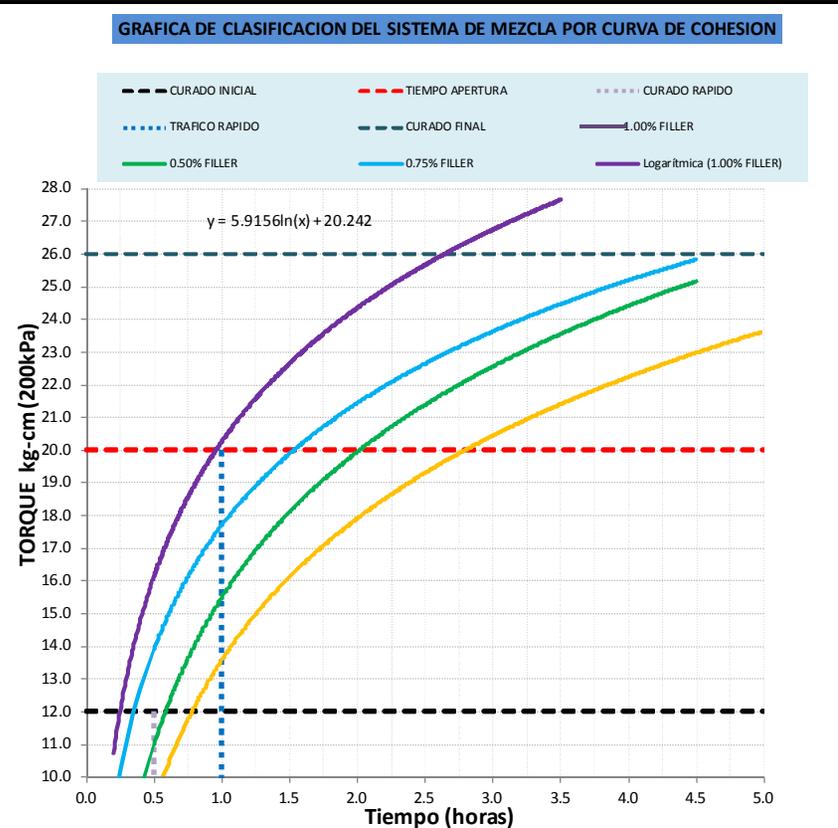
FECHA DE REPORTE :		PROYECTO:	
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp		FECHA DE ENSAYO:	
LABORATORISTA:		MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III	

PRUEBA DE COHESION ISSA TB 139							
% DE FILLER	% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	% DE AGUA AÑADIDA	% DE ADITIVO	COHESION		
					TIEMPO (HORAS)	TORQUE (LBS-PULG.)	TORQUE (KG-CM)
0.25	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	9.5	10.9
					1.0	11.0	12.7
					1.5	13.0	15.0
					2.5	15.5	17.9
					3.5	18.0	20.7
					4.5	20.0	23.0
0.50	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	10.0	11.5
					1.0	13.0	15.0
					1.5	15.5	17.9
					2.5	18.5	21.3
					3.5	20.0	23.0
					4.5	22.5	25.9
0.75	11.0	6.93	9.00	0.00	0.5	12.5	14.3
					1.0	14.5	16.7
					1.5	17.5	20.2
					2.5	20.0	23.0
					3.5	21.0	24.2
					4.5	22.5	25.9

GRAFICA DE CLASIFICACION DEL SISTEMA DE MEZCLA POR CURVA DE COHESION					
Línea de "CURADO INICIAL"		Línea de "TIEMPO DE APERTURA INICIAL AL TRAFICO"		Línea de "CURADO RAPIDO"	
0	12	0.0	20	0.5	12
5	12	5.0	20	0.5	10

Línea de "CURADO FINAL"		Línea de "TRAFICO RAPIDO"		LINEAS DE TENDENCIA DE		
				0.50%	0.75%	1.00%
0	26	1	20	0.20	5.09	8.94
5	26	1	0	0.25	6.53	10.15

Elaboró: _____	0.35	8.70	11.98	14.03
	0.40	9.56	12.70	14.82
	0.50	11.00	13.91	16.14



NOTA: El valor de 12 kg-cm de torque, define haber alcanzado el curado inicial, y es deseable obtenerlo a los 30 min. o menos de haber hecho la mezcla. El valor de 20 kg-cm de torque define el valor para el cual el MicroSurfacing esta apto para recibir la "apertura inicial al trafico". Este valor es requerido a la hora de haber hecho la mezcla. Según la grafica, el 1% de Filler Mineral en la mezcla, nos garantiza una curva de cohesión deseada para clasificar el sistema de mezcla, como uno de "Curado y Apertura Rápida al Trafico (1 hora después de la colocación)". Es de aclarar que este ensayo se ha hecho inicialmente a temperatura controlada de laboratorio 25°C, tanto para los materiales como el ambiente. Por lo tanto este valor del 1% de Filler Mineral se tomara como % Opt. Teórico, durante el proceso de diseño, mientras se efectúa el ensayo, durante la prueba de campo, en condiciones mas representativas de clima y temperatura.

ISSA TB-114: PRUEBA DE DESNUDAMIENTO EN HUMEDO PARA MEZCLAS CURADAS DE LECHADA ASFALTICA

ISSA TB-114: PRUEBA DE DESNUDAMIENTO EN HUMEDO PARA MEZCLAS CURADAS DE LECHADA ASFALTICA

FECHA DE REPORTE :

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ;
Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp

FECHA DE ENSAYO:

LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III



1er paso: Muestra representativa de Mezcla Curada, proveniente del ensayo ISSA TB-106, de MicroSurfacing Tipo III.

2do paso: Selección de 10 grs de mezcla curada, obtenida del ensayo ISSA TB-106, como muestra para ensayo.



3er paso: Adición de 400 ml. de agua destilada en un beaker de 600 ml., puesto en un "Plato Caliente", para ebullición a 100°C.

4to paso: Colocación de los 10 grs de muestra dentro del beaker con agua en ebullición, dejando transcurrir 3 minutos.



5to paso: Al final de los 3 minutos de estar la muestra en ebullición, el beaker es removido del plato caliente y se ha dejado enfriar. Luego agua fría se utiliza para llenar el beaker y retirar así el asfalto libre flotante, evitando que alguna partícula de mezcla se pierda.

6to paso: El agua es entonces decantada y la muestra es colocada en papel absorbente y se procede a la determinación visual de la adherencia de la película de ligante asfáltico y/o área cubierta.

Observaciones: Según la estimación visual de la adherencia del ligante y del área inicial cubierta de agregado, se puede estimar un Recubrimiento Retenido del 95% del Total de Área de Agregado.

Elaboró: _____

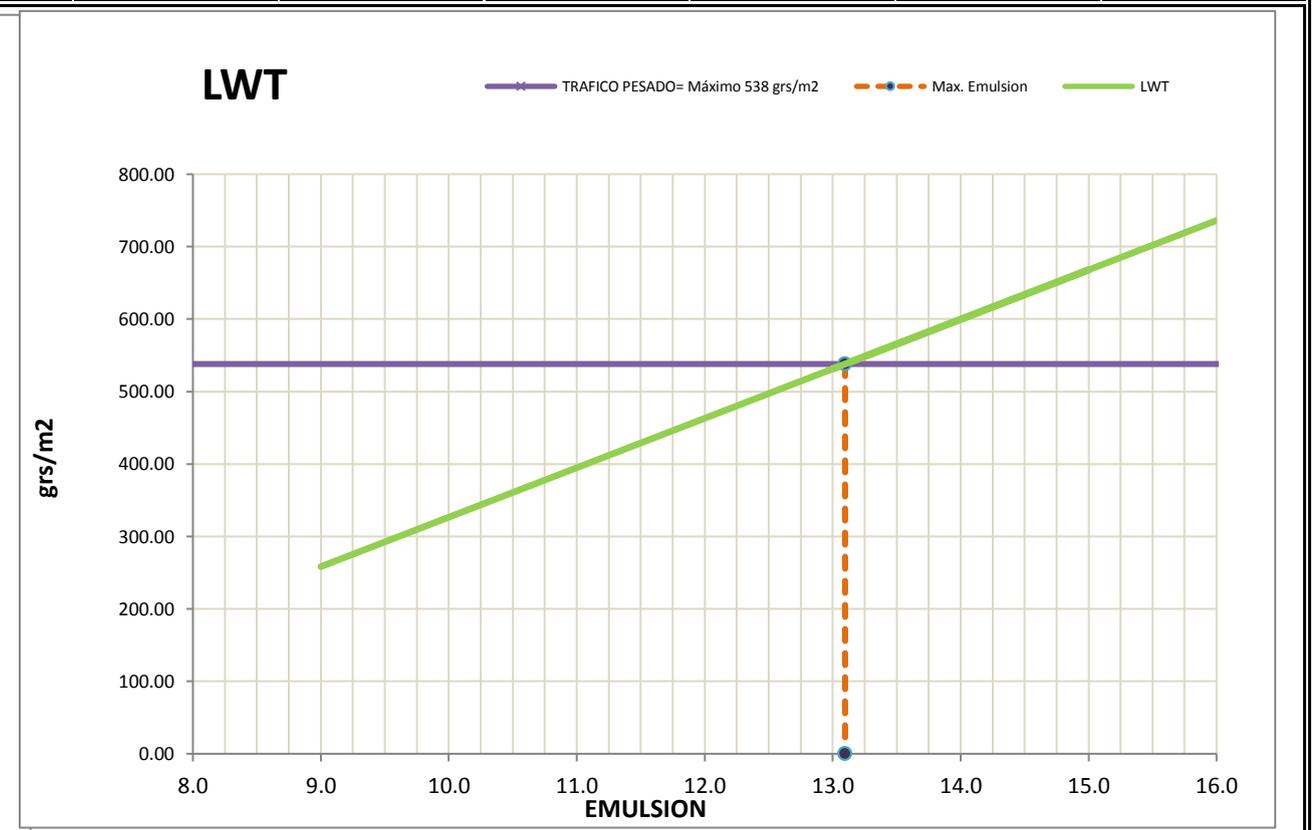
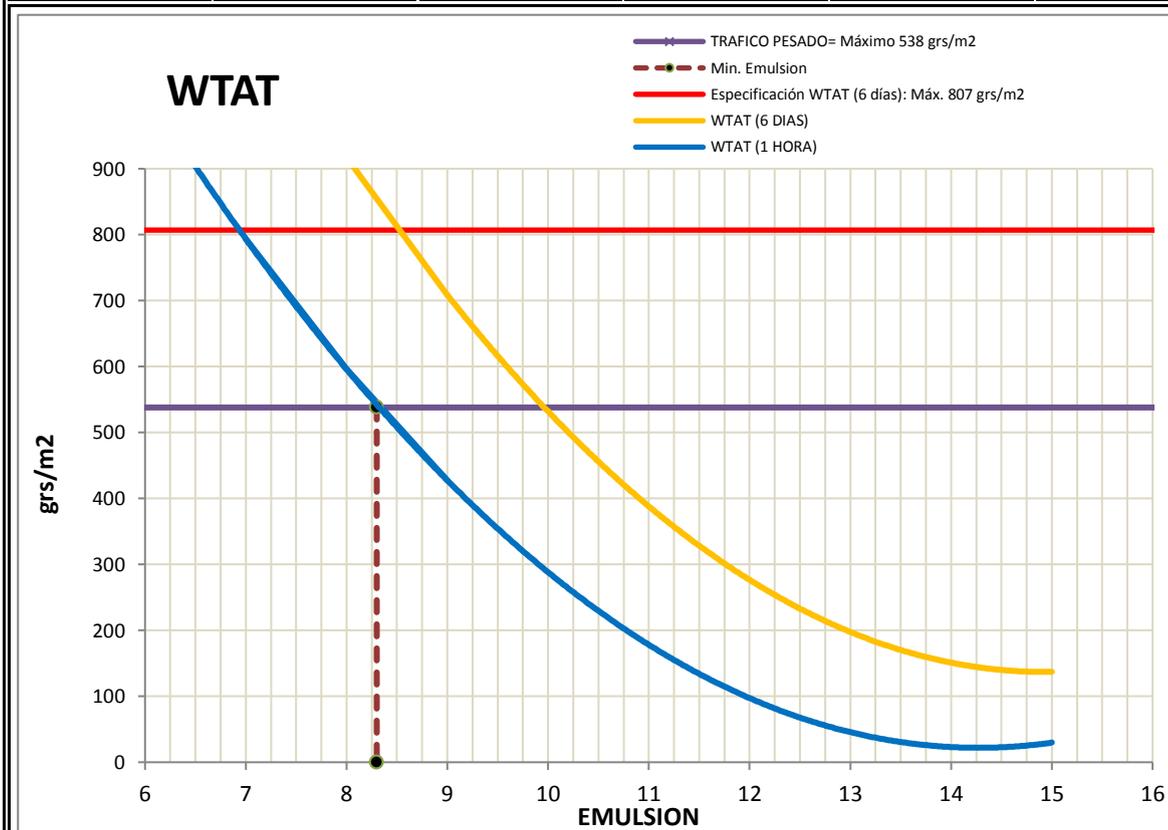
**ISSA TB-100: CALCULO DEL % MÍNIMO
DE EMULSIÓN DE DISEÑO.
ISSA TB-109: CALCULO DEL %
MÁXIMO DE EMULSIÓN DE DISEÑO.**

ISSA TB-100 (WTAT): Método de Prueba para la Abrasión en Húmedo de Superficies de Lechada Asfáltica: Calculo del % Mínimo de Emulsión de Diseño.
 ISSA TB-109 (LWT): Método de prueba para la medición del exceso de emulsion en la mezclas del miropavimento por el uso del probador de Rueda Cargada y Adhesión de Arena: Calculo del % Máximo de Emulsión de Diseño.

FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp	FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA:	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

Calculo % Mínimo y Máximo de Emulsión de diseño

% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	ESPECIMENES WTAT (1 HORA)		ESPECIMENES LWT		PERDIDA grs		PERDIDA grs/m2		Factor multiplicador	
		PESO INICIAL	PESO FINAL	PESO INICIAL	PESO FINAL	WTAT	LWT	WTAT	LWT	WTAT	LWT
9.0	5.67	2410.80	2397.60	739.70	743.40	13.20	3.70	434.28	273.06	32.90	73.80
11.0	6.93	2176.60	2171.80	713.10	718.05	4.80	4.95	157.92	365.31		
13.0	8.19	2314.00	2312.00	659.50	666.90	2.00	7.40	65.80	546.13		
15.0	9.45	2340.60	2339.90			0.70		23.03			



% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	ESPECIMENES WTAT (6 DIAS)		PERDIDA grs		PERDIDA grs/m2		Factor multiplicador		TENDENCIA	
		PESO INICIAL	PESO FINAL	WTAT (6 DIAS)		WTAT (6 DIAS)		WTAT (6 DIAS)	PUNTOS	VALOR	
9.0	5.67	2219.10	2197.10	22.00		723.80		32.90	7	1158.89	
11.0	6.93	2384.70	2374.30	10.40		342.16			8	917.44	
13.0	8.19	2363.10	2355.70	7.40		243.46			9	708.47	
15.0	9.45	2345.60	2341.90	3.70		121.73					

Elaboró: _____

**GRAFICA ISSA TB-100 (WTAT) VRS ISSA TB-109
(LWT): CALCULO DEL % OPTIMO DE EMULSIÓN DE
DISEÑO.**

ISSA TB-100 (WTAT) vs ISSA TB-109 (LWT): Calculo del % Optimo de Emulsión de Diseño.

FECHA DE REPORTE :

PROYECTO:

TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp

FECHA DE ENSAYO:

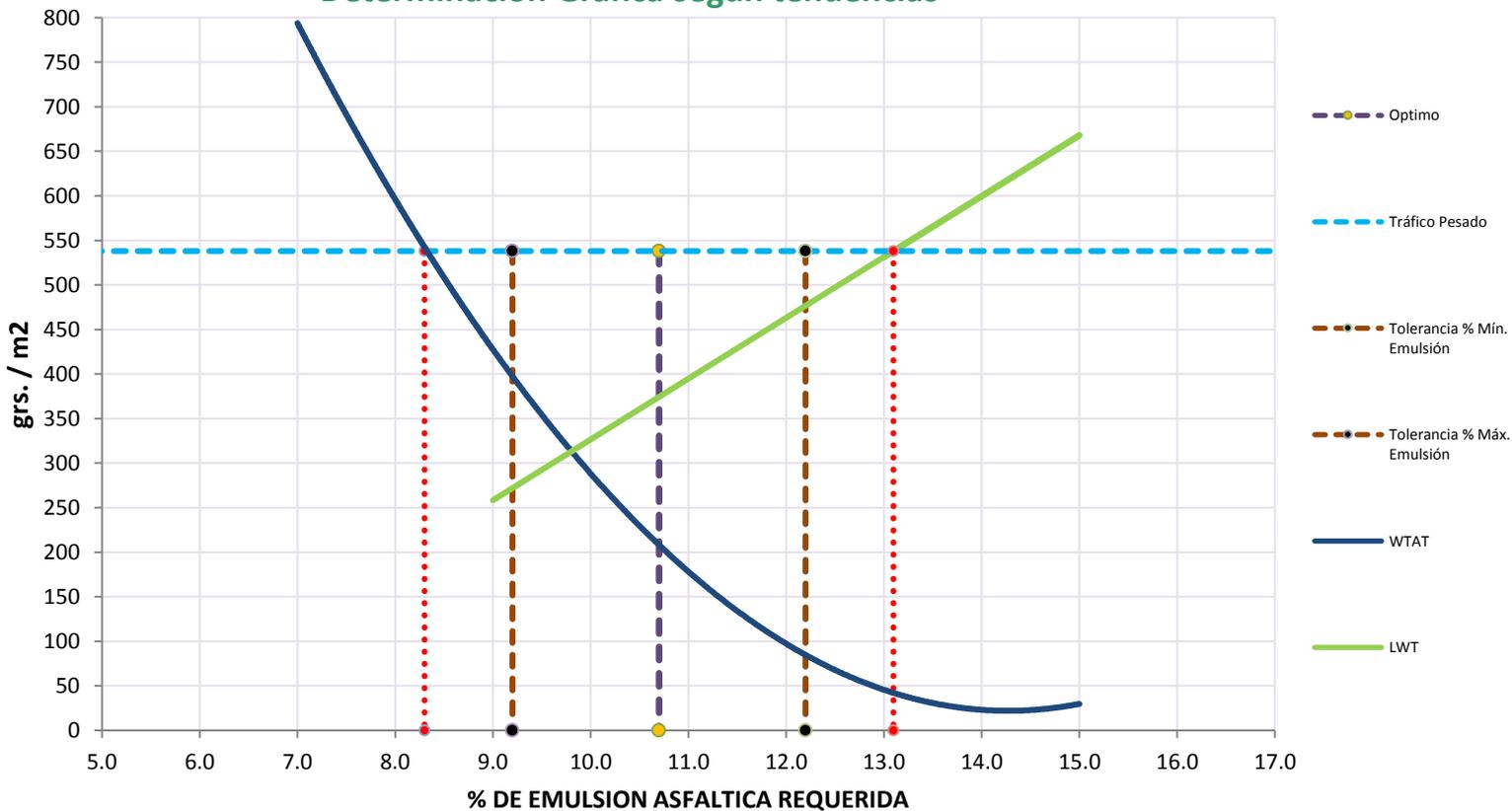
LABORATORISTA:

MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

DETERMINACION GRAFICA DEL % OPTIMO DE EMULSION ASFALTICA SEGÚN TENDENCIAS

WTAT		LWT		Líneas Auxiliares			
PUNTOS	VALOR	PUNTOS	VALOR	Línea de Trafico Pesado		% Optimo de Emulsión	
7	793.69	13	531.37	0	538	10.7	538
8	596.00	14	599.63	17	538	10.7	0
9	427.50	15	667.90	Eje de % mínimo		Eje de % máximo	
Especificación WTAT		Línea de Especificación WTAT (6 DIAS)		8.30	538	13.10	538
1 hora	538 grs/m2	0	807	8.30	0	13.10	0
6 días	807 grs/m2	17	807	Tolerancia % Máx. Emulsión		Tolerancia % Mín. Emulsión	
				12.2	538	9.2	538
				12.2	0	9.2	0

Determinación Gráfica según tendencias



% Mín. Emulsión (WTAT)	8.30	TOLERANCIAS	
% Máx. Emulsión (LWT)	13.10	% Mín. Emulsión	9.2
% OPTIMO DE EMULSION:	10.7	% Máx. Emulsión	12.2

Elaboró: _____

ISSA TB-147: MEDICIÓN DE LA ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPACTACIÓN, VERTICAL Y LATERAL DESPLAZAMIENTO DE MEZCLAS DE AGREGADO FINO EN FRIO MULTICAPA: CALCULO DE LOS RANGOS ACEPTABLES DE COMPACTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE MEZCLA.

ISSA TB-147: MEDICIÓN DE LA ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPACTACIÓN, VERTICAL Y LATERAL DESPLAZAMIENTO DE MEZCLAS DE AGREGADO FINO EN FRIO MULTICAPA: CALCULO DE LOS RANGOS ACEPTABLES DE COMPACTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE MEZCLA.

FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp	FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA:	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III

ISSA TB-147: MEDICION DE LA ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPACTACION, VERTICAL Y LATERAL DESPLAZAMIENTO DE MEZCLAS DE AGREGADO FINO EN FRIO MULTICAPA.

% DE EMULSION	% DE RESIDUO ASFALTICO	ESPESOR NOMINAL DEL MOLDE (mm)	PESO NOMINAL DE LA PLACA (grs)	N° DE CICLOS "LWT" DE COMPACTACION	TEMPERATURA DE COMPACTACION	ESPECIMENES LWT			
						PESO INICIAL	VOLUMEN INICIAL DEL ESPECIMEN (cm3)	PESO DESPUES DEL CICLO DE COMPACTACION	DIFERENCIA DE PESO (grs)
9.0	5.67	13.00	200.30	1000	22°C (+ ó - 2°C)	709.90	270.25	712.80	2.90
11.0	6.93		198.30			703.50	263.97	707.10	3.60
13.0	8.19		190.05			665.40	260.98	668.50	3.10

% DE EMULSION	Gravedad Especifica			CALCULO DEL DESPLAZAMIENTO LATERAL Y VERTICAL					
	INICIAL	VOLUMEN FINAL DEL ESPECIMEN (cm3)	DESPUES DEL CICLO DE COMPACTACION	ANCHO INICIAL (mm)(Promedio)	ANCHO FINAL (mm)(Promedio)	% DE DESPLAZAMIENTO LATERAL	ESPESOR INICIAL (mm)(Promedio)	AHUELLAMIENTO (mm)(Promedio)	% DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL
9.0	1.886	255.88	2.003	51.70	53.42	3.33	14.70	1.23	8.37
11.0	1.914	244.17	2.084	51.73	54.28	4.93	14.35	1.70	11.85
13.0	1.821	244.24	1.959	51.72	53.45	3.34	14.19	1.34	9.44

CALCULO DEL DESEMPEÑO TEORICO DEL SISTEMA DE MICROSURFACING OPTIMO DE MEZCLA, SEGÚN ESPECIFICACIONES ISSA A-143, SECCION 5.2: DISEÑO DE MEZCLA, PRUEBA ISSA TB-147.

% Optimo de Emulsión según Gráfica: WTAT Vrs LWT	10.7	% de Residuo asfáltico:	6.74	% de Filler	1.00	% de Aditivo	0
--	-------------	-------------------------	------	-------------	------	--------------	---

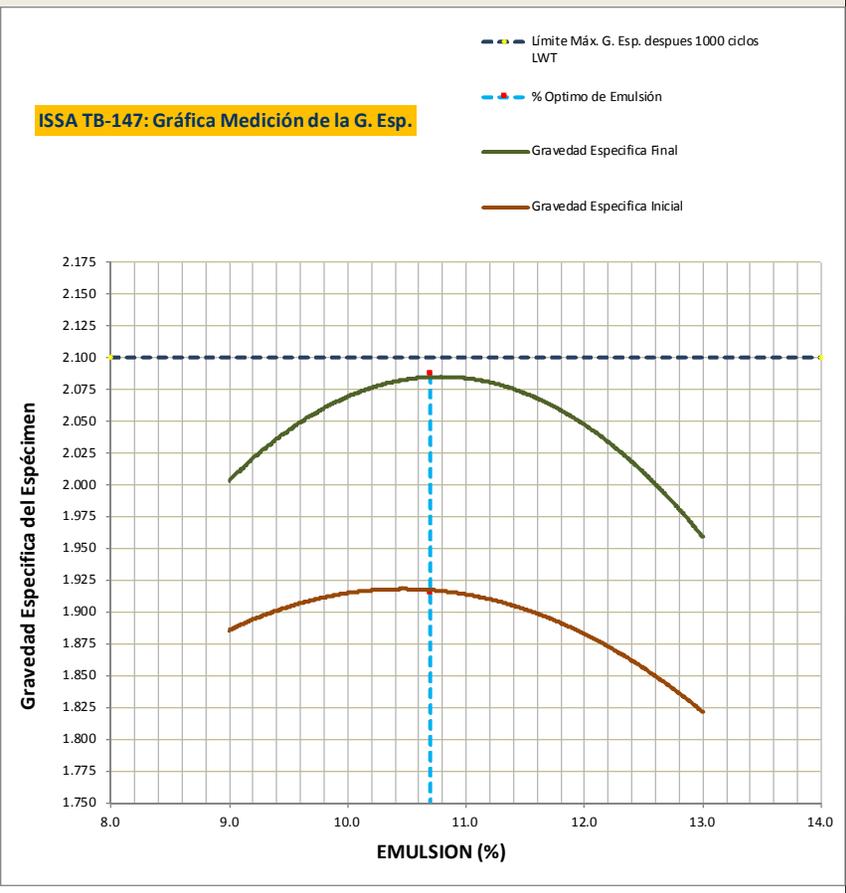
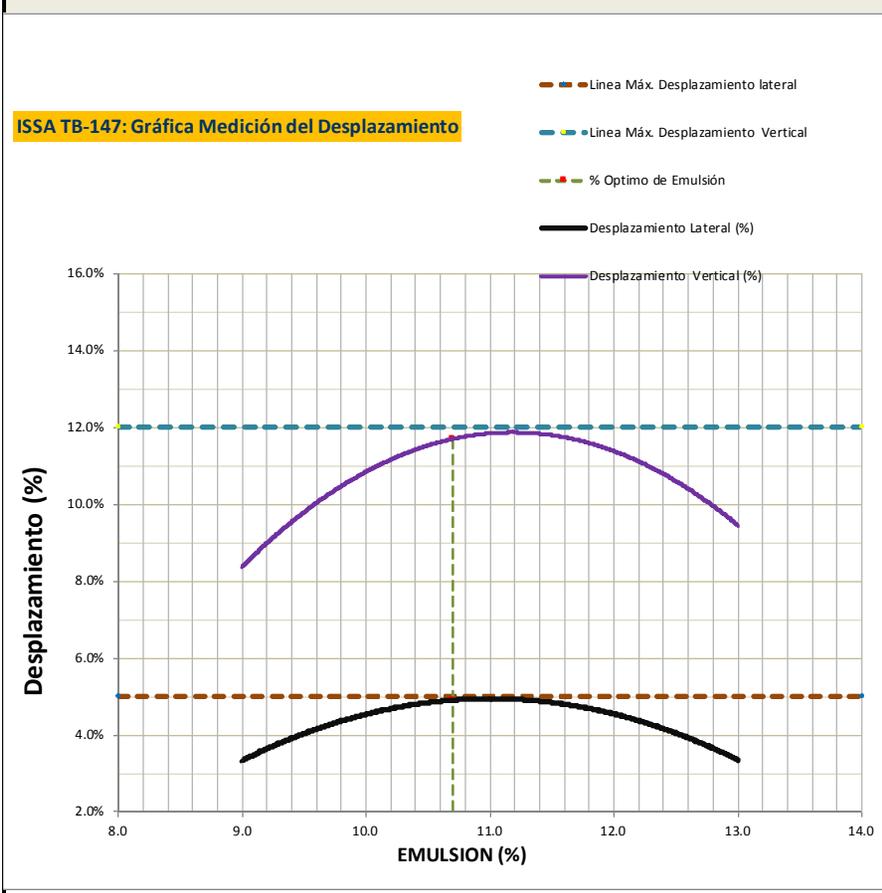
LÍNEAS DE TOLERANCIA MÁXIMA ESPECIFICADA PARA EL DESPLAZAMIENTO

LÍNEAS DE TOLERANCIA MÁXIMA ESPECIFICADA PARA EL DESPLAZAMIENTO				Línea de Valores de Desplazamiento % Optimo de Emulsión (según Gráfica WTAT Vrs LWT)					
Máx. Desplazamiento Lateral:	5%	Máx. Desplazamiento Vertical:	12%	Desplazamiento Lateral del % Optimo.	Desplazamiento Vertical del % Optimo.	Línea punto de Intersección Gráfico Desplazamiento Vertical del % Optimo.		Línea punto de Intersección Gráfico Desplazamiento Lateral del % Optimo.	
8	5	8	12	4.89	11.71	10.7	0	10.7	0
14	5	14	12	ok!	ok!	10.7	11.71	10.7	4.89

Elaboró: _____

**ISSA TB-147: MEDICIÓN DE LA ESTABILIDAD Y RESISTENCIA A LA COMPACTACIÓN, VERTICAL Y LATERAL
DESPLAZAMIENTO DE MEZCLAS DE AGREGADO FINO EN FRIO MULTICAPA: CALCULO DE LOS RANGOS
ACEPTABLES DE COMPACTACIÓN Y DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE MEZCLA.**

FECHA DE REPORTE :	PROYECTO:
TIPO DE MATERIAL: Agregado: Tipo III ; Bitumen: Emulsión Asfáltica CQS-1hp	FECHA DE ENSAYO:
LABORATORISTA:	MUESTRA PARA: Tratamiento Superficial Bituminoso: MicroSurfacing Tipo III



Elaboró: _____