



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**METODOLOGÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO
ASFÁLTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL
PROYECTO M-30-2009**

Ismael Tahuite Arana
Asesorado por Ing. Civil Mario Aurelio Meléndez Moreira

Guatemala, febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**METODOLOGÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO
ASFÁLTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL
PROYECTO M-30-2009**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ISMAEL TAHUITE ARANA

ASESORADO POR EL ING. CIVIL MARIO AURELIO MELÉNDEZ MOREIRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Lionel Barillas Romillo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

METODOLOGÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO ASFÁLTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL PROYECTO M-30-2009

Tema que me fue asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 09 de julio de 2009.



ISMAEL TAHUITE ARANA

Guatemala 03 de Noviembre de 2010.

Ingeniero Civil
José Gabriel Ordoñez Morales
Coordinador Área de Materiales
Y Construcciones Civiles
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estimado ingeniero Ordoñez:

En mi calidad de Asesor le informo que he revisado el trabajo de graduación titulado METODOLOGIA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO ASFALTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL PROYECTO M-30-2009, realizado por el estudiante Ismael Tahuite Arana, quien conto con la asesoría de su servidor.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Tahuite Arana, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente:

Ing. Mario Aurelio Meléndez Moreira
Ingeniero Civil
Colegiado No. 3.132



Ing. Civil Mario Aurelio Meléndez Moreira.
Colegiado No. 3132
Asesor.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
10 de noviembre de 2010

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos
Guatemala

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **METODOLOGÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO ASFALTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL PROYECTO M-30-2009**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ismael Tahuite Arana, quien contó con la asesoría del Ing. Mario Aurelio Meléndez Moreira.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Tahuite Arana, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

José Gabriel Ordóñez Morales
Asesor y

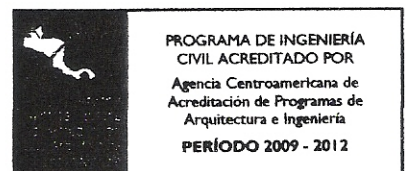
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Mario Aurelio Meléndez Moreira y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. José Gabriel Ordóñez Morales, al trabajo de graduación del estudiante Ismael Tahuite Arana, titulado METODOLOGIA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO ASFÁLTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL PROYECTO M-30-2009, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, febrero de 2011

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

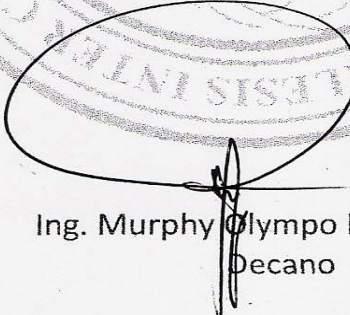


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 048.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **METODOLOGÍA, DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN MORTERO ASFÁLTICO MODIFICADO (Microsurfacing) PARA EL PROYECTO M-30-2009**, presentado por el estudiante universitario **Ismael Tahuite Arana**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 14 de febrero de 2011

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por guiarme, darme la sabiduría necesaria y ser mi mayor apoyo.
Mis padres	Por ser mi mayor ejemplo y por depositar su confianza en mí.
Ing. Civil Mario Meléndez	Por su asesoría a este trabajo, paciencia y tiempo brindado al desarrollo del mismo.
Ing. Civil Sergio Gómez	Por su colaboración en la elaboración de este trabajo.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de formación profesional.

ACTO QUE DEDICO A:

- Mi madre** Por estar siempre pendiente de mí y por todo el apoyo brindado.
- Mi padre** A su memoria, por inculcarme el deseo de superación durante todo el tiempo que estuviste conmigo.
- Mis hermanas** Por estar siempre a mi lado y ser una inspiración para mí.
- Mis amigos** Porque todos forman parte importante en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES DEL BANCO	1
1.1 Localización	1
1.2 Descripción del banco	2
2. GENERALIDADES DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS	3
2.1 Definición	3
2.2 Componentes de un mortero asfáltico	4
2.2.1 Emulsión asfáltica	4
2.2.2 Agregado pétreo	10
2.2.3 Cemento hidráulico	12
2.2.4 Látex	13
2.3 Tipos de mortero asfáltico	14
2.3.1 Mortero asfáltico (<i>Slurry Seal</i>)	14
2.3.2 Mortero asfáltico modificado (<i>Microsurfacing</i>)	14

2.4	Normas aplicables a los morteros asfálticos	16
2.4.1	Normas nacionales	16
2.4.2	Normas internacionales (ISSA y otras)	16
3.	EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS	19
3.1	Componentes del mortero asfáltico	19
3.1.1	Emulsión asfáltica	19
3.1.1.1	Residual por destilación o evaporación	19
3.1.1.2	Penetración al residual asfáltico	24
3.1.2	Agregado pétreo	30
3.1.2.1	Equivalente de arena	30
3.1.2.2	Desintegración a la abrasión	35
3.1.2.3	Graduación	39
3.1.3	Agregado mineral (cemento)	42
3.1.4	Agua	42
3.1.5	Aditivos	43
3.2	Diseño de mezcla para mortero asfáltico tipo <i>microsurfacing</i>	44
3.2.1	Consistencia	44
3.2.2	Cohesión	46
3.2.3	Exceso de asfalto	51
3.2.4	<i>Stripping</i>	57
3.2.5	Abrasión en húmedo	59
3.2.6	Tiempo de mezclado	64
4.	CONTROL DE CALIDAD EN APLICACIÓN DE MOCROSURFACING EN TRAMO DE LA RED VIAL PAVIMENTADA DE GUATEMALA 2009 PROYECTO M-30 UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE JUTIAPA	69

4.1	Control en la máquina aplicadora	69
4.1.1	Calibración de los componentes	69
4.1.2	Inspección de la caja aplicadora	73
4.2	Control en la aplicación	75
4.2.1	Inspección previa de la superficie a aplicar	75
4.2.2	Nivelación y alineamiento	80
4.2.3	Ensayo de consistencia del mortero asfáltico según ISSA	84
4.2.4	Juntas transversales y longitudinales	85
4.2.5	Reparaciones aceptables	93
4.2.6	Control de las cantidades ejecutadas en la jornada	96
4.2.7	Cartilla de errores frecuentes en la aplicación	98
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA	107
	ANEXOS	109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Foto aérea localización del banco	1
2	Caja aplicadora	74
3	Limpieza previa de la carpeta existente	76
4	Grieta existente a reparar	77
5	Trabajo previo de bacheo	79
6	Alineamiento longitudinal en tangente	81
7	Alineamiento longitudinal en curva	81
8	Línea de borde y alineamiento longitudinal no aceptable	83
9	Condiciones de humedad no aptas para la aplicación	84
10	Limpieza de la caja y extracción de la mezcla fría	86
11	Limpieza y preparación de la junta transversal a tope	87
12	Junta transversal a tope hecha de manera correcta	88
13	Junta transversal a tope terminada	89
14	Junta longitudinal hecha de manera correcta	91
15	Reparación de carpeta por medio de baches	94

16	Reparación por medio de bache de junta longitudinal	95
17	Reparación de junta longitudinal	96
18	Medición de ancho de carpeta ejecutada	97
19	Medición de longitud de carpeta ejecutada	97

TABLAS

I	Residual por evaporación	24
II	Dimensión de recipientes para contener residual asfáltico	26
III	Condiciones de carga y tiempo de ensayo en función de la temperatura	28
IV	Penetración al residual asfáltico	29
V	Equivalente de arena	34
VI	Esferas de carga en función del tipo de prueba para ensayo en máquina de los ángeles	36
VII	Desintegración por abrasión	38
VIII	Graduación (tabla + curva granulométrica)	41

IX	Consistencia	46
X	Cohesión	51
XI	Exceso de asfalto	56
XII	<i>Stripping</i>	59
XIII	Abrasión en húmedo	64
XIV	Tiempo de mezclado	68
XV	Mala junta longitudinal	98
XVI	Mala alineación	99
XVII	Zonas sin mezcla	99
XVIII	Tráfico temprano	100
XIX	Excesiva humedad	100
XX	Marcas superficiales	101

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetro
Cm²	Centímetro cuadrado
cSt	<i>Centistokes</i> indica viscosidad cinemática (100cSt=1cm ² /s)
Cpm	Ciclos por minuto
°C	Grado centígrado
g	Gramos
HP	<i>Horse Power</i> , caballos de potencia
XX°	Indica grados
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
kPa	Kilopascal, unidad de presión

±	Más – menos, significa tolerancia
m²	Metro cuadrado
ml	Mililitro
mm	Milímetro
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
RPM	Revoluciones por minuto
S	Segundo(s)

GLOSARIO

Abrasión	Es la acción mecánica de rozamiento y desgaste que produce la erosión de un material o un tejido
Agregado	Partículas de material producto de la desintegración natural o artificial de las rocas
Banco	Depósito natural de materiales en un lugar determinado
Coalescencia	Es la capacidad de la mezcla asfáltica de formar grumos
Cohesión	Es la fuerza de atracción entre moléculas que mantiene unidas las partículas de cierta sustancia o mezcla
Cribar	Se refiere en este caso a la acción de colar o tamizar un agregado
Floculante	Sustancia química que aglutina los sólidos en suspensión

Maleable	Es la propiedad de la materia que permite a los cuerpos ser labrados por deformación
Muestra	Porción extraída de un producto determinado que se utiliza y permite conocer la calidad del mismo además de ser considerado como muestra representativa
Norma	Documento reconocido como reglamento a seguir para cierto procedimiento, además de haberse concebido por consenso
pH	Potencial de hidrógeno
Probeta	Instrumento volumétrico graduado, utilizado para medir volúmenes
Segregación	Es la acción de separar las partículas de los demás contenidos de la mezcla
Tara	Recipiente que debe ser calibrado para conocer su peso y material

RESUMEN

A continuación se presenta una guía básica para el diseño y aplicación de un mortero asfáltico modificado o micropavimento, iniciando con una descripción de las características del banco del que fueron extraídos los materiales utilizados en el proyecto de mejoramiento de la red vial pavimentada (M-30-2009), asimismo se consideran las propiedades de los distintos materiales que conforman el mortero con enfoque principal en sus características químicas y físicas, ya que de ellas depende en gran medida el comportamiento final del micropavimento, sumado a esto se anotan las normas tanto nacionales como internacionales en las cuales se basa el diseño del mortero y la selección de los materiales que lo componen.

Adicionalmente, se describen las diferentes pruebas y ensayos que se realizan tanto a los materiales como a la mezcla del mortero asfáltico modificado, velando porque estas pruebas cubran los estándares mínimos, tanto en su procedimiento de ejecución, calidad de los aparatos y máquinas de ensayo, como en los resultados que de éstas se obtienen. Debido a que la vida útil de un micropavimento no depende exclusivamente de su diseño en laboratorio sino también de la preparación de la superficie, previo a ser aplicado el mortero, inspección de la maquinaria a utilizar y la selección de mano de obra calificada; se hace énfasis en el desarrollo correcto de éste proceso.

OBJETIVOS

GENERAL:

Crear un informe en el cual se recopile la información necesaria para que el estudiante, profesional de ingeniería o el lector, posea una guía básica obtenida mediante documentos bibliográficos, datos de laboratorio y experiencia en campo de la metodología para una buena aplicación de un mortero asfáltico modificado.

ESPECÍFICOS:

1. Conocer las características físicas y mecánicas del mortero asfáltico modificado del proyecto.
2. Proporcionar una plantilla de normas aplicables a la elaboración del micropavimento debido a su importancia en el diseño.
3. Dar a conocer información necesaria para el control de calidad en la aplicación de la mezcla en campo.
4. Ofrecer información técnica basada en experiencia de campo.
5. Elaborar una guía de los ensayos de laboratorio necesarios para un buen diseño de mezcla de mortero asfáltico modificado.

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se establece una guía de la metodología que se debe seguir para el diseño y aplicación de un mortero asfáltico modificado (micropavimento), con el fin de obtener una mezcla que cumpla con los requerimientos y funcionalidad deseados.

Como primer paso se establecen las generalidades del banco del cual se extraen los agregados para la producción del mismo, además se plantea las principales definiciones y características de los componentes del mortero asfáltico modificado, se desarrolla la metodología y descripción de los ensayos necesarios para el diseño y control de calidad de las características de este mortero, se describen los aspectos a supervisar para llevar a cabo un buen control de calidad al momento de la aplicación del mortero en cuestión. Esto se logró con la aplicación del mismo, en el proyecto M-30-2009 en jurisdicción del departamento de Jutiapa.

Para la elaboración del presente trabajo se utilizó información tanto bibliográfica, como información extraída a través de ensayos de laboratorio e información obtenida en la aplicación en campo del mortero, además de esto se utilizaron normas en su mayoría internacionales, las cuales rigen estos procedimientos.

1. GENERALIDADES DEL BANCO

1.1 Localización

El banco se localiza en la aldea El Amatón, municipio de Quezada, departamento de Jutiapa, aproximadamente en el Km. 100.0, sobre la CA-01-Oriente. La entrada a este municipio se encuentra a mano izquierda, localizándose exactamente sobre el cauce del río Ulumina.

Figura 1. Foto aérea de la localización del banco sobre la CA-1



Fuente: Google Earth

1.2 Descripción del banco

Este banco contiene agregados gruesos de canto rodado, los cuales varían en dimensiones de 1 pulgada hasta rocas incluso de 10 pulgadas, los que son extraídos de los depósitos rocosos que contiene el río Ulumina y posteriormente son triturados.

2. GENERALIDADES DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS

2.1 Definición

Es la combinación de un aglomerante y aglomerados. El aglomerante lo compone en esta ocasión el cemento asfáltico, mientras los aglomerados son los agregados pétreos, los cuales deben ir dosificados en proporciones exactas.

Esta mezcla asfáltica debe ser durable, es decir, debe ser resistente a las acciones, tales como el desprendimiento de la película de asfalto del agregado por efectos del agua, abrasión del tránsito, etc. Debe ser resistente a las sollicitaciones y esfuerzos producidos por el tránsito a través de su estabilidad. Una mezcla o mortero asfáltico debe ser impermeable para que sus componentes no estén bajo la acción directa de los agentes atmosféricos y debe ser trabajable para su fácil colocación y compactación en terreno. Según las propiedades y el espesor de la capa de mortero asfáltico a aplicar, se considera que aportan capacidad estructural al pavimento.

2.2 Componentes de un mortero asfáltico

2.2.1 Emulsión asfáltica

Una emulsión asfáltica es la dispersión de pequeñas partículas de asfalto dentro de otro líquido, que lo mantenga en condiciones estables.

Las emulsiones pueden ser formadas por dos líquidos cualesquiera no miscibles, pero en la mayoría una de las fases es agua. Emulsiones aceite en agua (O/W) son aquellas en las cuales la fase continua es agua y la fase dispersa (partículas) es un aceite o líquido insoluble. Las emulsiones asfálticas son normalmente del tipo O/W.

Manufactura de emulsiones asfálticas:

Las emulsiones asfálticas son usualmente producidas a través de un molino coloidal, sin embargo otros equipos de dispersión son posibles. En el molino coloidal la energía es aplicada al sistema pasando la mezcla del asfalto caliente y la fase acuosa entre un disco giratorio, conocido como rotor y un estator fijo. El rotor, así como el estator, pueden estar ranurados o dentados con la finalidad de crear flujo con turbulencia.

Las emulsiones asfálticas pueden ser producidas ya sea en plantas tipo “*batch*” (discontinuas), o bien en procesos en línea. El proceso *batch* envuelve en sí dos procedimientos, la preparación de la fase acuosa llamada solución jabonosa y la producción de emulsión. La fase acuosa es preparada en un tanque en el cual es calentada, la adición de emulsificantes y otros químicos que son dispersados apropiada y homogéneamente.

En el proceso de producción, el asfalto y la solución jabonosa preparada previamente son dosificadas hacia el molino coloidal, si es necesario adicionar un solvente se necesita otro tanque para la preparación del asfalto o el solvente se dosifica en línea.

La producción de emulsión en una planta *batch* o por lote, envuelve solamente pocos flujos de materiales, lo cual permite un control manual del proceso.

En el proceso en línea el agua se calienta y todos los materiales son dosificados continuamente usando bombas para cada material, la fase acuosa deberá estar diseñada y proveer suficiente tiempo de reacción para que los químicos logren una adecuada estabilización y la solución jabonosa se prepare antes de que se encuentre con el asfalto. El proceso debe de estar controlado automáticamente usando medidores de flujo para todos los materiales excepto el ácido, el cual deberá ser controlado de acuerdo al pH en la fase acuosa.

Varios aditivos especiales con polímeros SBR, SBS o aditivos de adherencia asfáltica pueden ser usados requiriendo componentes especiales y adaptaciones técnicas. Los asfaltos modificados usualmente necesitan que la emulsión sea producida sobre el punto de ebullición lo cual requiere producción bajo sistemas de presurización y enfriamiento antes de liberarlos a la presión atmosférica en el tanque de almacenamiento. En las plantas en línea el enfriamiento de las emulsiones puede ser efectuado por la transferencia de calor del agua en proceso durante la producción, mientras que en plantas tipo batch el agua calentada deberá ser almacenada para el próximo lote o batch. En plantas simples los flujos de materiales pueden ser calculados por medición de temperatura, pero los medidores de flujo permiten más precisión en la dosificación de materiales.

Proceso de emulsificación: La emulsificación consiste en la separación o corte del asfalto en pequeñas partículas. Este proceso se opone a la cohesión interna y a la viscosidad del asfalto, así como a la tensión superficial la cual se resiste a la creación de una nueva fase intermedia. Las partículas también tendrán tendencia a reunirse nuevamente (coalescer). Para lograr en la emulsión un tamaño de partícula pequeño, es necesario no solamente aplicar energía mecánica de la manera correcta, en orden de crear partículas menores sino también, prevenir su coalescencia una vez formada.

El tamaño de partícula de la emulsión resultante está relacionado a la velocidad del rotor del molino coloidal, la abertura entre el rotor y estator, el tiempo de permanencia en el molino coloidal, la concentración y tipo de emulsificante y la temperatura de emulsificación. Normalmente en la práctica se usa la temperatura más alta para preparar la emulsión con el fin de reducir la viscosidad del asfalto. El asfalto es calentado entre 110-160 °C hasta alcanzar una viscosidad entre 500 cSt o menos para poder ser bombeado al molino coloidal. La fase acuosa también es calentada entre 30-70 °C para disolver el emulsificante y alcanzar la temperatura requerida de emulsificación, para luego mezclarse con el asfalto.

En molinos coloidales no presurizados esta temperatura está limitada a 100 °C, pero en modernos equipos presurizados puede alcanzar 120°C ó aun mayor. Para una emulsión de buena calidad la fase asfáltica deberá tener menos de 10,000 cSt a la temperatura de emulsificación, lo cual significa que sistemas presurizados son preferidos para asfaltos modificados con polímeros en alta concentración.

Función de los emulsificantes: En emulsiones las fases de los líquidos es llamada interface o fase intermedia, el área de ésta es incrementada de manera importante. Un litro de emulsión asfáltica puede tener un área interfacial de 500 mz. Toma energía el crear esta interface, pero esta energía puede ser reducida por la adsorción de los emulsificantes.

La selección del emulsificante afecta el tamaño de partícula obtenido, de tal manera que a más alta concentración de emulsificante un tamaño menor de partículas.

Una vez que las partículas están formadas ellas se deberán de estabilizar y evitar coalescer dentro y después de la salida del molino coloidal. La coalescencia puede ocurrir cuando las partículas se aglomeran entre sí. El emulsificante adsorbido en la superficie de las partículas provee una repulsión eléctrica o estérica como barrera de energía entre las partículas lo cual previene una aproximación cercana. Aun así esta barrera de energía es vencida y las partículas floculan entre sí produciendo grumos, por lo tanto el revestimiento o capa de emulsificante en la superficie de las partículas puede inhibir la coalescencia. La floculación y coalescencia pueden resultar del asentamiento, corte, ebullición o congelamiento de las emulsiones, la floculación y coalescencia pueden también iniciarse por contacto con minerales y se encuentran en eventuales etapas importantes del rompimiento y curado de las emulsiones.

Proceso de ruptura: La velocidad de ruptura y el proceso de curado dependen de la reactividad de la emulsión, la reactividad del agregado y de condiciones ambientales como la temperatura y la humedad además de clasificarse de acuerdo a su reactividad.

Las emulsiones de ruptura rápida, rompen y curan rápido con agregados limpios de baja área superficial como los agregados usados en tratamientos superficiales. Las emulsiones de rompimiento medio, rompen y curan con menos actividad y pueden ser mezclados con agregados de baja área superficial como aquellos usados en mezclas abiertas. Las emulsiones de rompimiento lento se mezclarán con agregados de alta área superficial.

Todos los aspectos de la formulación de emulsiones pueden afectar su clasificación incluyendo el tipo de emulsificante y su concentración, selección y concentración de ácidos o bases usados para ajustar el pH además del grado y fuente del asfalto utilizado.

Adsorción del emulsificante en la superficie del agregado: Emulsificantes libres se adsorben rápidamente, éste tal vez es extraído de la interface asfalto-agua mucho más lentamente, remover la reserva del emulsificante estabilizado hace que la emulsión tienda a coalescer, pero el efecto es para reducir o quizás revertir la carga superficial en el agregado, lo cual puede retardar el tiempo de ruptura.

Movimiento de partículas de la emulsión hacia la superficie del agregado: Las partículas del asfalto en la emulsión tienen una pequeña carga que las mueve hacia la superficie del agregado con carga opuesta (electroforesis). La concentración en la superficie hace que las partículas se acerquen llevándolas a la floculación y coalescencia esparciéndolas sobre la superficie.

Cambios en el pH: Algunos agregados como las calizas o finos minerales como la cal o el cemento pueden neutralizar el ácido de una emulsión catiónica causando que el pH aumente y pierda estabilidad. En otros casos el agregado puede adsorber iones de hidrógeno provocando que haya menos aumento en el pH, pero suficiente para desestabilizar la emulsión. Algunos agregados solubles como la piedra caliza pueden proveer iones de calcio o magnesio a la solución lo cual tiende a neutralizar la carga en emulsiones aniónicas.

Evaporación de agua: Como el agua es eliminada del sistema por evaporación, las partículas son concentradas formando coalescencia. La evaporación puede ser el principal mecanismo de ruptura en las emulsiones de rompimiento muy lento.

2.2.2 Agregado pétreo

Es todo material inerte derivado de la destrucción o trituración ya sea natural o artificial de las rocas.

También se les conoce como materiales minerales, y son aquellas sustancias minerales que se encuentran en la naturaleza en forma de cuerpos duros, sin brillo metálico, más pesados que el agua y menos que los metales.

Clasificación por su origen: Se dividen en Agregados Naturales y Agregados Artificiales.

Agregados Naturales: Son extraídos de bancos que se forman en los recodos de los ríos, formados por sedimentación al disminuir la velocidad de la corriente, y los que se obtienen de depósitos residuales formados por la desintegración de las rocas.

Agregados Artificiales: Llamados también triturados o de cantera, proceden de la trituración de formaciones rocosas adecuadas de donde sea posible abrir fuentes o canteras para triturar, moler y clasificar la piedra, con lo que se obtiene el material pétreo de trituración conocido también como piedrín, este es el tipo de agregado a utilizar en la elaboración del *Microsurfacing*.

Clasificación por su tamaño:

Estos se clasifican en Agregados Finos y Agregados Gruesos.

Agregados finos: Son los que pasan el tamiz de 3/8 (9.52 mm) y casi pasa enteramente el tamiz No. 4 (4.76 mm) y es retenido en el tamiz No. 200 (0.075 mm). Se le llama comúnmente arena y esta a su vez puede ser gruesa, media o fina.

Agregados gruesos: Son los que quedan retenidos en el tamiz No. 4 (4.76 mm) y pasan el tamiz de 4" (10 cm). Comprenden las gravas, pedrín y granza.

Clasificación por su forma:

Divididos en Canto Rodado y Canto triturado.

Canto rodado: De esta forma son los obtenidos y extraídos de ríos, tienen la forma redonda, la composición mineralógica de sus partículas no es uniforme.

Canto triturado: Son obtenidos por trituración de piedra de cantera, la composición mineralógica de sus partículas generalmente es uniforme, sin embargo tiene la desventaja de que su costo de explotación y extracción es más alto que el de canto rodado.

Este tipo de agregado es el utilizado en la elaboración del *Microsurfacing*, debido a que por el tipo de explotación sufrido adquiere formas en sus aristas que facilitan la adherencia.

2.2.3 Cemento hidráulico

El cemento es un conglomerante hidráulico, esto es, productos que mezclados con agua forman pastas que fraguan y endurecen, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables, tanto en el aire, como bajo agua. La clasificación de un cemento puede realizarse en función de:

- La naturaleza de sus componentes
- Su categoría resistente
- Por sus características especiales, si se da el caso

Cemento hidráulico: también puede definirse como un conglomerante hidráulico que, mezclado con agregados pétreos y agua, crea una mezcla uniforme, maleable y plástica que fragua y se endurece al reaccionar con el agua, adquiriendo consistencia pétreo, denominado hormigón o concreto. Otra clasificación del cemento puede establecerse en dos tipos básicos:

1. De origen arcilloso. Obtenidos a partir de arcilla y piedra caliza en proporción 1 a 4 aproximadamente
2. De origen puzolánico: la puzolana del cemento puede ser de origen orgánico o volcánico

Existen diversos tipos de cemento, diferentes por su composición, por sus propiedades de resistencia y durabilidad, y por lo tanto por sus destinos y por su uso, estos son los siguientes:

- Cemento Portland: este es el cemento más utilizado como aglomerante para la preparación de hormigón y morteros, es el tipo de cemento utilizado en la elaboración del micro pavimento y sólo es utilizado como complemento de finos en el diseño porque su dosificación está en el rango de 0.5 – 1.5 %.
- Cemento Portland Especial
- Cemento Portland Férrico
- Cementos Blancos
- Cementos de Mezclas
- Cemento Puzolánico
- Cemento Siderúrgico
- Cemento de Fraguado Rápido
- Cemento Aluminoso

2.2.4 Látex

La modificación con polímeros mejora las propiedades de los asfaltos, como la adhesión, resistencia a las fisuras por bajas temperaturas y resistencia al flujo en altas temperaturas. Mientras que los asfaltos modificados con polímeros pueden ser emulsificados, el látex es una dispersión de polímeros soluble en agua la cual es particularmente conveniente para la modificación de emulsiones. Este puede ser incorporado tanto en la solución jabonosa, como en la fase asfáltica, incluso con menor afectividad post adicionado en la emulsión. La adición en la fase acuosa generalmente ofrece mejores resultados. El látex viene en forma catiónica, aniónica o no-iónica, lo cual es muy importante ya que el tipo de látex debe ser compatible con la emulsión.

2.3 Tipos de mortero asfáltico

2.3.1 Mortero asfáltico (*Slurry Seal*)

El *Slurry Seal* está compuesto por una mezcla de una emulsión asfáltica aprobada, agregado mineral o agregado pétreo, agua, y ciertos aditivos especificados, debidamente dosificados, mezclados y uniformemente aplicado sobre la superficie debidamente preparada. El mortero asfáltico *Slurry Seal* terminado deberá dejar una textura y superficie homogénea, adherido firmemente a la superficie previamente preparada, y tener una superficie resistente a deslizamientos durante su tiempo de vida útil.

2.3.2 Mortero asfáltico modificado o micropavimento (*microsurfacing*)

El *microsurfacing* es una mezcla de una emulsión asfáltica modificada con polímero, agregado mineral o agregado pétreo, agua, aditivos, debidamente dosificados, mezclados y esparcidos sobre la superficie de pavimento debidamente preparada y debidamente limpia.

La mezcla debe ser capaz de ser esparcida en secciones variables de la carretera (cuñas, surcos, cursos cercanos a las aceras y otras superficies) y que después del curado y de iniciada la consolidación producida por el tráfico, es resistente a la compactación durante todo el intervalo de tiempo para el que fue diseñado dentro de los rangos de tolerancia que dependen del contenido de bitumen y del espesor aplicado. El producto final debe mantener una superficie adecuada que evite los deslizamientos en cada una de sus secciones durante el tiempo de vida útil para el que fue diseñado dicho *microsurfacing*.

Este tipo de mezcla es utilizada para sistemas de tráfico rápido, lo que significa que debe ser capaz de aceptar tráfico después de un corto período de tiempo. El período de tiempo que debe esperarse para abrir el tráfico nuevamente es diferente en cada aplicación, por lo que cada una debe ser evaluada individualmente para obtener resultados basados en la experimentación.

Normalmente estos tipos de pavimentos son forzados a permitir que el tráfico ruede sobre ellos en una sección de media pulgada (1/2" ó 12.7 cm) y luego de una hora de haber sido aplicado a una temperatura de 24°C y con un porcentaje de humedad del 50 por ciento o menor.

2.4 Normas aplicables a los morteros asfálticos

2.4.1 Normas nacionales

COGUANOR NGO 41001: Cemento portland puzolánico tipo IP.

2.4.2 Normas internacionales (ISSA y otras)

Las normas internacionales aplicables a morteros asfálticos en este caso específicamente a los Micropavimentos, están comprendidas por las normas ISSA, ASSHTO y las ASTM, las cuales se mencionan a continuación:

ASSHTO T27 y ASTM C136: Granulometría de agregados

ASTM CI 157: Cemento Portland Puzolánico tipo GU-28

AASHTO T59 y ASTM D 244, ASTM D 6997: Residual por destilación

ASTM D 6934: Residual por evaporación

AASHTO T53 y ASTM D 36: Punto de ablandamiento

AASHTO T49 y ASTM 2397: Penetración

AASHTO T40 y ASTM D140: Material bituminoso

ASTM 2170: Viscosidad cinemática

ASSHTO T176 y ASTM D 2419: Equivalente de arena

ASSHTO T104 y ASTM C88: Dureza

ASSHTO T96 y ASTM C 131: Abrasión

AASHTO T27 y ASTM C 136: Graduación o Granulometría

ISSA TB-139: Cohesión

ISSA TB-109: Exceso de asfalto

ISSA TB-114: Wet Stripping

ISSA TB-100: Abrasión en húmedo

ISSA TB-113: Tiempo de mezclado

3. EVALUACIÓN Y DISEÑO DE LOS MORTEROS ASFÁLTICOS

3.1 Componentes del mortero asfáltico

3.1.1 Emulsión asfáltica

3.1.1.1 Residual por destilación o evaporación

Este método de ensayo cubre cuantitativamente la cantidad de asfalto contenido en la emulsión, la cual está formada por una base asfáltica, agua y un emulsificante, en este caso utilizando una emulsión de rompimiento rápido tipo C_{ss}-1h.

Equipo:

- a. Alambique de aluminio: con medidas aproximadas de 240 mm de altura y de 95 mm de diámetro interior con una tapa y una pinza.

- b. Son necesarias además fuentes de calor y un quemador de anillo de aproximadamente 125 mm de diámetro interior, con agujeros en la periferia interior y con tres espaciadores para garantizar centrado alrededor de la hornilla.
- c. Aparatos de conexión que constan de 125 mm \pm 0.5 de vidrio o metal, un tubo de conexión, el escudo de estaño y un tubo de refrigeración.
- d. Un termómetro que cumpla con lo estipulado en la especificación E- 1, o cualquier otro dispositivo termométrico de la misma precisión.
- e. Balanza con una capacidad de 3500 g y una precisión de \pm 0.1 g.
- f. Tapones Cork (envueltos en papel aluminio), pueden ser también tapones de silicona.
- g. Tubo de goma, resistente y de tamaño adecuado para garantizar la junta de vidrio del tubo de conexión y el condensador.
- h. Tamiz con marco de 76.2 mm conforme a especificaciones E-11, y con un tamiz de tela metálica de 300 micras.

Preparación de la muestra:

Agitar los asfaltos para lograr la homogeneidad, posteriormente calentar la emulsión a 50 ± 3 °C en un contenedor con una salida para aliviar la presión, luego de alcanzar esta temperatura remover la muestra para alcanzar la homogeneidad.

Procedimiento para realizar la prueba:

- a. Pesar 200 ± 1 g de una muestra representativa de la emulsión asfáltica en la tara de aluminio previamente pesada incluyendo todas sus partes y accesorios.
- b. Ajustar la cubierta utilizando una junta o utilizando abrazaderas para un ajuste apretado.
- c. Inserte un dispositivo térmico (termómetro) a través de un corcho o tapón de silicona en uno de los agujeros de la tapa.
- d. Ajustar la temperatura del dispositivo y ajustar éste aproximadamente a 6 mm con respecto al fondo de la tara, un segundo termómetro puede ser utilizado en otro de los agujeros colocándolo aproximadamente a 165 mm con respecto al fondo, un cambio repentino en la lectura de la temperatura de la parte superior indica la presencia de espuma, momento en el cual es conveniente retirar el calor hasta que la espuma se seque.

- e. Colocar el anillo alrededor de la hornilla a unos 150 mm del fondo del alambique, aplicar calor a fuego lento, aplicar también calor suficiente con un mechero al tubo de conexión para evitar la condensación de agua en este tubo.

- f. Cuando la temperatura se pueda leer en el termómetro aproximadamente en 215 °C, mueva el anillo del quemador aproximadamente al nivel del fondo del alambique, incremente ahora la temperatura a 260 ± °C, mantener a esta temperatura por 15 minutos, la destilación se completará en un tiempo de 60 ± 15 minutos desde la primera aplicación de calor.

- g. Inmediatamente después del período de calefacción pesar de nuevo el alambique y sus accesorios, el aluminio pesa 1.5 g más a 260 °C que a temperatura ambiente, corregir esto sumando 1.5 g al peso bruto obtenido antes de calcular el porcentaje de residuo de destilación.

- h. Retire la tapa del alambique, agitar, y luego vierta porciones adecuadas de los residuos en un recipiente adecuado para hacer las pruebas exigidas, si existen grumos o cuerpos extraños en el residuo entonces cribar por un tamiz de 300 micras y luego véterlo en el recipiente o moldes.

Cálculo:

Calcular el porcentaje de residuo de la forma siguiente:

$$\text{Residuo \%} = ((B-A)/C) * 100$$

A= Peso inicial de la muestra más el alambique

B= Peso de la muestra más el alambique luego del ensayo, sumar
1.5 g del aluminio a 260 °C

C= Peso de la emulsión añadida

Reporte:

Sencillamente reportar el porcentaje de residuo de la muestra que debe cumplir con un mínimo de 62%.

Otro método para obtener el residual es por evaporación, el cual por su facilidad será el que utilizaremos en este caso.

Procedimiento:

- a. Pesar la tara o recipiente
- b. Agregar 50 gramos de emulsión asfáltica
- c. Calentar la muestra dentro de un horno a una temperatura de 163 °C por un período de 2 horas
- d. Al final se pesa nuevamente la tara junto al residual de asfalto contenido en la tara, el diferencial de estos pesos constituirá la pérdida de agua y el porcentaje restante constituye el residual de asfalto que no debe ser menor a 60% según norma ASTM D-6934

A continuación se presentan los resultados obtenidos para esta prueba utilizando el método de evaporación.

Tabla I. Residual por evaporación

Extracción del Porcentaje de Asfalto						
Peso Bruto Muestra	Tara	Peso Neto Muestra	Total (Filtro y Tara)	Peso Bruto Extracción	Peso Neto Extracción	Diferencia
		50.0	121.0	140.9	19.9	30.1
% Asfalto			60.2			

Fuente: Mavico S.A.

3.1.1.2 Penetración al residual asfáltico

Penetración, en este caso se define como la distancia en décimas de milímetro que una aguja estándar penetra verticalmente en una muestra de material bituminoso bajo condiciones conocidas de carga, tiempo y temperatura.

Esta prueba de penetración se utiliza como medida de coherencia, los valores más altos de penetración indican más suave consistencia.

Equipo:

- a. Cualquier aparato que permita un husillo para mover verticalmente, sin una marcada fricción y que sea capaz de indicar la profundidad de penetración con una aproximación de 0.1 mm será aceptable.

El peso del husillo será de 47.5 ± 0.05 g, el peso total de la aguja y el montaje del eje 50 ± 0.05 g, las pesas de 50 ± 0.05 g y 100 ± 0.05 g, también se proporcionan para cargas totales de 100 y 200 g, según sea necesario para algunas condiciones de prueba.

- b. La superficie sobre la que descansa el recipiente de la muestra deberá ser plana y el eje del émbolo quedará fijado a 90° aproximadamente con respecto a esta superficie.
- c. Contenedor metálico o de vidrio respetando las siguientes medidas:

Tabla II. Dimensiones de recipientes para contener el residual asfáltico

<i>Para penetraciones menores a 200</i>	
Diámetro mm	55
Profundidad interna mm	35
<i>Para penetraciones entre 200 y 350</i>	
Diámetro mm	55 - 75
Profundidad interna mm	45 - 70
<i>Para penetraciones entre 350 a 500</i>	
Diámetro mm	55
Profundidad interna mm	70

Fuente: Norma ASTM D-5

- d. Baño de agua, capaz de mantener una temperatura de 24 ± 0.1 °C.
- e. Cronómetro, con una precisión de 0.1 segundos y un termómetro con una precisión de 0.1 °C y que cumpla con la especificación E-1.

Preparado de la muestra:

Si la muestra no es lo suficientemente fluida se puede aplicar calor a no más de 60 °C para hacer el residuo lo suficientemente fluido para verterlo.

Vierta el residuo en el recipiente de la muestra a una profundidad de tal manera que cuando se enfríe la muestra a la temperatura de prueba, esta sea el 120% la profundidad a la que la aguja se espere que penetre, vierta porciones separadas para cada variación en condiciones de ensayo, si el recipiente de la muestra es inferior a 65 mm de diámetro y espera que la penetración sea mayor de 200, vierta cuatro porciones separadas para cada variación de las condiciones de prueba.

Dejar enfriar en el aire a una temperatura entre 15 y 30 °C durante 1 a 1.5 horas para el recipiente pequeño y de 1.5 a 2 horas para los recipientes grandes, a continuación coloque las muestras en conjunto con el plato de transferencia.

Condiciones de ensayo:

Cuando las condiciones de la prueba no estén especificadas como la temperatura, la carga en gramos y el tiempo de ensayo se debe entender que estas serán de 25 °C, 100 g y durante un tiempo de 5 segundos, otras condiciones pueden ser utilizadas para pruebas especiales como las que se muestran a continuación:

Tabla III. Condiciones de carga y tiempo de ensayo en función de la temperatura

<i>Temperatura °C</i>	<i>Carga g</i>	<i>Tiempo s</i>
A 0	200	60
g 4	200	60
u 45	50	5
j 46.1	50	5
a :		

Fuente: Norma ASTM D-5

Procedimiento:

- a. Limpiar la aguja y secarla, si se espera una penetración mayor a 350 utilizar una aguja larga, de lo contrario utilizar una aguja corta, utilizar un peso de 50 g para un total de 100 ± 0.1 g a menos que se especifique lo contrario.
- b. Coloque el recipiente de la muestra en el plato de transferencia, cubra el recipiente con el baño de agua a temperatura constante.
- c. Asegúrese que todo esté nivelado usando el indicador de nivel.

- d. Colocar el dial o lectura del penetrómetro a cero, colocar la aguja lentamente y exactamente hasta que la punta haga contacto con la superficie de la muestra, esto se logra haciendo bajar lentamente la aguja y llevando la punta de la aguja real al contacto con su imagen sobre la muestra, una vez hecho esto soltar rápidamente el porta agujas para el período de tiempo y ajustar el instrumento para medir la distancia de penetración en decimas de milímetro.
- e. Hacer por lo menos tres determinaciones utilizando una aguja nueva para cada determinación y el mismo procedimiento con sumo cuidado, a continuación se muestran los resultados obtenidos para el presente proyecto bajo condiciones normales de ensayo:

Tabla IV. Penetración al residual asfáltico

No. Lectura	Lectura Penetración	Especificación ASTM 2397
1	75.0	40-90
2	70.0	40-90
3	60.0	40-90
Promedio	68.3	

Fuente: Mavico S.A.

3.1.2 Agregado pétreo

3.1.2.1 Equivalente de arena

El ensayo del equivalente de arena en resumen consiste en un volumen medido de agregado fino y una pequeña cantidad de solución floculante vertidos en un cilindro plástico graduado, los cuales se agitan para aflojar las capas arcillosas de las partículas de arena de la muestra, la solución floculante fuerza al material arcilloso a suspenderse sobre la arena, después de un tiempo de sedimentación, la altura de arcilla flocula, se lee y la altura de arena en el cilindro es determinada. El equivalente de arena es la relación entre la longitud de arena y la altura de veces en arcilla mostrada como un porcentaje y que debe cumplir con un mínimo de 65%.

Importante:

Mantener la temperatura de la solución de trabajo durante la prueba a 22 ± 3 °C.

Realizar las pruebas en un lugar libre de vibraciones ya que esto podría provocar la suspensión de material en la solución, además se recomienda no exponer los cilindros plásticos a la luz solar, ocasionalmente puede ser necesario remover hongos creciendo dentro de la probeta o dentro del tubo de irrigación.

Aparatos:

- a. Un cilindro plástico acrílico graduado con su tapón de goma, además de un tubo irrigador, el cilindro graduado debe tener un diámetro de 57 mm con una capacidad de 85 ± 5 ml.
- b. Un embudo de boca ancha para introducir las muestras dentro de la probeta.
- c. Dos botellas de un galón o 3.8 galones para almacenar en una la solución madre y en otra la solución de trabajo.
- d. Cronómetro en minutos y segundos.
- e. Máquina agitadora mecánica (Shaker), diseñada para contener la probeta de plástico en posición horizontal mientras se somete a un movimiento paralelo a su longitud, con una longitud de ciclo de 203 ± 1 mm y operando a 175 ± 2 cpm.

Soluciones de trabajo:

Solución madre con formaldehído: Esta solución se preparará con 454 g de Cloruro de calcio anhidro, 2050 g de Glicerina USP y 47 g de formaldehído (40% de la solución, 45 ml).

Solución de trabajo de cloruro de calcio: Preparar la solución de trabajo diluyendo una muestra de 85 ± 5 ml de la solución madre en 3.8 litros de agua destilada o desmineralizada, aunque es permitido utilizar agua del grifo siempre y cuando esta sea pura y no contenga contaminantes en exceso.

Preparación de la muestra:

Obtener al menos 1500 g de agregado que pase por el tamiz de 4.75 mm.

Humedecer el material para evitar la segregación, cuartear 1000 a 1500 g de material, mezclar bien con una paleta a mano o en una olla circular, la mezcla deber ser continua por lo menos durante un minuto para conseguir uniformidad.

Compruebe la humedad apretando con la mano una pequeña parte de la muestra, la que deberá formar un molde sin derrumbarse, si el material está muy seco es posible añadir, pero si está demasiado húmedo continuar con la mezcla a fin de eliminar agua.

Preparación de los aparatos de ensayo:

Ajustar la unidad de sifón a una de 3.8 litros de solución de trabajo, colocando la botella a 90 ± 5 cm por encima de la superficie para hacer bajar la solución por gravedad.

Procedimiento:

- a. Añadir mediante un sifón 4 ± 0.1 pulgadas de solución de trabajo dentro de la probeta cilíndrica.
- b. Verter material de muestra a la probeta plástica utilizando el embudo para evitar derramar material.

- c. Tocar el fondo del cilindro en la parte inferior varias veces a fin de evitar burbujas y hacer que todo el material se humedezca.
- d. Dejar reposar el cilindro con la muestra por al menos un minuto.
- e. Al finalizar lo anterior, tapar el cilindro con el tapón de goma, aflojar el material del fondo invirtiendo el cilindro y agitándolo al mismo tiempo.
- f. Luego de aflojar el material del fondo agitar la probeta por medio de la máquina de agitación (Shaker), al colocar la probeta en la máquina dejar esta agitando la muestra con la solución por un periodo de 45 ± 1 s.

Irrigación: consiste en introducir el tubo de irrigación añadiendo solución de trabajo dentro de la probeta con el material luego del período de agitación, este procedimiento debe hacerse dándole fuerza de torsión al tubo para hacer que éste penetre hasta el fondo de la probeta, durante el proceso de irrigación debe mantenerse el tubo plástico en posición vertical, al insertar el tubo de irrigación debe limpiarse las paredes del material de prueba, la descarga de solución de trabajo debe hacerse hasta los 38 cm de la graduación, luego retirar el tubo de irrigación sin detener el flujo siempre tratando de no exceder los 38 cm de altura.

Dejar reposar el cilindro por al menos 20 minutos, al finalizar este período leer la altura de la parte superior de la arcilla, si no se ha formado claramente dejar reposar por 10 minutos más, si luego de 30 minutos esto no es visible se deberá repetir la prueba, después de que la lectura de arcilla se ha hecho, bajar el tope por el cilindro hasta que se detenga en la arena y se toma la lectura de la misma, evitar golpes o movimientos bruscos durante este procedimiento.

Reporte:

La forma de reportar el equivalente de arena es por medio de un porcentaje y se calcula de la siguiente forma:

$$SE = (\text{lectura de arena} / \text{lectura de arcilla}) * 100$$

Donde: SE es el equivalente de arena

Si se efectúan varias pruebas para obtener un resultado más exacto es necesario promediar los resultados (tres resultados sería conveniente) que más se asemejen para obtener un equivalente de arena final, a continuación se observan los resultados obtenidos para el presente proyecto:

Tabla V. Equivalente de arena

No. Lectura	Altura Arena (cm)	Altura arcilla (cm)	% Arena	Especificación ASTM 2419 (Min)
1	24.5	32.2	76.09	65
2	26.1	32.8	79.57	65
3	26.3	33.1	79.46	65
				65
Promedio			78.37	65

Fuente: Mavico S.A.

3.1.2.2 Desintegración a la abrasión

Esta prueba consiste en la medida de la degradación de los agregados minerales mediante una combinación de acciones de abrasión, impacto y molienda de un tambor giratorio de acero que contiene un número de esferas de acero, número que varía de acuerdo a la clasificación de la muestra, a medida que el tambor gira, una placa recoge la muestra y las esferas que viajan alrededor hasta caer al lado opuesto del tambor creando un efecto de impacto-molienda, este ciclo se repite con un número igual al de las revoluciones prescritas, al finalizar el período de revoluciones los contenidos se sacan del tambor y el agregado se tamiza y se mide la degradación como pérdida en porcentaje.

Aparatos:

- a. Máquina de los Ángeles: Consiste en un tambor de acero con un diámetro interno de 711 ± 5 mm y una profundidad de 508 ± 5 mm, este tambor deberá girar en posición horizontal con una tolerancia en la pendiente de 1%
- b. Juego de Tamices
- c. Balanza
- d. Cargas: consisten en esferas de acero aproximadamente de 46.8 mm de diámetro y cada una con una masa de entre 300 y 445 g, esta carga depende del grado de granulometría a evaluar, las cuales pueden ser las que aparecen en el siguiente cuadro:

Tabla VI. Esferas de carga en función del tipo de prueba para ensayo en maquina de los Ángeles

Grado de la prueba	Número de esferas	Carga de las esferas (g)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 20
D	6	2500 ± 15

Fuente: Norma ASTM C-131

Para esta prueba se utilizará el grado D ya que en este rango está contenido el tamaño del agregado que se utiliza para micropavimentos el cual va de 0 – ¼”.

De la muestra:

Seque un poco más de 5000 g de agregado en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante y que ya no exista humedad en el agregado.

Procedimiento:

- a. Introduzca 5000 g de agregado seco y la carga de 6 esferas (2500 ± 15 g) dentro de la máquina de los ángeles y hágala rotar a una velocidad de 30-33 rpm para un total de 500 revoluciones, luego de finalizado el período de revoluciones descargue el material del tambor y separe las partículas grandes del material desprendido por medio de un tamiz No. 12 (1.70 mm), a continuación lave el material retenido por el tamiz No. 12 y séquelo en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C hasta obtener un peso constante, luego de esto se pesa nuevamente este material y se anota su masa.
- b. A continuación se calcula la diferencia entre la masa inicial y la masa final luego del ensayo, este diferencial se expresa como un porcentaje de la siguiente manera:

$$D = (\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso Inicial} * 100$$

Este resultado constituye el porcentaje de desgaste del agregado el cual no debe exceder el 30% para que un material sea tomado como bueno y usado en el diseño.

Los resultados de esta prueba deben resumir la identificación del agregado indicando el grado de prueba que se utilizó (D en este caso), el tamaño del máximo agregado (1/4 en esta prueba) y el porcentaje de desgaste.

Tabla VII. Desintegración por abrasión

Grado de prueba	D (ASTM C-131)
No. de esferas	6
Carga de esferas	2500 g
Peso de la muestra	5000 g
Velocidad de ensayo	30 rpm
No. de revoluciones	500 Rev.

Peso inicial de la muestra (g)	Peso final de la muestra (g)	% Desgaste	Especificación ASTM C-131 (Máx.)
5000.00	4103.00	17.94	30.00

Fuente: Mavico S.A.

3.1.2.3 Graduación

Este método de análisis es utilizado con el fin de conocer la graduación del tamaño de las partículas que componen el agregado a utilizar en el micropavimento.

Aparatos:

- a. Balanza: con una sensibilidad de 0.5 g
- b. Juego de tamices (Números. 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200)
- c. Horno: con capacidad para secar material a una temperatura de 110 °C
- d. Preparación de la muestra:

Se secan aproximadamente 2500 g de agregado hasta lograr un peso constante y éste haya perdido la humedad contenida, esto se logra en un horno con temperatura constante de 110 °C.

Procedimiento:

- a. Cuartear la muestra a fin de obtener un aproximado de 2500 gramos
- b. Colocar la serie de tamices expuestos anteriormente teniendo cuidado de colocarlos de mayor a menor

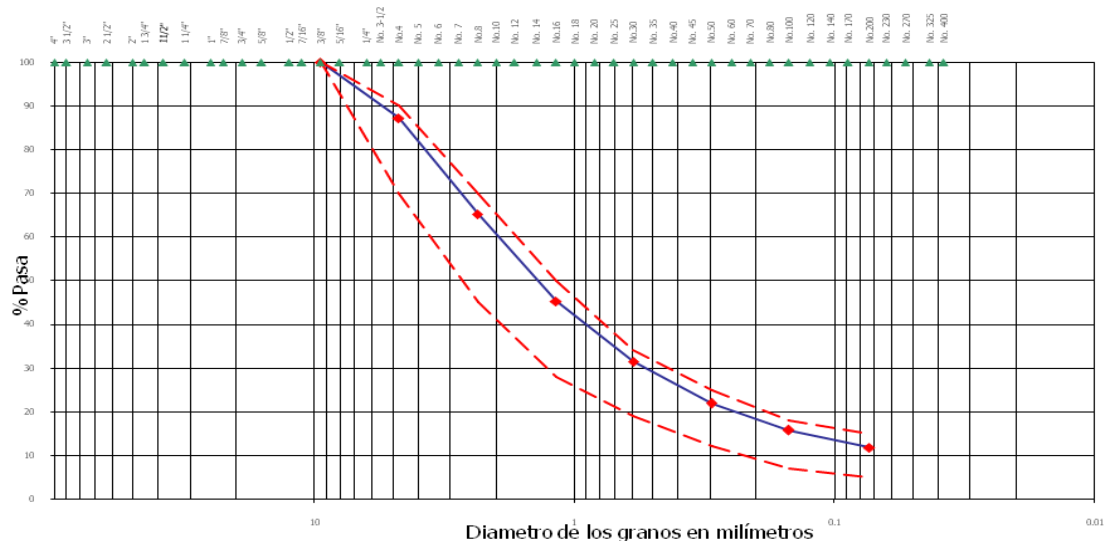
- c. Verter el agregado sobre el tamiz superior y posteriormente iniciar el tamizado moviendo la serie de tamices hacia ambos lados y dando golpes en los lados de los tamices
- d. Comprobar que por cada tamiz ha pasado la totalidad de partículas menores a su abertura.
- e. Colocar las porciones retenidas dentro de cada tamiz en recipientes previamente calibrados en la balanza para conocer el peso de cada material retenido en cada tamiz

Finalmente se elabora una tabla en donde se coloca el peso retenido y el peso retenido acumulado en comparación con las especificaciones de la norma ISSA, para posteriormente graficar la curva de granulometría.

Tabla VIII. Graduación (tabla + curva granulométrica)

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Bruto Retenido	Peso Neto Retenido	% Retenido	% Pasa	Especificaciones Tipo III ISSA	
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
No. 4	4.75	296.10	296.10	12.78	87.22	70	90
No. 8	2.36	806.30	806.30	34.80	65.20	45	70
No. 16	1.18	1267.1	1267.10	54.69	45.31	28	50
No. 30	0.59436	1587.6	1587.60	68.52	31.48	19	34
No. 50	0.29718	1809.6	1809.60	78.10	21.90	12	25
No. 100	0.14986	1952.4	1952.40	84.26	15.74	7	18
No. 200	0.07366	2043.1	2043.10	88.18	11.82	5	15

GRAFICO GRANULOMETRICO
Serie de Tamices ASTM



Fuente: Mavico S.A.

3.1.3 Agregado mineral (cemento)

Para el diseño de micropavimentos la única prueba realizada al agregado mineral es una inspección de rutina, revisando que el cemento a utilizar se encuentre libre de grumos que indiquen que este ya no es apto para ser utilizado, revisar que sea un cemento Portland Puzolánico tipo GU-28 según ASTM CI 157 y tipo IP según COGUANOR NGO 41001, tener en cuenta que el contenedor del cemento no ha pasado más de un día abierto, que se encuentre en un lugar libre de humedad y con suficiente ventilación, para el diseño de este mortero utilizaremos un porcentaje de 0.25 % en peso de cemento.

3.1.4 Agua

El agua a utilizar para el diseño del micropavimento deberá ser agua destilada o desmineralizada, aunque también es aceptable utilizar agua del grifo, siempre y cuando ésta sea pura, libre de materia orgánica, revisar además los recipientes en donde será colocada, que estos estén libres de materias o residuos de polvo.

3.1.5 Aditivos

Debido a que se está utilizando una emulsión de rompimiento rápido es necesario agregar un aditivo retardante, el cual permita que la mezcla logre pasar por el gusano mezclador de la máquina y así proveer de suficiente tiempo para su colocación, el no hacer esto implicaría que la mezcla del mortero endurecería tan rápido que sería imposible su colocación sobre la carpeta existente, además de esto provocaría el endurecimiento de la mezcla antes de salir del gusano mezclador y provocaría daños a este, causando demoras y posibles daños a la máquina aplicadora.

Como solución a esto se le agrega a la mezcla una solución jabonosa, en el caso de este proyecto se utilizará Sulfato de Aluminio compuesto en agua. La prueba consiste en realizar mezclas de prueba añadiendo la solución jabonosa y tomándose el tiempo de rompimiento, para este procedimiento se toman **100** gramos de agua y un **20%** de Sulfato de Aluminio, lo cual arroja un tiempo de rompimiento de 4 minutos, tiempo suficiente para poder mezclar los elementos del mortero y poder colocar la mezcla.

3.2 Diseño de mezcla para mortero asfáltico tipo *microsurfacing*

3.2.1 Consistencia

El ensayo para determinar la consistencia de la mezcla asfáltica del micropavimento consiste en la utilización de un cono parecido al Cono de Abrams, esta prueba es usada para determinar la cantidad de agua requerida para obtener una mezcla estable pero maleable a fin de poder trabajar con ella. El cono es un artefacto hueco truncado de metal de 8 mm de grosor, 75 mm de altura, con diámetros de 40 mm superior y 90 mm inferior.

Es necesario además una hoja de papel, aunque puede ser una hoja metálica, o una hoja de loza, con 7 círculos concéntricos inscritos en la misma hoja, con un incremento de radio entre ellos de 1 centímetro, el círculo más pequeño debe ser del tamaño del círculo que forma el perímetro del cono. La prueba debe realizarse con 400 g de agregado, combinados a la emulsión asfáltica, aditivos, cemento y a varios contenidos de agua, por lo menos 3.

El cono es colocado en el centro de la hoja previamente marcada con los círculos, colocándole el material ya mezclado en su interior, luego de 30 segundos de homogenización de la mezcla en su interior el cono debe ser removido con un suave movimiento vertical. Luego de esto se mide la salida de la mezcla en cuatro puntos perpendiculares entre si y se anotan las medidas de la forma que se pueda comparar esta misma con el porcentaje de agua utilizado en la mezcla.

Debe notarse que al realizar este ensayo, si la mezcla se extiende 4 centímetros o más, el contenido de agua es alto y debe reducirse, por el contrario si la mezcla no se extiende demasiado, por ejemplo 1 o 1.5 cm el contenido de agua es bajo y la mezcla se encuentra demasiado seca. Una extrema salida de la mezcla indica la falta de finos o cemento, para lo cual será necesaria una reformulación de la mezcla, la expansión ideal es de 2.5 centímetros para obtener una consistencia que permita la manejabilidad de la mezcla en la aplicación.

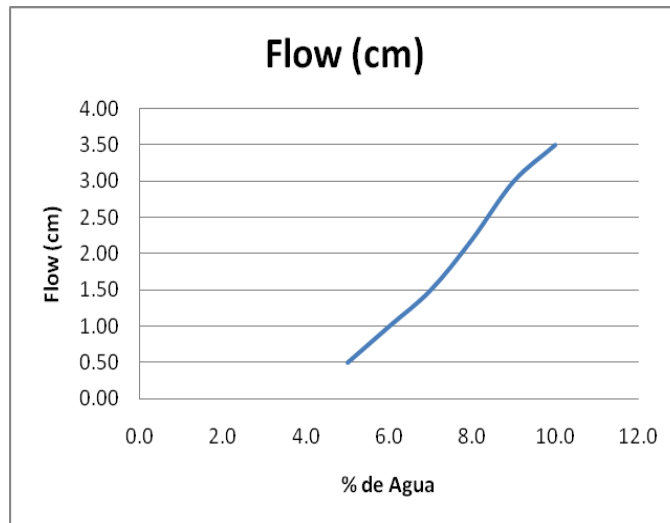
Al finalizar las 3 pruebas con el cono a diferentes porcentajes de contenido de agua debe realizarse una gráfica colocando en el eje de los porcentajes de contenido de agua y en el eje de las ordenadas el desplazamiento de la mezcla luego de la prueba, plotear las parejas ordenadas de los resultados (% agua, desplazamiento) y seleccionar un contenido de agua que haga que el desplazamiento de la mezcla ronde entre los 2 a 3 centímetros.

Tabla IX. Consistencia

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsión	Css-1h	% de cemento	0.25%
Residual asfáltico	62%	Tipo de aditivo	
% de emulsión	17%	% de aditivo	
% de polímero	0.2%	Tipo de polímero	Sulfato-Aluminio

No.	% de Agua	Flow (cm)
1.0	5.0	0.50
2.0	6.0	1.00
3.0	7.0	1.50
4.0	8.0	2.20
5.0	9.0	3.00
6.0	10.0	3.50
% de agua óptimo para un flow de 2.5 cm		8.4



Fuente: Mavico S.A.

3.2.2 Cohesión

Este ensayo consiste en realizar movimientos de torque sobre pequeñas pastillas de la mezcla asfáltica previamente hechas, con el fin de obtener un diseño de mezcla que al momento de realizar este movimiento giratorio sobre la pastilla no produzca ningún tipo de desprendimiento de partículas de agregado.

Aparatos:

- a. Máquina para cohesión con las siguientes características
- b. Barras presurizadas
- c. Pieza de goma de neopreno al final de la barra presurizada
- d. Regulador de aire a presión de agujas
- e. Báscula de cuatro direcciones con control de escape para regulación
- f. Manómetro con un rango de 0 a 700 kPa
- g. Suministro de aire a 700 kPa
- h. Marcador de torsión capaz de medir por lo menos 35 kilogramos-centímetro
- i. Un suministro de 10 cm² de material absorbente para utilizarlos como almohadilla
- j. Moldes de 10 mm x 60 mm en forma de anillos
- k. Un pequeño horno puede ser necesario en el caso de que se requiera conocer el contenido de humedad en las pastillas hecha
- l. Espátula pequeña de neopreno

m. Papel de lija para agua No. 220

Procedimiento:

Un número significativo de pastillas deberán fundirse dentro de los moldes en forma de anillos 10 mm de diámetro, teniendo cuidado de crear una superficie paralela a la superficie.

Las pruebas de torque deberán ser hechas a intervalos de tiempo de 30, 60, 90, 150, 210 y 270 minutos luego de fundidas las pastillas en los moldes, en este caso utilizaremos ensayos a los 60 y 120 minutos ya que estamos utilizando una emulsión C_{ss}1h que es de rompimiento rápido y estos son los requerimientos de la ISSA para este tipo de emulsión.

Las pastillas deberán centrarse debajo de el pie de neopreno colocado al final de la barra, el instrumento de presión se fija a 200 kPa y el riel es bajado hacia el espécimen a una velocidad de 8 a 10 centímetros por segundo, luego de 5 o 6 segundos de compactación, el medidor de torque se coloca a cero y se coloca al final del cilindro y luego se da un movimiento horizontal en forma de arco de 90° - 120°. La lectura del torque se registra junto a su tiempo de ejecución posterior a la fundición. Este procedimiento debe repetirse en cada uno de los tiempos de ejecución mencionados anteriormente y aumentando el torque en un intervalo de 2 kg-cm.

Calibración:

Un buen número de pruebas debe realizarse a fin de obtener una lectura promedio, es por eso que deben realizarse un buen número de pastillas en los moldes de anillo.

Set time y Traffic time:

Set time se define como el lapso de tiempo luego de la fundición en donde la mezcla no puede ser remezclada y homogenizada de nuevo, cuando ya no existe desplazamiento lateral al compactar la mezcla, cuando una toalla absorbente puesta sobre el espécimen ya no es manchada al presionarla ligeramente sobre las pastillas, o cuando ya no existen rastros de emulsión que puedan ser lavados con agua. Generalmente este comportamiento ocurre en un torque de 12-13 kg-cm.

Traffic time es el tiempo en el que puede liberarse el tráfico sobre la mezcla aplicada, este tiempo generalmente ocurre en un torque de 20-21 kg-cm.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el mortero diseñado para este proyecto, se presentan tanto los tiempos de *Set time* y *Traffic time*:

Nota: en ocasiones una mala cohesión en la mezcla causará una rotura extraña en los especímenes o incluso no romperse, es necesario entonces anotar también estos datos de la siguiente manera.

N: *Normal*, múltiples grietas radiales son notorias, por debajo de los 12 kg-cm, estas no deberían de existir.

NS: *Near Spin*, sólo una grieta radial aparece, esto aparecería alrededor de los 20 kg-cm.

S: *Spin*, no hay grietas aparentes pero el agregado es desplazado directamente en la zona que está debajo del pie de la barra con que se realiza el torque.

SS: *Solid Spin*, no hay grietas aparentes, no hay agregado desplazado, ningún desgarró, el pie de la barra de ensayo se desliza sobre la superficie de la pastilla, lo más grave que ocurriría es que alguna mínima película de bitumen asfáltico sea removida.

Después de 2 días de secado al aire las pastillas podrían ser sujetas a una evaluación para evaluar los especímenes de acuerdo a la apariencia, color y la adhesión hirviendo las pastillas por 3 minutos.

A continuación se presentan los resultados obtenidos de esta prueba para este proyecto en específico.

Tabla X. Cohesión

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsión	Css-1h	% de cemento	0.25%
Residual asfáltico	62%	Tipo de aditivo	
% de emulsión	17%	% de aditivo	
% de polímero	0.2%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Set Time

Tiempo = 1 hora	Torque	ISSA TB-139
	14 Kg-cm	12-13 Kg-cm

Traffic Time

Tiempo = 2 horas	Torque	ISSA TB-139
	22.3 Kg-cm	20-21 Kg-cm

Fuente: Mavico S.A.

3.2.3 Exceso de asfalto

Esta prueba tiene por objeto determinar un límite máximo de contenido de asfalto en una mezcla de micropavimento, esta prueba se realiza por medio de una rueda cargada simulando el efecto del tráfico sobre el micropavimento ya en uso.

Aparatos y materiales:

- a. Máquina de prueba, de rueda cargada, con las siguientes características:
- b. Marco de acero de canal ajustable
- c. Placa de montaje para los especímenes
- d. Motor de 1/3 HP de potencia y de 1750 RPM
- e. Eje horizontal de doble salida
- f. Manivelas de 6 pulgadas de diámetro
- g. Brazos de conexión ajustables, acerados
- h. Caja de peso, centrada y ajustable sobre la rueda
- i. Contador de revoluciones reajutable
- j. De 5 a 25 sacos #7 o # 8 de perdigones
- k. Placas de montaje galvanizadas
- l. Moldes para las muestras (3.2, 4.8, 8.0, 9.5, 12.7 mm de espesor), x 3" x 16" de medida exterior y 2" x 15" de dimensiones internas
- m. Barra larga de madera

- n. Marco de acero de 0.188" x 2.5" x 15" como medidas exteriores, y 1.5" x 14" como medidas interiores
- ñ. Báscula de plataforma con capacidad para 250 libras

Muestras para la prueba:

- a. Las muestras (mezcla) deberán prepararse con los parámetros de materiales que se han descrito en ensayos anteriores
- b. Los moldes deberán ser por lo menos 25% más profundos que el tamaño de las partículas
- c. Debe mezclarse un aproximado de 25 a 30% más material que el necesario para llenar el molde
- d. Mezclas de prueba se deben hacer con el fin de corroborar la coherencia en el diseño de la mezcla
- e. Los materiales deben ser cuidadosamente pesados antes de hacer la mezcla

Ajustando y calibrando el peso de la rueda cargada:

Los cojinetes del brazo y el montaje de las ruedas se ajustan para que la distancia horizontal proyectada entre el cigüeñal y las ruedas sea de 24 pulgadas, además las ruedas deben estar alineadas para que el movimiento sea totalmente paralelo al marco.

El cuadro de peso debe ser centrado y colocado justo por encima del eje de la rueda.

La rueda se coloca sobre una balanza de plataforma para que los brazos de conexión sigan siendo paralelos al marco, las bolsas con el peso deberán ser añadidos hasta obtener el peso deseado.

Colocación y montaje de la muestra:

La muestra se coloca sobre la placa de montaje con firmeza contra los pasadores y se sujeta en su lugar con la arandela de fijación y tuercas de mariposa.

Procedimiento:

- a. A temperatura ambiente la rueda es limpiada con solvente volátil o con agua, ésta es colocada sobre la muestra y el cuadro de peso se carga con el peso deseado.
- b. El contador es puesto en cero y los ciclos se inician mediante la activación de un switch, estos ciclos por minuto deben ser 44, luego de 1000 ciclos la máquina debe ser parada, la muestra retirada, lavada para retirar toda pequeña partícula que se haya soltado con el procedimiento, luego la muestra debe ser secada en un horno hasta obtener un peso constante a una temperatura de 105 C°.

- c. Durante el rango de ciclos algunas viscosidades, ligas y material pegajoso puede observarse, estas cualidades pueden ser retiradas mediante una botella de lavado añadiendo suficiente agua para evitar la adhesión de la muestra con la rueda.
- d. El peso seco de la muestra es anotado, y ésta se coloca nuevamente en su posición original, el marco de arena se centra sobre la muestra para evitar que al añadir la arena se pierda. 300 gramos de arena caliente se colocan en el molde de arena y se esparcen uniformemente sobre la muestra, inmediatamente después de esto se completan 100 ciclos más.
- e. Toda la arena es luego removida mediante una aspiradora, la muestra es retirada y nuevamente pesada, el aumento de peso es la cantidad de arena adherida y se anota.

Reporte:

El punto de virar o de giro también llamado de huella se anota como:

_____ ciclos con _____ libras de carga a _____ °C

La adhesión de arena se reporta como:

_____ gramos adheridos luego de _____ ciclos con _____ libras de carga a _____ °C.

Datos obtenidos para el presente proyecto:

Tabla XI. Exceso de asfalto

Descripción de la mezcla			
Tipo de emulsión	Css-1h	% de cemento	0.25%
Residual asfáltico	62%	Tipo de aditivo	
% de emulsión	17%	% de aditivo	
% de polímero	0.2%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Punto de huella

Número de ciclos = 65	Temperatura	25 °C
	Peso de la rueda (lbs.)	100.0

Adhesión de la arena

Gramos de arena adherida = 15	Temperatura	25 °C
	Peso de la rueda (lbs.)	100.0
	Número de ciclos	100.0

Área del marco (pie ²) = 0.33	Exceso de asfalto (gramos / pie²)	45
---	---	-----------

Fuente: Mavico S.A.

3.2.4 *Stripping*

El propósito de este procedimiento es ayudar al diseñador a seleccionar una lechada compatible con el agregado, mediante una simulación con emulsión, cemento y aditivos con el fin de controlar estos mismos en las pruebas y en la aplicación posterior.

Aparatos:

- a. Un vaso de pírex de 600 ml
- b. Placa de temperatura ajustable o un quemador y una malla de alambre
- c. Papel absorbente, de alta absorción

Procedimiento:

- a. Tomar 10 gramos de mezcla de micropavimento del espécimen que se utilizó para la prueba de consistencia
- b. 400 ml de agua son tomados y colocados en el vaso de 600 ml y luego se coloca en la placa de temperatura hasta llevarla al punto de ebullición
- c. Los 10 gramos de la muestra curada de micropavimento son arrojados al agua hirviendo y se dejan hervir por 3 minutos
- d. Al finalizar los tres minutos mencionados anteriormente, el vaso con su contenido se retira de la lumbre y se deja enfriar

- e. Cuando el agua deja de hervir, añadir agua del grifo para enfriar completamente y lavar la muestra teniendo sumo cuidado para no causar el desprendimiento de partículas por la añadidura de agua fría
- f. El agua debe ser sacada del vaso con cuidado, luego la muestra se debe colocar sobre el papel absorbente
- g. Luego de que el secado está completo se realiza una inspección de las áreas que han quedado sin protección de asfalto en comparación con las áreas que permanecen aun cubiertas por este mismo

Reporte:

El reporte se realiza como un porcentaje del área aun cubierta por asfalto con respecto al área total de la muestra, teniendo en cuenta lo siguiente:

- 90% de la muestra aun cubierta es aceptable
- 75%-90% se considera como un límite del cual no debe bajar
- Menos de 75% es insatisfactorio

Datos obtenidos de los ensayos para este proyecto:

Tablas XII. Stripping

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsión	Css-1h	% de cemento	0.25%
Residual asfáltico	62%	Tipo de aditivo	
% de emulsión	17%	% de aditivo	
% de polímero	0.2%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Peso inicial de la muestra	12.00	Gramos
Peso final de la muestra	11.04	Gramos
Peso tara	0.00	Gramos
Peso neto luego del ensayo	11.04	Gramos

Porcentaje cubierto luego del ensayo (teórico)	92.00	%
Porcentaje cubierto luego del ensayo (visual)	92.00	%

Fuente: Mavico S.A.

3.2.5 Abrasión en húmedo

Este ensayo es realizado con el fin de conocer la respuesta a la abrasión en condiciones húmedas de la mezcla asfáltica (micropavimento). En esta prueba se debe hacer una mezcla asfáltica que contenga todos los materiales como agregado, agua, cemento portland, aditivo y emulsión asfáltica, de tal manera de lograr una mezcla con las mismas condiciones con que se desea aplicar.

Aparatos:

- a. Balanza, con una capacidad de 5000 gramos y una precisión de 1.0 gramos
- b. Mezclador tipo planetario Hobart C-100 equipado con una cabeza de abrasión de 2,27 kg., una bandeja de metal plana y desmontable
- c. Una cuchara larga para preparar la mezcla
- d. Moldes de 286 mm de diámetro de tela asfáltica
- e. Moldes circulares con una profundidad de 6.35 mm y un diámetro de 279 mm, siempre metálicos
- f. Molde strike-off de 20 a 36 mm escobilla, de 25 mm de diámetro, y 30 mm de clavija de madera
- g. Horno termostático controlado a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- h. Baño constante de agua a temperatura de $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$
- i. Manguera de goma reforzada equivalente a una Parker 290
- j. Un bloque de madera que sirva las funciones de apoyo a la sartén durante el ensayo

Preparando la muestra:

- a. La cantidad de materiales a emplear en la preparación de la mezcla, ya sean agregados secos, emulsión asfáltica, agua, aditivos y cemento, serán los que se han determinado en los ensayos previos.
- b. Tamizar suficiente agregado seco por el tamiz No. 4 con el fin de obtener al menos 800 gramos de material que pase este tamiz.
- c. Pesar 800 gramos de material seco tamizado, mezclarlo dentro de la taza de mezcla con el cemento en seco hasta obtener una distribución uniforme, agregar la cantidad de agua necesaria para lograr la consistencia deseada (previamente determinada en su respectivo ensayo), mezclar de nuevo por un minuto o hasta que todas las partículas estén uniformemente humedecidas, finalmente agregar la cantidad predeterminada de emulsión y aditivos y mezclar por un período no menor de un minuto y no mayor de tres minutos.
- d. Centrar el molde de 286 mm e inmediatamente después verter la mezcla sobre la tela asfáltica.
- e. Emparejar la mezcla vertida con la escobilla de goma con el mínimo de manipulación para evitar que suceda segregación.
- f. Retirar la muestra del molde y colocar la muestra ya moldeada en un horno a 60 °C y secarla hasta obtener un peso constante, el tiempo de secado no debe ser menor a 15 horas.

Procedimiento:

- a. Retirar la muestra del horno, dejar que se enfríe a temperatura ambiente y luego calibrar su peso.
- b. Luego de pesar la muestra introducirla en un baño de agua a 25 °C y dejar en remojo por 75 minutos.
- c. Sacar del baño de agua y colocarlo en el sartén de fondo de 330 mm de diámetro. Asegurar el molde con sus respectivas abrazaderas.
- d. Cubrir por completo la muestra con una película de agua de 6.35 mm a 25 °C.
- e. Bloquee el tubo de goma de la cabeza de abrasión de la máquina de Hobart, eleve la plataforma hasta que la manguera de goma toque ligeramente la superficie de la muestra, utilice el bloque de madera para sostener el sartén durante la prueba.
- f. Encender la máquina de Hobart a velocidad baja operando durante 5 minutos exactos.
- g. Extraer la muestra del sartén de la máquina luego del ciclo de abrasión y lavar todos los residuos, secar luego la muestra en un horno a 60 °C hasta obtener un peso constante.

- h. La muestra ya seca se retira del horno, se deja secar a temperatura ambiente y se pesa nuevamente, la diferencia entre este último peso y el obtenido al inicio del procedimiento, son los gramos de pérdida por abrasión.

Reporte de resultados:

El reporte de resultados debe presentar las siguientes características:

- a. Período de remojo
- b. Modelo de máquina utilizada
- c. Tiempo de ejecución de la prueba
- d. Pérdida de peso en gramos
- e. Pérdida de peso en gramos por unidad de área

Resultados obtenidos:

Tabla XIII. Abrasión en húmedo

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsión	Css-1h	% de cemento	0.25%
Residual asfáltico	62%	Tipo de aditivo	
% de emulsión	17%	% de aditivo	
% de polímero	0.2%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Período de saturación	1.00	Horas
Tipo de máquina utilizada	N-50	
Tiempo de ensayo	5'15"	
Peso inicial de la muestra	625.40	Gramos
Peso final de la muestra	611.38	Gramos
Diferencia (desgaste)	14.02	Gramos
Factor de corrección	32.90	
Peso perdido por unidad de área	461.26	Gramos/m²

Fuente: Mavico S.A.

3.2.6 Tiempo de mezclado

Aparatos:

- a. Recipientes plásticos para mezcla de 8 onzas o 200 gramos (vasos plásticos)
- b. Cuchara o espátula para mezclar

- c. Tamices 20 y 50
- d. Papel para notas
- e. Termómetro

Materiales:

- a. Agregado
- b. Emulsión asfáltica
- c. Agua
- d. Cemento y aditivo

Todos en cantidades y condiciones determinadas previamente por medio de los ensayos que ya se han descrito.

Procedimiento de mezclado:

- a. La mezcla debe hacerse a temperatura ambiente, usar el termómetro únicamente para verificar que esta temperatura sea normal
- b. Pesar 200 gramos de agregado seco
- c. Agregar la cantidad de cemento y de aditivo seco y mezclar con la espátula por 10 segundos

- d. Agregar la cantidad determinada de agua y mezclar por 20 segundos
- e. Agregar emulsión asfáltica en cantidad ya determinada y mezclar en forma circular por 30 segundos
- f. Luego de esto seguir mezclando por aproximadamente 5 minutos y anotar el tiempo en que la mezcla rompe

El tiempo de mezclado consiste en lograr hacer que la mezcla sea maleable durante el mezclado por lo menos 120 segundos antes de romper.

Resultados:

Los resultados o parámetros con que se hizo esta prueba deben anotarse como a continuación se describe.

- a. Fecha
- b. Tipo de agregado
- c. Equivalente de arena del agregado
- d. Tipo de emulsión y su residual asfáltico
- e. Cemento, cantidad y tipo
- f. Aditivo, cantidad y tipo
- g. Porcentaje de agregado

- h. Porcentaje de cemento
- i. Porcentaje de aditivo
- j. Porcentaje de agua
- k. Porcentaje de emulsión asfáltica
- l. Tiempo de ruptura
- m. *Set time*
- n. *Traffic time*
- o. Apariencia de la mezcla curada

A continuación se presentan los resultados de la prueba de mezcla que resultó ser la correcta, es de recalcar que estos resultados no se obtendrán a la primera prueba, es necesario realizar varias pruebas a fin de obtener la correcta:

Tabla XIV. Tiempo de mezclado

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsión	Css-1h	% de cemento	0.25%
Residual asfáltico	62%	Tipo de aditivo	
% de emulsión	17%	% de aditivo	
Tipo de agregado	Tipo III (0-1/4")	% de agregado	100%
% de polímero	0.2%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio
Set time	1 hora	Traffic time	2 horas
Tiempo de ruptura		240 segundos	

Fuente: Mavico S.A.

4. CONTROL DE CALIDAD EN APLICACIÓN DE MICROSURFACING EN TRAMO DE LA RED VIAL PAVIMENTADA DE GUATEMALA 2009 PROYECTO M-30 UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

4.1 Control en la máquina aplicadora

4.1.1 Calibración de los componentes

La máquina aplicadora que se utilizó en el proyecto M-30-2009 es una Aplicadora de mortero asfáltico con designación HD-10, la cual tiene una capacidad en la tolva de agregados de 10 yardas cúbicas.

La inspección de los componentes que participan en la aplicación del mortero asfáltico es muy importante, ya que al no tener un buen funcionamiento la mezcla puede presentar problemas de mala dosificación de los elementos del mortero asfáltico y microsurfacing.

En lo que corresponde al camión que transporta la máquina dosificadora, correspondería a verificar primero, si el mismo no presenta fugas de ningún aceite, ya sea de motor o del sistema hidráulico, ya que el aceite al derramarse en el momento de la aplicación no permitiría una buena adherencia del mortero con la superficie, además se tiene que verificar el buen estado de todas las luces de precaución del mismo, ya que es muy importante que los automovilistas tengan una buena visibilidad de las maniobras que pueda ejecutar el camión dentro del área de aplicación.

Luego procederíamos a verificar la máquina dosificadora, ésta cuenta con cinco elementos que son parte de la mezcla las cuales son:

- LA EMULSIÓN ASFÁLTICA: El camión cuenta con un sistema para la dosificación de la emulsión asfáltica, en la cual hay que verificar primero que el depósito se encuentre limpio sin problemas de partículas ajenas a la emulsión asfáltica que pueda provocar inestabilidad en la misma, también si ya se ha utilizado otro tipo de emulsión, por ejemplo una emulsión asfáltica de rompimiento lento y se piensa trabajar con una emulsión de rompimiento rápido, se tiene que tener sumo cuidado de no mezclar las dos, ya que eso provocaría una inestabilidad en la emulsión asfáltica y tendríamos problemas en la aplicación del mortero al no poder controlar su rompimiento.

- También se tiene que verificar que el contador de dígitos de la bomba de emulsión esté funcionando, ya que a través de la misma debemos llevar el conteo de cuantos galones de emulsión se aplican por metro cúbico de la mezcla. La máquina dosificadora recircula la emulsión asfáltica, inspeccionar si este sistema se encuentra funcionando. Y por último, inspeccionar si las boquillas de la dosificación de la emulsión asfáltica se encuentran libres de grumos que puedan ocasionar taponamientos que perjudiquen un buen caudal de emulsión.
- **AGREGADO:** Inspeccionar que la tolva se encuentre libre de partículas ajenas del agregado que puedan ocasionar taponamientos en la compuerta de dosificación y en la aplicación del mortero causar que la textura de éste no sea uniforme. Que la abertura de la compuerta se encuentre de acuerdo al diseño de mezcla que se planifica aplicar. Que la banda transportadora no esté desalineada, ya que provoca que el flujo de agregado para la mezcla asfáltica no sea continuo. Verificar al igual que la emulsión que el contador de dígitos funcione, ya que de éste depende la calibración de la máquina y el control de metros cúbicos de agregados aplicados en un día de trabajo.
- **AGUA:** El depósito de agua debe de estar libre de basura y partículas que puedan tapar el flujo en el sistema, se debe de verificar que el filtro se encuentre limpio para que pueda desarrollar satisfactoriamente su función. Verificar que todos los aspersores que se encuentran abajo del chasis del camión, y son los encargados de humedecer la superficie se encuentren funcionando, de lo contrario tendremos problemas de adherencia del mortero asfáltico con la superficie. El agua en esta máquina no cuenta con contador de dígitos, el agua se dosifica con una válvula de globo instalada en la máquina.

- **FINOS:** Con los finos se debe tener mucho cuidado de limpiar bien el sistema ya que por los materiales que se depositan en compartimento de finos, ya sea cemento o cal, tienden a consolidarse provocando taponamientos en el sistema, al finalizar la jornada de trabajo, de preferencia se debería calcular los finos de manera que no queden residuos, y de esa manera poder realizar la limpieza diaria sin tener que desechar las cantidades que se encuentran en el depósito. También al igual que la emulsión asfáltica y el agregado, se debe verificar que el contador de dígitos se encuentre funcionando para poder calibrar la dosificación de la misma.
- **ADITIVOS:** El sistema del aditivo es completamente de plástico para que no sufra deterioro, se debe verificar que el tanque se encuentre limpio, libre de partículas ajenas al aditivo y muy importante si se ha utilizado otro tipo de aditivo se debe limpiar con abundante agua todo el sistema antes de colocar el nuevo aditivo. El mismo cuenta con el contador de dígitos el cual también debe de funcionar para poder controlar la cantidad de aditivo utilizado en el mortero asfáltico que se esté aplicando.

4.1.2 Inspección de la caja aplicadora

La inspección de la caja aplicadora de mortero asfáltico es fundamental para que el trabajo se desarrolle de la mejor manera, se debe inspeccionar primero que la caja se encuentre acoplada correctamente al camión dosificador, la caja aplicadora es arrastrada por el camión dosificador por medio de dos cadenas, las cuales deben de estar enganchadas a la misma distancia en los extremos, de lo contrario la caja se cruzará al ser arrastrada por el camión.

Al estar enganchada tener sumo cuidado de colocar las mangueras del sistema hidráulico que mueven los tornillos dosificadores y controlan el ancho de la caja, deben estar bien acopladas para evitar derrames de aceite perjudiciales para la mezcla de mortero asfáltico. Inspeccionar que los tornillos de los patines primarios y secundarios funcionen adecuadamente, de lo contrario no se controlará el espesor del mortero asfáltico de una manera correcta.

La caja tiene dos bandas de polietileno, las cuales son conocidas como hule primario y hule secundario, la función del hule primario es colocar el mortero asfáltico al espesor adecuado según el nivel de los patines de la caja, si este se encuentra quebrado o desgastado no cumplirá su función, por esta razón se debe inspeccionar que el mismo no presente ningún defecto mencionado anteriormente y engrasarlo del extremo donde va sujetado a la caja aplicadora.

El hule secundario tiene como función principal darle la textura uniforme al mortero asfáltico, por esa razón se tiene que tener mayor supervisión en el mismo, ya que si se encuentra sucio o con partículas de agregado en sus extremos provocará rayones dejando la superficie con variaciones de textura, perjudiciales para la apariencia del mortero asfáltico, se debe de inspeccionar el hule secundario cada vez que se pare la aplicación de los materiales antes de iniciar de nuevo para estar seguros que se encuentra listo para trabajar.

Figura 2. Caja aplicadora



Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

4.2 Control en la aplicación

4.2.1 Inspección previa de la superficie a aplicar

Para fines ilustrativos las figuras que se muestran en los siguientes párrafos y descripciones no corresponden todas a este proyecto debido a que en varias ocasiones las situaciones mencionadas no ocurrieron durante la aplicación de la mezcla asfáltica (Microsurfacing).

Cuando se está preparando un camino para repavimentación es importante asegurarse que se está uniendo en primer lugar asfalto a asfalto y que no deben existir contaminantes en medio de esa unión. Al existir contaminantes en medio de esa unión el micro-pavimento puede sufrir desprendimiento del pavimento original con el paso del tiempo.

Las medidas a tomar para realizar la inspección previa a la aplicación son como inicio, una inspección visual para el reconocimiento de contaminantes, luego proceder a limpiar la superficie a repavimentar manualmente mediante herramientas manuales y con aire comprimido.

Figura 3. Limpieza previa de la carpeta existente



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Además de la inspección en la que el objetivo principal es reconocer contaminantes que puedan provocar la no correcta adherencia entre el micro-pavimento y el asfalto, está el hecho de reconocer y reparar los distintos tipos de grietas como se detalla a continuación:

Grieta reflectiva a través del micro-pavimento: este es el caso en que una grieta no ha sido tratada previa aplicación del micro-pavimento, en este caso se necesita aplicar algún tipo de material de sellado de grietas, este material para sellado de grietas debe ser compatible con los materiales asfálticos existentes.

Figura 4. Grieta existente a reparar



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Grietas grandes: Las grietas grandes deben ser selladas previo a la repavimentación. Un método que ha ganado mucha aceptación es una fibra de poliéster o polipropileno suspendido en un asfalto AC-10 y aplicado en caliente, para esta reparación se necesita limpiar la grieta con aire comprimido, luego aplicar el material para sellado de grietas dentro y sobre la grieta.

El hecho de no realizar un correcto sellado y tratamiento de grietas previa aplicación del micro-pavimento trae consigo la aparición nuevamente de estas grietas sobre la nueva superficie, a pesar de que la mezcla del micro-pavimento está modificada y reforzada con polímeros, pero esto no logrará detener la reaparición de dichas grietas. Este tipo de asfalto modificado actuará eficientemente en la retardación y poca oxidación y en grietas muy delgadas, no así en grietas grandes y reflectivas.

Otra área a cubrir en la inspección previa a la aplicación incluye el reconocimiento y reparación del asfalto fallado, se debe mantener en mente que el micropavimento es una capa delgada que no llegará a cubrir áreas de asfalto fallado. La consecuencia de no corregir estas áreas es provocar un área inaceptable tanto en textura, como en funcionalidad sobre el área corregida, esto provocará que se comiencen a desprender partículas de la repavimentación dando como resultado un bache con el transcurso del tiempo.

En la siguiente fotografía se muestra un área tratada con bache previo a la aplicación del micro-pavimento, esta parte ha sido reparada adecuadamente con asfalto lista para repavimentar, no discutiremos lo relacionado al proceso de bache, pero si es necesario hacerlo sobre el bacheo para micro-pavimento. Con el material de micro-pavimento se puede hacer un muy buen trabajo de llenado de depresiones en la superficie de la carretera, pero no es muy efectivo para suavizar un abultamiento. Es preferible dejar cualquier área bacheada con un perfil al nivel original de la carretera o un perfil ligeramente bajo en lugar de un perfil elevado o abultado.

Figura 5. Trabajo previo de bacheo



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Otro punto determinante en la inspección previa a la aplicación es observar el estado de la línea de borde, ya que esta puede reflejar deformación plástica o levantamiento de la superficie, una vez más el material de micro-pavimento hace un buen trabajo de llenado en cualquier sitio bajo pero no es muy efectivo cuando es usado para corregir áreas abultadas en la carpeta de rodadura. El método más recomendado para corregir este problema es fresar en frío las áreas abultadas del micro-pavimento antes de la repavimentación.

Cuando se usa este tipo de acción correctiva es importante mencionar que no es necesario fresar mucho material de la superficie.

Se puede hacer una operación de fresado por partes, es decir, remover solamente aquellas porciones de pavimento que estén abultadas y dejar que el material de micro-pavimento llene cualquier área baja, por supuesto el material de micro-pavimento no corregirá el problema inicial que causó el movimiento de la superficie del asfalto pero se ganará algo de tiempo en la duración de la carpeta de rodadura.

4.2.2 Nivelación y alineamiento

Un ejemplo del tipo de alineamiento longitudinal que pude lograrse con el sistema de micropavimento. En este trabajo se corrigió el ahuellamiento y luego se repavimentó, ambas operaciones con Micro-pavimento, el alineamiento correcto se nota por las líneas rectas de borde.

Figura 6. Alineamiento longitudinal en tangente



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Figura 7. Alineamiento longitudinal en curva



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Una forma de realizar el alineamiento longitudinal es por medio de cordeles, si el contratista tiene dificultad en alcanzar una línea de borde recta, la colocación de estos puede usarse como marca de guía para el alineamiento, sin embargo no todos los proyectos requieren un alineamiento por este método. Normalmente la línea pintada existe en el borde del camino y esta es recomendada para que el contratista la use como marca guía, pero si no es capaz de alcanzar el alineamiento deseado, entonces una marca guía con cordel normalmente ayudará a mejorar el alineamiento, por supuesto que esto es mucho más funcional en carreteras con los bordes libres, sin restricciones de muros y otro tipo de construcciones a los laterales.

El alineamiento cuando existe una pared en el borde de la carretera o camino no es una operación difícil, debido a que las máquinas esparcidoras están diseñadas para permitirle al contratista el mantener una línea de borde muy recta si así lo desea, cuando se maniobra la máquina esparcidora cerca de un muro vertical se requiere de muy buen control de la máquina y la habilidad para mantener ese control.

A pesar de que el alineamiento longitudinal no requiere de técnicas demasiado complicadas se dan los casos en que de igual manera no se logra una correcta alineación. En las fotografías siguientes podemos ver una línea de borde inaceptable, como se puede observar la mezcla tenía muchos líquidos totales en el sistema, los cuales corrieron sobre el hombro. Se debió haber eliminado algunos líquidos de la mezcla lo cual habría detenido el corrimiento del líquido.

Figura 8. Línea de borde y alineamiento longitudinal no aceptable



Fuente: Mavico S.A.

Otro problema que puede arrojar un mal alineamiento está asociado a la aplicación de la mezcla en una condición demasiado húmeda, permitiendo que la mezcla fluya más allá del extremo de la caja, un material de micro-pavimento apropiadamente diseñado y aplicado en buenas condiciones no debería tener exceso de líquidos en la mezcla.

Figura 9. Condiciones de humedad no aptas para la aplicación



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

4.2.3 Ensayo de consistencia del mortero asfáltico según ISSA

Este ensayo se realiza en campo con la finalidad de verificar la consistencia de la mezcla, con anterioridad ya hemos descrito el procedimiento para esta prueba (ver sección 3.2.1).

4.2.4 Juntas transversales y longitudinales

Junta transversal

Hacer juntas transversales con cualquier material asfáltico es un proceso difícil, el micropavimento no es la excepción y para lograr construirla de una buena manera podemos seguir la siguiente metodología:

Eliminación de mezcla fría: Debido a la naturaleza del fraguado muy rápido de la mezcla de micropavimento, es importante el no tratar de vaciar el material de la caja esparcidora cuando esté construyendo una junta. Una vez el material fresco no esté siendo descargado más en la caja esparcidora, el material transportado estará listo y cambiará rápidamente de un estado semilíquido a un estado de mezcla fría. Este cambio ocurrirá antes de que el material en la caja pueda ser depositado sobre la superficie de rodadura, y si se trata de esparcir todo el material de la caja, antes de hacer la junta, el material de mezcla fría que esté depositando no se adherirá a la superficie de rodadura. Es necesario entonces que cuando la unidad de mezclado esté cerrada, el material que esté presente en la caja sea sacado y desechado.

Figura 10. Limpieza de la caja y extracción de la mezcla fría



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Limpieza del nivelador primario: Cuando la máquina esparcidora ha parado es importante tomar el tiempo para eliminar físicamente la concentración de asfalto y finos que esté presente sobre el nivelador primario debido a que la concentración de material en este nivelador causa marcas de arrastre o estrías en la superficie de rodadura y necesita ser eliminada cada vez que la máquina esparcidora pare.

Limpeza de la superficie: Después de que la niveladora se ha limpiado y la máquina está lista para empezar el proceso de esparcido, otra vez deberán limpiarse el material de mezcla fría y los contaminantes sobre la superficie de la carretera. Si este proceso de limpieza no se realiza estos contaminantes serán recogidos por la caja esparcidora y se convertirán en partículas que dejarán marcas de arrastre que necesitarán ser removidos mientras la máquina esté en movimiento. Es más simple eliminar este material antes de que la máquina esté en movimiento.

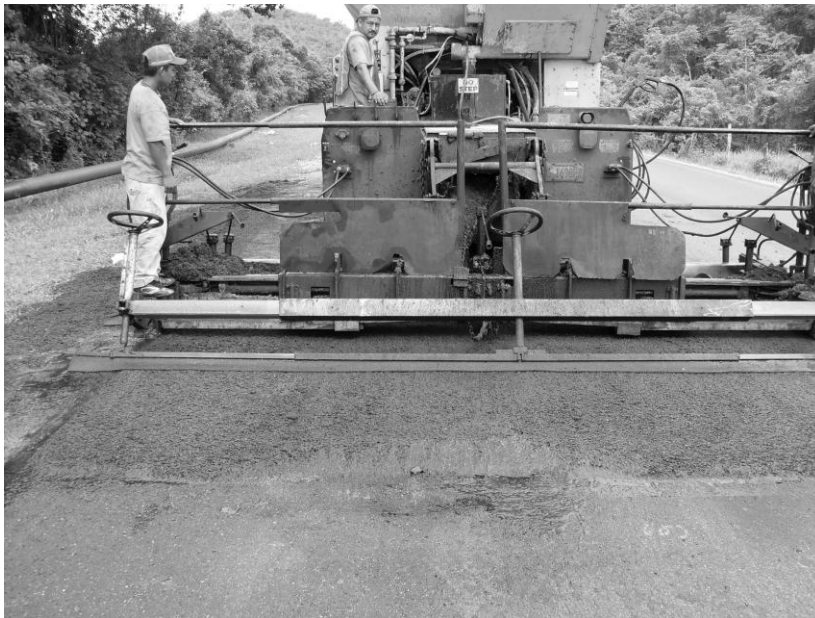
Figura 11. Limpieza y preparación de la junta transversal a tope



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Preparación de junta transversal a tope: Las juntas transversales con el sistema de Micropavimento deben ser juntas a tope, no juntas de traslape. Para hacer una buena junta a tope es necesario cortar primero una línea de borde recta en la mezcla existente, luego la caja esparcidora se coloca en este punto de corte perpendicular a la carretera. La caja esparcidora es luego cargada con material fresco y el proceso de esparcido continúa, luego se utiliza una herramienta manual para tallar la junta transversal.

Figura 12. Junta transversal a tope hecha de manera correcta



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Junta transversal a tope terminada: En la siguiente imagen se puede apreciar un ejemplo de una junta transversal a tope que fue construida adecuadamente utilizando el método que hemos descrito. Nótese que la línea es perpendicular a la carretera y con buena estética. No hay doble espesor del material como sería el evidente si se hubiera usado una junta de traslape.

Una junta como esta ya no será evidente en un corto tiempo, ya que se mezclará rápidamente con la apariencia total de la carretera.

Figura 13. Junta transversal a tope terminada



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Junta transversal inaceptable: Un ejemplo de junta transversal inaceptable son las construidas mediante juntas de traslape, este tipo de junta podría causar una deflexión en la superficie, esta deflexión causará un salto que se sentirá al desplazarse sobre la junta. Otro problema podría registrarse si no se retira el material de mezcla fría y este es arrastrado por la caja esparcidora cuando fue arrastrada sobre la mezcla fresca o blanda en la junta provocando una decoloración en el material. Otro tipo de imperfecciones provocadas por la mala construcción de la junta desde un inicio pueden ser marcas hechas por los trabajadores al pararse sobre el material fresco tratando de reparar las fallas provocadas por la mala construcción de la junta, dando como resultado que el área trabajada quede en peores condiciones luego de la reparación que antes de ella.

Junta longitudinal

Construir una junta longitudinal en una carretera es relativamente fácil, siempre que el proceso normal de construcción de la carretera asegure que la aplicación de la junta longitudinal sea colocada cuando la primera aplicación del material esté bien curada y estable. Esto simplemente requiere un cuidado al minimizar el traslape del material en la interface de la junta. Un traslape máximo en una junta longitudinal no debe exceder cuatro pulgadas ó aproximadamente diez centímetros. En la siguiente fotografía se muestra una buena junta longitudinal lograda en este proyecto.

Figura 14. Junta longitudinal hecha de manera correcta



Fuente: Cortesía Mavico S.A.

Trabajando a mano el traslape de la junta: Como se mencionó anteriormente, un traslape no mayor de cuatro pulgadas es permisible en una junta longitudinal, pero se debe ser cuidadoso en minimizar el espesor del material en esa junta. Esto puede lograrse trabajando la segunda aplicación del material en la junta con una espátula de hule para minimizar el espesor. Esta es una práctica aceptable para ayudar a suavizar la transición y hacer cómodo y seguro el cambio de un carril a otro.

Trabajando el traslape de la junta con una espátula de goma y el nivelador secundario: Otra técnica a utilizar puede ser el untar o minimizar el material en la junta con una espátula de goma colocada entre el nivelador primario y secundario, esto afinará el detalle de la junta y además de hacerlo funcional le dará una muy buena estética.

Junta transversal excesivamente traslapada: Cuando se excede el traslape máximo de cuatro pulgadas es imposible trabajar para adelgazar o reducir las dos pasadas de material a un grado aceptable. Esto acarrea el problema de tener un doble espesor de material, este traslape excesivo causará una diferencia de elevación en la mezcla que será un bache cuando se transite de un carril a otro, es algo similar a lo que provoca una junta transversal hecha por traslape, estéticamente se ve mal y causa problemas al desplazarse sobre la superficie de rodadura.

Traslape de mezcla fresca en la junta longitudinal: Se mencionó previamente que hacer una junta longitudinal cuando la segunda aplicación es colocada después de una primera aplicación completamente curada, es simplemente una manera de minimizar el traslape y trabajar la colocación de la segunda aplicación. Cuando se hace esta junta longitudinal donde la primera aplicación todavía está en estado fresco o blando el proceso es un poco más difícil de realizar ya que la caja esparcidora podría desgarrar la mezcla fresca y crear una apariencia desagradable en el caso mínimo llegando incluso a causar abolladuras en la primera aplicación que deberán ser reparadas inmediatamente. Para realizar una junta transversal en mezcla fresca debe seguirse la metodología siguiente:

Rastras (patines) interiores en la caja esparcidora: Una ayuda para detener este desgarre de la mezcla fresca cuando se hacen juntas longitudinales es usar lo que se llama una rastra o patín interior en la caja esparcidora. La caja esparcidora es arrastrada a lo largo de la superficie de rodadura con su peso soportado sobre largos patines o rastras, y este deslizamiento del patín sobre la mezcla fresca es la causa del desgarre que se está discutiendo. El procedimiento correctivo es montar otro patín en el interior de la caja esparcidora. Esto permite que el patín exterior que está en contacto con la mezcla fresca sea elevado de tal forma que no desgarre la mezcla.

Cajas esparcidoras ajustables hidráulicamente: En el caso de que se cuente con una caja ajustable hidráulicamente se constituye entonces un dispositivo útil para detener este desgarre de la mezcla fresca, ya que este tipo de caja permite cambiar rápidamente el ancho de la misma, utilizando este tipo de caja se puede cambiar su ancho aproximadamente en diez minutos, además de que generalmente estas cajas están adaptadas con rastras interiores de fábrica las cuales ayudan con el problema discutido anteriormente.

4.2.5 Reparaciones aceptables

Cuando se refiere a reparaciones aceptables en un proyecto en donde se aplique micropavimento se habla principalmente de reparaciones en juntas, tanto longitudinales como transversales, así como de baches que son necesarios cuando en cierta parte de la aplicación exista alguna anomalía.

En las siguiente fotografía se puede observar como en la nueva carpeta aplicada de micropavimento existen anomalías en su textura, se observan partes que han quedado sin mezcla por lo que se hace necesario hacer baches de reparación.

Figura 15. Reparación de la carpeta por medio de baches



Fuente: Mavico S.A.

Figura 16. Reparación por medio de bache en junta longitudinal



Fuente: Mavico S.A.

En muchas ocasiones también la junta longitudinal desde un inicio queda con problemas, Por lo que es necesario alinearla utilizando herramientas con textura de caucho como se muestra en la siguiente figura.

Figura 17. Reparación de junta longitudinal



Fuente: Mavico S.A.

4.2.6 Control de las cantidades ejecutadas en la jornada

El control de las cantidades ejecutadas en una jornada de trabajo comprende una medición en metros cuadrados de aplicación, ya que se toma en cuenta la longitud ejecutada para lo cual podría utilizarse un odómetro, por un ancho promedio de la carpeta aplicada.

Figura 18. Medición de ancho de carpeta aplicada



Fuente: Cortesía Mavico, S.A.


Figura 19. Medición de la longitud de carpeta aplicada



Fuente: Cortesía Mavico, S.A.


4.2.7 Cartilla de errores frecuentes en la aplicación

Tabla XV. Mala junta longitudinal

	<p>Problema: mala junta longitudinal</p>
	<p>Solución: reparación manual utilizando rastrillo de poliuretano</p>


Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

Tabla XVI. Mala alineación

	<p>Problema: mala alineación</p>
	<p>Solución: colocar marcas en la carpeta existente para una mejor estética en la carpeta final</p>


Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

Tabla XVII. Zonas sin mezcla

	<p>Problema: zonas sin mezcla</p>
	<p>Solución: limpiar el hule de la caja ya que podría tener material adherido, e impide la buena colocación de la carpeta</p>


Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

Tabla XVIII. Tráfico temprano

	<p>Problema: tráfico temprano</p>
	<p>Solución: cerrar debidamente el tramo aplicado y en este caso, corregir daños con rastrillo y espátulas de poliuretano</p>


Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

Tabla XIX. Excesiva humedad

	<p>Problema: zona con demasiada humedad y agua superficial</p>
	<p>Solución: retirar el agua y esperar a que la carpeta seque</p>

Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

Tabla XX. Marcas superficiales

	<p>Problema: rayones y marcas superficiales causadas por el hule o material adherido a él</p>
<p>Solución: limpiar el hule y reparar manualmente con espátulas o rastrillo la superficie</p>	

Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

CONCLUSIONES

1. Un buen diseño de un mortero asfáltico que cumpla con los estándares mínimos normados, hará que la vida útil del pavimento sea la deseada, minimizando costos de reparación.
2. Una correcta aplicación del mortero asfáltico, así como la previa preparación de la superficie sobre la que se aplicará, hará que se mejoren tiempos de ejecución y se minimicen los desperfectos durante la aplicación y futuras reparaciones.
3. La reparación preliminar de fallas ya existentes en la carpeta de rodadura es fundamental y contribuirá a que el micropavimento cumpla con todas sus funciones, ya que éste, a pesar de ser modificado mediante aditivos, no es un pavimento estructural.
4. Una consistencia adecuada garantizará la buena aplicación y el fácil manejo de la mezcla al momento de esparcirla sobre la superficie.
5. La implementación de mano de obra calificada, garantiza en gran parte la buena aplicación, así como el buen desempeño del mortero asfáltico modificado.
6. Un buen diseño y la correcta aplicación del mortero asfáltico modificado, da como resultado la estética a la carretera, la cual es de suma importancia, ya que ésta transmite seguridad al conductor al transitar sobre un trabajo realizado correctamente.

7. El uso de los aparatos y maquinaria en buen estado permite reducir errores tanto humanos como mecánicos.

8. El aditivo retardante es indispensable para aplicaciones de mortero asfáltico modificado con emulsión de rompimiento rápido como en este caso, no así en las de rompimiento lento.

RECOMENDACIONES

1. Desarrollar los procedimientos para los ensayos tanto de materiales, como de la mezcla, basándose en normas nacionales e internacionales, ya que éstas han sido elaboradas por profesionales y basadas en experiencia y práctica.
2. Los procedimientos de laboratorio deben contar con personal calificado y de preferencia con experiencia para así minimizar el error humano en los mismos.
3. Realizar la inspección previa a la superficie con una supervisión adecuada y con personal consciente de la importancia que esta conlleva para la futura vida del micropavimento.
4. Debe tenerse conocimiento del lugar de aplicación ya que las condiciones del lugar, como la humedad principalmente, pueden interferir en los resultados.
5. Algo no mencionado durante el trabajo y que forma parte muy importante en la ejecución del proyecto, es la implementación de la seguridad industrial, como la señalización del tramo y protección de los trabajadores durante la aplicación.
6. Trabajar con los mismos materiales en campo y en el laboratorio para hacer que los resultados sean lo más precisos posibles.

7. La calibración de la dosificación de los materiales debe hacerse al inicio de un proyecto y verificarse por lo menos una vez al mes o cuando varíe uno de los elementos de la mezcla.

BIBLIOGRAFÍA

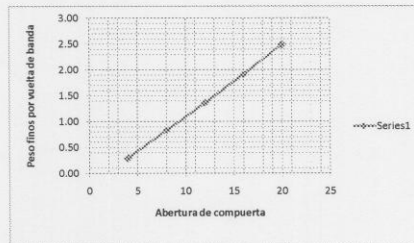
1. ASTM, (2002). Normas C 136, CI 157, D 244, D 6997, D 6934, D 36, 2397, D 140, 2170, D 2419, C 88, C 131, C 136.
2. International Slurry Surfacing Association (ISSA), (1990). TB-139, TB-109, TB-114, TB-100, TB-113.
3. ISSA, (1990). Design Technical Bulletins.
4. ISSA, (2001). Recommended Performance guidelines for emulsified Asphalt Slurry Seal, A 105, 1-16.
5. ISSA, (2001). Recommended Performance guidelines for Micro-Surfacing, A 143, 1-14.
6. Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR No. 41001.

ANEXO 1



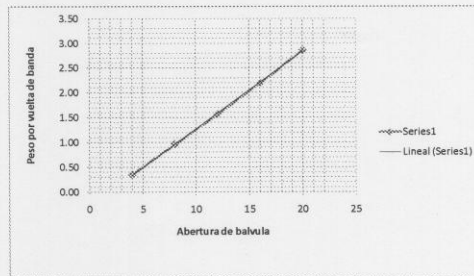
CALIBRACION FINOS (CEMENTO)

abertura de compuerta	digitos por iteración	No de vueltas de banda	digitos por vuelta de banda	peso total	peso por vuelta de banda
4	276	3	92	0.9	0.30
8	276	3	92	2.5	0.83
12	276	3	92	4.1	1.37
16	276	3	92	5.75	1.92
20	276	3	92	7.5	2.50



CALIBRACION FINOS (CEMENTO)

Abertura de balbula	digitos por iteración	No de vueltas de banda	digitos por vuelta de banda	peso total	peso por vuelta de banda
4	276	3	92	1.05	0.35
8	276	3	92	2.9	0.97
12	276	3	92	4.7	1.57
16	276	3	92	6.6	2.20
20	276	3	92	8.6	2.87



Sergio Gabriel Gómez Con
Ingeniero Civil
Colegiado No. 7892

[Handwritten Signature]
Vo.Bo.

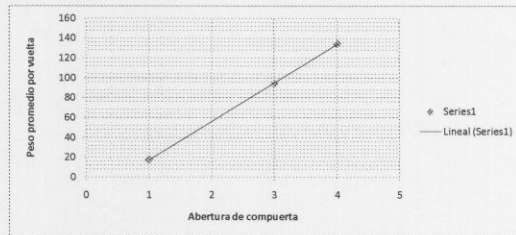
Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

ANEXO 2



CALIBRACION AGREGADO

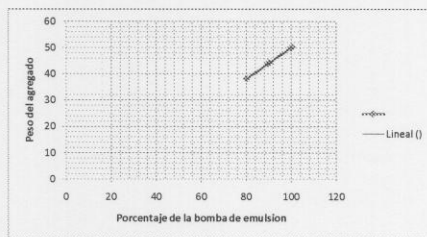
apertura de compuerta	digitos por iteración	No de vueltas de banda	digitos por vuelta de banda	peso total	peso por vuelta de banda	promedio
1	276	3	92	53	17.67	17.84
	276	3	92	52.6	17.53	
	276	3	92	55	18.33	
3	276	3	92	281	93.67	94.33
	276	3	92	286	95.33	
	276	3	92	282	94.00	
4	276	3	92	402	134.00	134.33
	276	3	92	403	134.33	
	276	3	92	404	134.67	

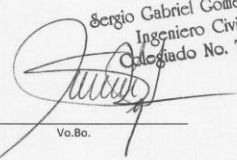


CALIBRACION EMULSION

Porcentaje de la bomba de emulsion	peso de la emulsion por vuelta	numero de iteraciones	porcentaje de emulsion de la mezcla	peso del agregado requerido por el porcentaje de emulsion
100	50.2	3	17	98.431
90	44.2	3	17	86.667
80	38.2	3	17	74.902

100
90
80




 Sergio Gabriel Gómez Con
 Ingeniero Civil
 Colegiado No. 7892
 Vo.Bo.

Fuente: Cortesía Mavico, S.A.

ANEXO 3



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

ANALISIS GRANULOMETRICO

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Material de Trituración 1/4"-0", Planta Versalles, Mavico, S.A.
Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

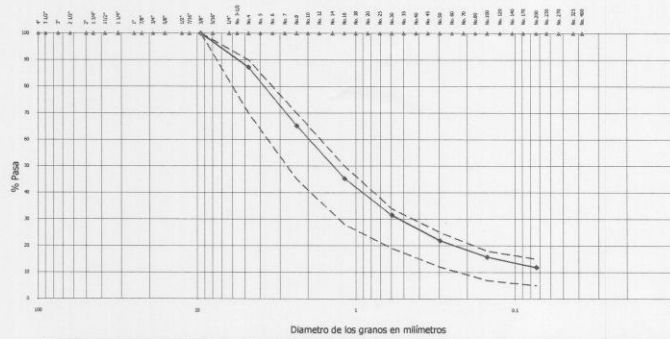
Peso Bruto	
Tara	0.0
Peso Neto	2317.0

Tamiz	Diámetro (mm)	Peso Bruto Retenido	Peso Neto Retenido	% Retenido	% Pasa	Especificaciones Tipo III ISSA	
3/8	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
No. 4	4.75	296.10	296.10	12.78	87.22	70	90
No. 8	2.36	806.30	806.30	34.80	65.20	45	70
No. 16	1.18	1267.1	1267.10	54.69	45.31	28	50
No. 30	0.59436	1587.6	1587.60	68.52	31.48	19	34
No. 50	0.29718	1809.6	1809.60	78.10	21.90	12	25
No. 100	0.14986	1952.4	1952.40	84.26	15.74	7	18
No. 200	0.07366	2043.1	2043.10	88.18	11.82	5	15

Extracción del Porcentaje de Asfalto

Peso Bruto Muestra	Tara	Peso Neto Muestra	Peso Filtro	Total (Filtro y Tara)	Peso Bruto Extracción	Peso Neto Extracción	Diferencia
		50.0		121.0	140.9	19.9	30.1
% Asfalto					60.2		

GRAFICO GRANULOMETRICO
Serie de Tamices ASTM



Observaciones:

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: *[Signature]*

César E. Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8,334

ANEXO 4



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjes Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

Penetracion al Residual Asfaltico

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Residual Asfaltico
Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Temperatura 25 °C

Peso (husillo) 100 g

Tiempo ensayo (s) 5 seg

No. Lectura	Lectura Penetracion	Especificacion ASTM 2397
1	75.0	40-90
2	70.0	40-90
3	60.0	40-90
Promedio	68.3	

Observaciones:

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: 

César E. Castañeda Quirfones
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8.334

ANEXO 5



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

Equivalente de Arena

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Material de Trituración 1/4"-0", Planta Versailles, Mavico, S.A.
Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Temperatura 24 °C
Peso muestra 1250 g
Tiempo ensayo 45 s

No. Lectura	Altura Arena (cm)	Altura archilla (cm)	% Arena	Especificacion ASTM 2419 (Min)
1	24.5	32.2	76.09	65
2	26.1	32.8	79.57	65
3	26.3	33.1	79.46	65
Promedio			78.37	65

Observaciones:

César E. Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8,394

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó:

Fuente: Cortesía Emulsa

ANEXO 6



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

Abrasion

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Material de Trituración 3/8"-0", Planta Versalles, Mavico, S.A.
Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Grado de prueba D (ASTM C-131)
Numero esferas 6
Carga de esferas 2500 g
Peso de la muestra 5000 g
Velocidad de ensayo 30 rpm
No. Revoluciones 500 rev

Peso inicial de la muestra (g)	Peso final de la muestra (g)	% Desgaste	Especificacion ASTM C-131 (Max)
5000.00	4103.00	17.94	30.00

Observaciones:

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: 

César E. Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8.334

Fuente: Cortesía Emulsa

ANEXO 7



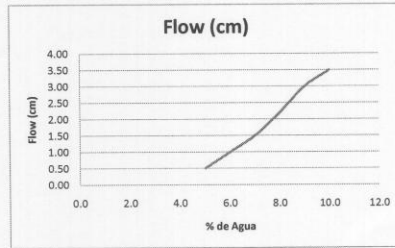
EMULSA
 Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
 Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
 Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
 Telefax: 66307358.
 E-mail: emulsa@gmail.com

Ensayo de Consistencia

Fecha: 17 de agosto de 2009 _____
 Tipo: Mezcla asfáltica tipo Microsurfacing _____
 Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A. _____

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsion	Css-1h	% de cemento	0.25 .%
Residual asfáltico	62 .%	Tipo de aditivo	
% de emulsion	17 .%	% de aditivo	
% de polímero	0.2 .%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio



No.	% de Agua	Flow (cm)
1.0	5.0	0.50
2.0	6.0	1.00
3.0	7.0	1.50
4.0	8.0	2.20
5.0	9.0	3.00
6.0	10.0	3.50
% de agua óptimo para un flow de 2.5 cm		8.4

Observaciones:

Norma ISSA TB-106

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: _____

César E. Castañeda Quiñonez
 Ingeniero Civil
 Colegiado No. 8,334

ANEXO 8



EMULSA
 Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
 Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
 Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
 Telefax: 66307358.
 E-mail: emulsa@gmail.com

Cohesion

Fecha: 17 de agosto de 2009
 Tipo: Mezcla asfáltica tipo Microsurfacing
 Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsion	C55-1h	% de cemento	0.25 .%
Residual asfáltico	62 .%	Tipo de aditivo	
% de emulsion	17 .%	% de aditivo	
% de polímero	0.2 .%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Set Time

Tiempo = 1 hora	Torque	ISSA TB-139
	14 Kg-cm	12-13 Kg-cm

Traffic Time

Tiempo = 2 horas	Torque	ISSA TB-139
	22.3 Kg-cm	20-21 Kg-cm

Observaciones:

Norma ISSA TB-139

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: _____

César E. Crastanada Quiñonez
 Ingeniero Civil
 Colegiado No. 8,334

ANEXO 9



EMULSA
 Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
 Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
 Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
 Telefax: 66307358.
 E-mail: emulsa@gmail.com

Ensayo de Exceso de Asfalto

Fecha: 17 de agosto de 2009
 Tipo: Mezcla asfáltica tipo Microsurfacing
 Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsion	Css-1h	% de cemento	0.25 .%
Residual asfáltico	62 .%	Tipo de aditivo	
% de emulsion	17 .%	% de aditivo	
% de polímero	0.2 .%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Punto de huella

Numero de ciclos = 65	Temperatura	25 °C
	Peso de la rueda (lbs)	100.0

Adhesion de la arena

Gramos de arena acherida = 15	Temperatura	25 °C
	Peso de la rueda (lbs)	100.0
	Numero de ciclos	100.0

Area del marco (pie ²) = 0.33	Exceso de asfalto (grms / pie²)	45
---	---	-----------

Observaciones:

Norma ISSA TB-109

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Caluló: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: 
César E. Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8.334

Fuente: Cortesía Emulsa

ANEXO 10



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

Ensayo de Stripping

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Mezcla asfáltica tipo Microsurfacing
Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsion	Css-1h	% de cemento	0.25 .%
Residual asfáltico	62 .%	Tipo de aditivo	
% de emulsion	17 .%	% de aditivo	
% de polímero	0.2 .%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Peso inicial de la muestra	12.00	grms.
Peso final de la muestra	11.04	grms.
Peso tara	0.00	grms.
Peso neto luego del ensayo	11.04	grms.

Porcentaje cubierto luego del ensayo (teórico)	92.00	%
Porcentaje cubierto luego del ensayo (visual)	92.00	%

Observaciones:

Norma ISSA TB-114

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó:

[Firma]
Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8,334

Fuente: Cortesía Emulsa

ANEXO 11



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

Ensayo de Abrasion en Humedo

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Mezcla asfáltica tipo Microsurfacing
Proyecto: M-30, El Amatón - Jutiapa, Mavico, S.A.

Descripcion de la mezcla

Tipo de emulsion	Css-1h	% de cemento	0.25 .%
Residual asfáltico	62 .%	Tipo de aditivo	
% de emulsion	17 .%	% de aditivo	
% de polímero	0.2 .%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio

Periodo de saturacion	1.00	Horas
Tipo de maquina utilizada	N-50	
Tiempo de ensayo	5'15"	
Peso inicial de la muestra	625.40	grms.
Peso final de la muestra	611.38	grms.
Diferencia (desgaste)	14.02	grms.
Factor de correccion	32.90	
Peso perdido por unidad de area	461.26	grms/m²

Observaciones:

Norma ISSA TB-100

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Suelos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Suelos

Revisó: 

César E. Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8,334

Fuente: Cortesía Emulsa

ANEXO 12



EMULSA
Emulsiones y Micropavimentos, S.A.
Fracción 1 Granja 21, Granjas Italia, Z. 04, Villa Nueva
Guatemala, C.A. Tel: 66307358, 66307410.
Telefax: 66307358.
E-mail: emulsa@gmail.com

Ensayo Tiempo de Mezclado

Fecha: 17 de agosto de 2009
Tipo: Mezcla asfáltica tipo Microsurfacing
Proyecto: H-30, El Amatón - Jutapa, Mavico, S.A.

Descripción de la mezcla

Tipo de emulsion	Css-1h	% de cemento	0.25 .%
Residual asfáltico	62 .%	Tipo de aditivo	
% de emulsion	17 .%	% de aditivo	
Tipo de agregado	Tipo III (0-1/4")	% de agregado	100%
% de polímero	0.2 .%	Tipo de polímero	Sulfato Aluminio
Set time	1 hora	Traffic time	2 horas
Tiempo de ruptura		240 segundos	

Observaciones:

Efectuó: Miguel Pú
Laboratorista
Sueltos

Calculó: Miguel Pú
Laboratorista Sueltos

Revisó:

Cesar E. Castañeda Quiñonez
Ingeniero Civil
Colegiado No. 8,334

Fuente: Cortesía Emulsa