

IAG23-04-2013
CONSERVACIÓN DE PAVIMENTOS FLEXIBLES
LECCION APRENDIDA: SMA EN LA AUTOPISTA PALÍN – ESCUINTLA
REPUBLICA DE GUATEMALA

José A. Agüero U.
Asfaltos de Guatemala, S.A.
Guatemala, Guatemala
ppaguero@asfalgua.com

Cesar Augusto Quiroz S.
Asfaltos de Guatemala, S.A.
Guatemala, Guatemala
cquiroz@asfalgua.com

RESUMEN

El trabajo de rehabilitación de la autopista Concesionada Palín - Escuintla en la República de Guatemala, se inició en marzo y finalizó en octubre de 2012. Se extendieron 50,000 TM en un tramo de 22 km. El trabajo comprendió la colocación de capa de mezcla asfáltica de tipo SMA, modificada con un terpolimero elastomérico reactivo, de 40 mm de espesor, sobre un pavimento existente de concreto de asfalto estructuralmente firme. La mezcla asfáltica SMA fue diseñada siguiendo normas americanas, del Estado de Georgia, con TMN de 9.5mm. El filler de aporte fue una mezcla de polvo de piedra caliza y cal hidratada en una proporción de 80% - 20%, respectivamente. El aditivo estabilizador usado fue una fibra de celulosa. El tamiz de corte fue el tamiz de 2.36 mm, para el tamaño máximo nominal de 9.5 mm, y el retenido de diseño de 74% con una variación de más-menos de 4.0%. La rehabilitación de la Autopista usando la mezcla asfáltica SMA fue un éxito, a pesar de algunos problemas durante la obra. Inicialmente se encontró variabilidad en la dosificación de finos, el cual fue solucionado con el aditamento de control de peso. La variabilidad en el contenido de asfalto de la mezcla y de algunas propiedades volumétricas, fue solucionada debido al control de calidad del laboratorio del ejecutor y el aseguramiento de la calidad de la supervisión. Durante la obra, se pudo experimentar la importancia de la proporción de la estructura, formada por el esqueleto de los agregados pétreos gruesos y el masticado de agregado fino, ligante asfáltico, filler y fibra de celulosa. El propósito de esta ponencia es transferir la experiencia de la “lección aprendida” en el diseño, manufactura, transporte, extensión y compactación de una mezcla asfáltica SMA, realizado en Guatemala.

RESUMO

O trabalho de Reabilitação da Rodovia concessionada Palín-Escuintla na República de Guatemala, teve uma iniciação em março e terminou em outubro de 2012. Foram espalhados 50.000 TM em uma extensão de 22 km. O trabalho compreende a colocação da capa de mistura asfáltica do tipo SMA (Stone Matrix Asphalt) modificado com um Terpolimero Elastômero Reativo de 40 mm de espessura sobre um pavimento asfáltico existente, com uma boa estrutura. A mistura asfáltica SMA foi desenhada segundo Norma Americana do Estado da Geórgia com TMN de 9,5mm. A carga mineral (Filler) aportada foi uma mistura de pedra calcária e cal hidratada numa proporção de 80%-20%, respectivamente. A peneira de corte escolhida foi a peneira de 2,36mm para TMN de 9,5mm com uma retenção de desenho de 74% com uma

variação de mais ou menos de 4,0%. A Reabilitação da Autoestrada usando a mistura asfáltica SMA foi um sucesso apesar de alguns problemas construtivos durante o trabalho. Houve, primeiramente, uma variabilidade na dosagem do recheio mineral que foi solucionado com um aditamento de controle em peso. A variabilidade do conteúdo de asfalto da mistura e de algumas propriedades volumétricas foi solucionada a través do controle de qualidade do laboratório do executor do projeto e seguimento de qualidade da supervisão do trabalho. Durante a obra se reconheceu a importância da proporção da estrutura formado pelo esqueleto dos agregados pétreos grossos e o mastico do agregado pétreo fino, do ligante asfáltico, do filler e da fibra de celulosa. O objetivo deste trabalho e a transferência da experiência da lição aprendida no desenho, no fabrico, no transporte e na colocação e compactação da mistura betuminosa SMA na Guatemala.

1. INTRODUCCION: BREVE DESCRIPCIÓN DE LA LOCALIZACIÓN Y CONFORMACIÓN DE LA AUTOPISTA PALÍN - ESCUINTLA.

Este trabajo es la continuación de la ponencia, “SMA para la Rehabilitación de la Autopista Palín – Escuintla, en la República de Guatemala”, presentado en Rio de Janeiro, Brasil, con motivo del CILA XVI, del 20 al 25 de noviembre de 2,011.

La Autopista Palín – Escuintla se localiza en la parte Sur de la República de Guatemala, en el Departamento de Escuintla, este tramo carretero pertenece a la carretera Centroamericana CA-9 Sur, la cual comunica en forma directa las localidades de Palín y Escuintla.

La autopista tiene una longitud de 22.7 Km. efectiva, que inicia en el Km. 38+200 en Palín, a una altura de 1,135 msnm y finaliza en el Km. 60+900 en Escuintla, a una altura de 300 msnm.

La zona donde se ubica la Autopista Palín – Escuintla, se caracteriza por tener micro climas, iniciando en Palín con un clima templado (18° C Min. y 30° Máx.) Escuintla con un clima caluroso (28° C Min. y 35° C Máx.). Otro dato importante es que en dicha zona en época lluviosa se registran de 3,312 a 5,543 mm. de lluvia al año, de acuerdo a datos históricos de lluvia de la zona, en el Departamento de Escuintla.

2. FACTORES EVALUDOS EN LA AUTOPISTA PALÍN – ESCUINTLA, PARA LA DETERMINACION DE LA SUPERFICIE A INSTALAR COMO CAPA DE RODADURA.

Los factores topográficos y climáticos que se han considerado en el estudio de la Autopista, es la pendiente (6%) continua existente en la Autopista Palín - Escuintla, (APE) y la cantidad de precipitación que cae en la estación lluviosa de dicha zona. Por lo que en la Autopista hay tramos que requieren tener un tipo de pavimento con características especiales, que eviten el derrape de los vehículos en los días de precipitación de lluvia intensa y en un largo periodo de tiempo.

Al analizar diferentes alternativas para la rehabilitación de la superficie de concreto asfáltico en caliente existente, entre ellas con concreto de cemento Portland - white topping - y mezcla asfáltica densamente graduada de uso convencional, los factores y necesidades anteriormente analizadas de la Autopista, y las experiencias en el exterior, el concesionario decidió rehabilitar la carretera con mezcla asfáltica de graduación discontinua tipo SMA, TMN 9.5 mm, de 40 mm de espesor, tomando en consideración además, las ventajas comparativas de estabilidad y durabilidad.

3. ESTRUCTURA DE LA MEZCLA SMA

La mezcla asfáltica en caliente de tipo SMA (stone matrix asphalt), es una mezcla asfáltica de granulometría discontinua que contiene un alto contenido de agregados pétreos gruesos, cuyo contacto de piedra con piedra en la mezcla, provee una eficiente red para la distribución de la carga vehicular. Las partículas de los agregados pétreos gruesos, se mantienen unidos por un rico mortero compuesto por relleno mineral (filler), fibra de celulosa, agregados finos y una gruesa película de ligante asfáltico modificado con polímeros.

3.1 SMA su Perfeccionamiento en el Tiempo

Revisando la literatura, vemos que la mezcla asfáltica SMA fue desarrollada en los años 60's, en Alemania por el Dr. Zichner, en un esfuerzo de resolver el problema de los daños causados a la capa de superficie de mezclas asfálticas, por los neumáticos con cadenas de los vehículos, que circulaban en época de invierno. Dr. Zichner expuso: "... los agregados pétreos gruesos, deben ser los principales componentes de la mezcla asfáltica, para proveer la necesaria resistencia al desgaste, mientras que el alto contenido de mortero y ligante asfáltico produciría una larga vida en servicio ". Así, la idea de la mezcla asfáltica SMA, consistía en crear una mezcla con un esqueleto fuerte de agregados gruesos y un mortero compuesto de ligante asfáltico, fibras, agregados finos y filler para rellenar los vacíos dejados por los agregados gruesos.(Krzysztof, 2,011)

3.2 Experiencia de Capacitación de Ingenieros Especialistas en Asfaltos, mexicanos y guatemaltecos, en viajes de estudio realizados a Corea, México y Europa, sobre la Mezcla Asfáltica SMA.

3.2.1 El viaje de estudio a la República de Corea del Sur, se hizo en febrero de 2011. La primera visita fue al Centro de Investigación y Desarrollo (KECRI) de Korean Expressway Corporation (KEC) y el grupo fue atendido por el Director, Dr. Chang-Kwong Ock. El propósito de la visita fue conocer, el extenso y completo laboratorio de KEC Research Institute, localizado en la ciudad de Osan, además se tuvo la oportunidad de visitar la Autopista No. 1 Gyeongbu Expressway, que conecta las ciudades de Seúl con Busarsan, en el tramo de Yangsan-Gupo, donde se hizo la primera prueba de SMA, en noviembre de 1995.

3.2.2. Un grupo de ingenieros guatemaltecos de la Dirección General de Caminos, personal de la empresa concesionaria y contratistas hicieron una gira a México, para conocer los trabajos que se estaban realizando con mezclas SMA, con el fin de estudiar la posibilidad de rehabilitar la Autopista Concesionada Palín – Escuintla, con esta nueva tecnología. Se inspeccionaron dos proyectos de mezcla SMA y se visitaron dos plantas de asfaltos, para conocer las modificaciones necesarias de efectuar, a una planta de asfalto convencional.

3.2.3 Aprovechando una gira de estudio a Europa, organizada por la AMAAC (Asociación Mexicana de Asfalto, A.C.) y por invitación de la asociación, el contratista se unió al grupo, a visitar plantas de asfalto de tipo batch y proyectos de rehabilitación de capas superficiales de asfalto, con mezclas SMA. El grupo fue recibido en Nürberg Alemania, por la empresa contratista Strabag A.G, por el Dr. Nölle y la Dra. Kerstin Gartner. El Dr. Nölle de Strabag AG, dio una charla sobre las especificaciones Europeas de mezclas asfálticas SMA, la Dra. Gartner de Highway Authority Bavarian North, disertó sobre "Conceptos de SMA" y la experiencia Alemana. Posteriormente, el Dr. Nölle, llevo al grupo a visitar una obra en ejecución, de rehabilitación de la capa superficial con mezcla asfáltica SMA- especificación alemana 8S.

4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1 Agregados Pétreos

4.1.1 Agregado Grueso

En la Tabla 1, se encuentran los requisitos de calidad que deben cumplir los agregados gruesos que se utiliza en la fabricación de mezclas SMA.

Tabla 1. Requisitos de calidad para el agregado grueso para mezcla SMA

ENSAYO	MÉTODO	REQUERIMIENTO
Ensayo de desgaste de Los Ángeles (%)	AASHTO T 96	25* max.
Partículas planas y alargadas (%)	ASTM D 47 91	
	3 a 1	20 max.
	5 a 1	5 max.
Absorción (%)	AASHTO T 85	2 max.
Intemperismo (5 ciclos) (%)	AASHTO T 104	
	Sulfato de sodio	15 max.
	Sulfato de magnesio	20 max.
Partículas trituradas (%)	ASTM D 5821	
	Una cara	100 min
	Dos caras	90 min

4.1.2 Agregado fino

Para las mezclas SMA, el agregado fino se define como el material que pasa por el tamiz No. 8 (2.36 mm.) para un TMN de la mezcla de 9.5 mm. (3/8 in.).

Los requisitos de calidad que deberá cumplir el agregado fino utilizado en las mezclas SMA, se encuentran enunciados en la tabla 2.

Tabla 2. Requisitos de calidad para el agregado fino para mezclas SMA

ENSAYO	MÉTODO	REQUERIMIENTO
Intemperismo (5 ciclos) (%)	AASHTO T 104	
	Sulfato de sodio	15 máx.
	Sulfato de magnesio	20 máx.
Angularidad (%)	AASHTO TP 33 (Método A)	45 min
Limite liquido (%)	AASHTO T 89	25 máx.
Índice plástico	AASHTO T 90	No plástico

4.1.3. Relleno Mineral de Aporte (filler de aporte)

Se define como filler de aporte a la fracción de material que pasa por lo menos el 90%, del tamiz No. 200 (0.075 mm.) y que se incorpora a la mezcla de manera complementaria, normalmente con el fin de cumplir con los requisitos granulométricos establecidos. Deberá estar compuesto de material mineral finamente dividido, semejante al polvo de roca o piedra calcárea, u otro material adecuado.

4.1.4. Ligante Asfáltico

Para la fabricación de la mezcla, se empleará el sistema de clasificación de asfaltos PG, el grado

de desempeño (PG) debe ser igual o mayor al grado PG 76-22, según propiedades reológicas del Manual MS 25 del Instituto de Asfalto de USA.

4.1.5. Agente Estabilizador

Las fibras de celulosa que se empleen en la fabricación de la mezcla SMA deben ser capaces de inhibir el escurrimiento de asfalto. La dosificación de las mismas será del 0.3% o más sobre la masa total de la mezcla.

4.1.6. Emulsión Asfáltica para riego de liga

El material utilizado como riego de liga, fue una emulsión asfáltica catiónica de rompimiento lento CSS-1h diluida con agua o, una emulsión de rompimiento rápido modificada con polímeros CRS-2P, cuyas características debían cumplir la designación AASHTO M 316-98.

5. Diseño de la Mezcla

El diseño de la mezcla asfáltica SMA, fue realizado en un laboratorio con equipos de pruebas de las normas AASHTO y NAPA,

Tabla 3: Diseño de mezcla asfáltica tipo SMA

TMN 9.5 mm

PRUEBAS EFECTUADAS	SIMBOLO	RESULTADO	ESPECIFICACIONES
Mezcla Asfáltica			
Numero de golpes por cara	****	50.00	50
Temperatura de mezclado °C	****	166.00	170 aprox.
Temperatura de compactación °C	****	149.00	138 min
Óptimo de asfalto (%)	Pb	6.75	6 min
Fibra celulosa (%)	****	0.30	0.3 - 0.5
Vacios de aire (%)	Va	4.01	3.0 - 6.0
Vacios de agregado mineral (%)	Vma	18.03	17 min
Estabilidad Marshall (Lbs/plg ²)		1,735.57	1,400 min
Fluencia Marshall (0.01 ")	****	12.25	NA
Relación estabilidad-fluencia (Lbs/0.01")		141.68	NA
Resistencia a tracción indirecta (kPa)	RTI	2,866.00	
Susceptibilidad a la humedad (%)		100.00	70 min
Escurrecimiento Schellenberg (%)		0.04	0.30 máx.
Gravedad específica bruta de la mezcla	Gmb	2.3551	****
Gravedad específica teórica máxima de la mezcla AASHTO T209	Gmm	2.4534	****
Vacios en el agregado grueso de la mezcla	VCAMIX	39.22	VCADRC > VCAMIX
Agregado			
Vacios del agregado grueso en condición seco varillado	VCADRC	39.87	
Gravedad específica bruta del agregado	Gsb	2.68	****
Gravedad específica efectiva del agregado	Gse	2.71	****
Porcentaje de absorción de agua	Pwa	1.01	****
Vestimento del agregado (%)	****	98.00	> 95
Equivalente de arena (%)	****	77.50	> 35
Límite líquido (%)	LL.	N. L.	< 20
Índice plástico	****	No plástico	No plástico

Caras fracturadas (%)	****	99.16	90 min
Partículas planas y alargadas (%)	PPA	11.52	20 máx.
3 a 1			
5 a 1		0.00	5 máx.
Abrasión -Los Ángeles (%)		18.30	30 máx.
Desintegración al sulfato de sodio (%)	****	10.00	15 máx.
Angularidad del agregado fino (%)	****	85.00	45 min
Peso unitario suelto	PUS	1,274.00	NA
Ligante Asfáltico			
Gravedad específica del asfalto	Gb	1.06	****

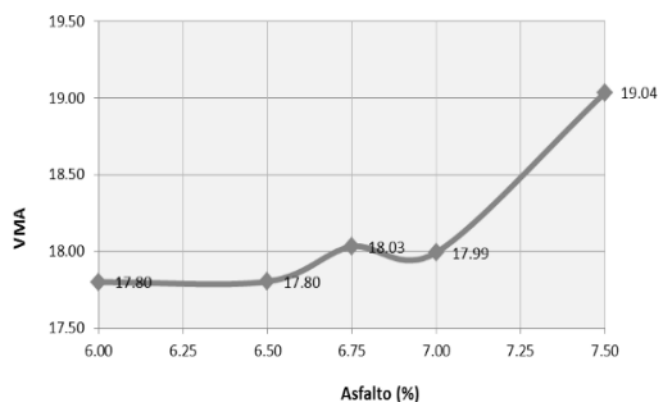
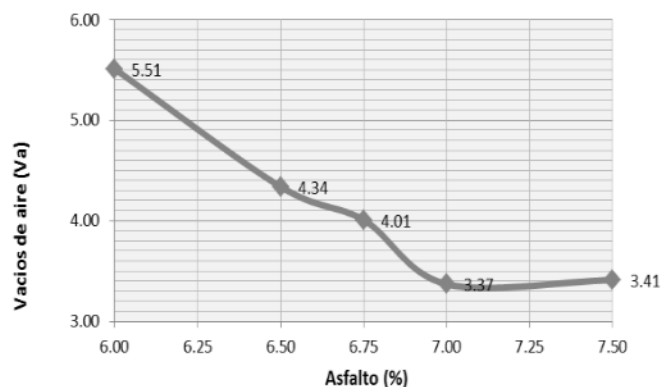
Tabla 4: Formula de trabajo de mezcla asfáltica tipo SMA

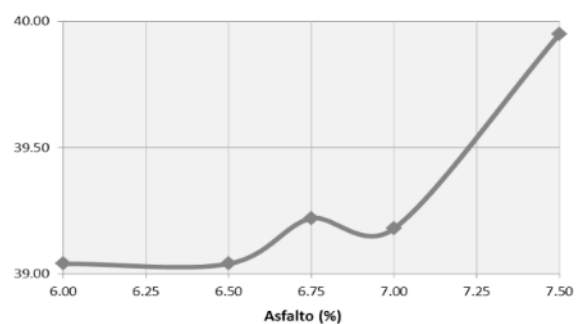
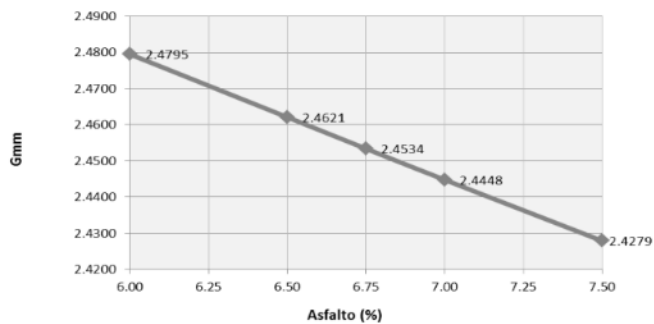
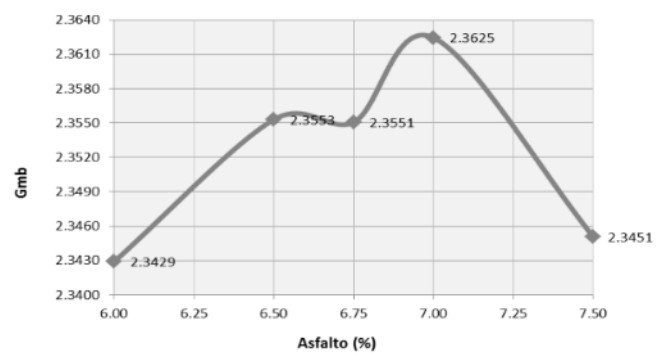
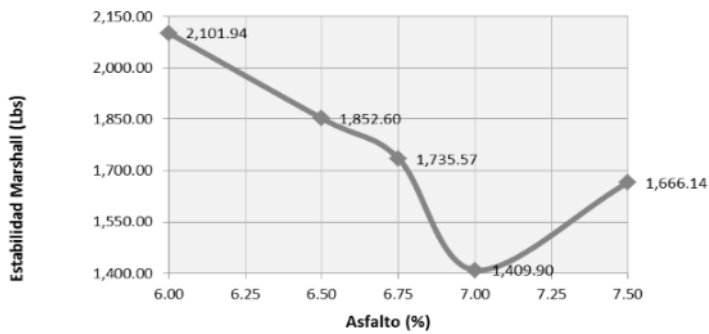
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Granulometría TMN	mm	9.50
Espesor	mm	40.00
Tamiz de corte	mm	2.36
Filler mineral	%	10.00
Fibra celulosa	%	0.30
Asfalto modificado (PG 82-xx)	PG %	6.75 %
VCADRC	%	39.87
VCAMIX	%	39.22
Va	%	4.00
VMA	%	18.03

Tabla 5: Análisis Granulométrico

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	AGREGADOS PÉTREOS			COMBINACIÓN AGREGADOS	ESPECIFICACIÓN
% PASA %	(mm)	3/8"- #8 (72%)	1/2"- 0 (21%)	Cafill (7%)		SMA 9.5 mm Georgia/ USA
1	25.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100-100
3/4	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100-100
1/2	12.50	100.00	100.00	100.00	100.00	100-100
3/8	9.50	87.24	100.00	100.00	90.81	80-100
#4	4.75	14.87	99.77	99.84	36.65	28-50
#8	2.36	2.81	80.18	99.64	25.84	15-30
#200	0.075	1.48	13.41	91.47	10.29	8-13

PROPIEDADES VOLUMETRICAS





6. LECCION APRENDIDA

La Rehabilitación en la Capa Rodadura de la Pista Principal, consistió en la colocación de la mezcla SMA modificada, tuvo inicio el 22 de enero de 2012 y finalizo el 16 de octubre de 2012; esparciéndose 44,000 toneladas métricas. En la Rehabilitación de los Hombros, se colocó Concreto Asfáltico en Caliente, se inició el 9 de Marzo de 2012 y finalizo el 17 de Octubre de 2012, con un total de 9,000 toneladas métricas esparcidas. Los Tramos Distribuidores de Transito Vial, se empezaron el 19 de Octubre y finalizaron el 19 de Diciembre de 2012. Se regaron 3,000 toneladas métricas, de Concreto Asfáltico en Caliente modificado con polímero elastomerico.

En resumen, se cubrió un área total de 528,546 m² con mezcla asfáltica y se esparcieron un total de 56,000 toneladas métricas.

6.1 Trabajo de Investigación en el Laboratorio

6.1.1 Ligante Asfáltico

La investigación en el laboratorio fue realizada con diferentes modificadores de cemento asfáltico, buscando identificar el tipo de modificador apropiado para las condiciones climáticas del proyecto, el cual se encuentra en una zona semi-tropical, situado entre 1,135 y 300 msnm y temperaturas del aire, arriba de 32° a 38° C en la época del año de ejecución del proyecto.

Después de varios ensayos, el modificador seleccionado para la rehabilitación de la capa de superficie, fue un polímero elastomerico reactivo, con una dosificación de 1.2% a 1.5% por peso del cemento asfáltico. Las pruebas fueron realizadas en un molino de laboratorio de alto torque,

a temperaturas y tiempos de modificación adecuados, según recomendaciones del proveedor del polímero.

El cemento asfáltico base, usado en la modificación fue el AC-20 de origen guatemalteco, procedente de la refinería del Municipio de La Libertad, situada en el Departamento de Peten, al Norte de Guatemala.

Muestras del ligante asfáltico modificado fueron enviadas a un laboratorio en el exterior, para su caracterización por medio de ensayos reológicos, y la identificación del ligante asfáltico por su grado de desempeño.

Tabla 6: Pruebas al ligante asfáltico

TIPO DE PRUEBA	ASFALTO MODIFICADO ORIGINAL	ASFALTO MODIFICADO RTFO
	($G^* / \text{sen } \delta = 1.0 \text{ kPa } (^{\circ}\text{C})$)	($G^* / \text{sen } \delta = 2.2 \text{ kPa } (^{\circ}\text{C})$)
Temperatura de falla	85.17	90.63
Módulo Reológico Corte Dinámico a 82%	1.271	2.61
Angulo de fase (δ) a 82°C	59.66	51.22

Los resultados muestran un grado de desempeño PG 82-22, considerado altamente resistente a la deformación plástica y al agrietamiento por fatiga.

6.1.2 Granulometría

La disponibilidad de agregados pétreos, para la manufactura de mezclas asfálticas en Guatemala, es escasa y variable. Para cumplir con las especificaciones de la granulometría del Estado de Georgia, USA de 9.5 mm, se ensayaron en el laboratorio, varias combinaciones de agregados pétreos. La empresa procesadora de piedra tuvo que manufacturar dos grados especiales de agregados, que en combinación con el filler especialmente fabricado para el proyecto-combinación de polvo calcáreo y cal hidratada – se logró entrar en los rangos granulométricos especificados. Para el TMN de 9.5 mm el tamiz de corte es el 2.36 mm, se hicieron varios ensayos para adecuar el mortero en los vacíos de agregado grueso. Según recomendación el porcentaje retenido en el agregado grueso debe estar entre un 70 % y un 80 %, (NAPA, SMA Guidelines).

6.2 Modificaciones en la Planta Asfáltica

La mezcla asfáltica SMA, fue manufacturada en una planta asfáltica de tipo continua de doble barril, de contra flujo de 180 TPH de capacidad. La primera enseñanza o lección aprendida, fue reconocer que la planta en su estado original no podría producir la mezcla y que por lo tanto era necesario pasar por la experiencia de las modificaciones físicas de la planta. Como resultado, se requirieron las siguientes construcciones y modificaciones:

La construcción de un silo 50 TM, para almacenar la gran cantidad de relleno mineral (filler) que requiere una mezcla SMA, que especifica de 8% a 13% pasa tamiz 0.075 mm para un tamaño máximo nominal de 9.5 mm.

El sistema de dosificación del relleno mineral – durante la ejecución del proyecto hubo necesidad de instalar un sistema de dosificación del filler por peso – weight pod - más preciso, ya que la dosificación volumétrica inicialmente instalada, producía una gran variabilidad en el contenido del tamiz 0.075mm.

El sistema de inyección y control de la fibra de celulosa - la adición del aditivo estabilizador de fibra de celulosa, es parte de los componentes de mastico en una mezcla SMA. La dosificación especificada de 0.3% - 1.5% es de gran importancia para inhibir la exudación de asfalto por la gran cantidad de ligante asfáltico que se especifica en una mezcla de tipo SMA. Como equipo adicional a la planta asfáltica, se instaló un sistema de dosificación de fibra de celulosa de tipo neumático (blower) el cual funciona con mucha precisión.

El cono del silo de almacenamiento de la mezcla asfáltica de la planta, tuvo que ser revestido con material polimérico, debido a la alta viscosidad y lo pegajoso de la mezcla.

6.3 Proceso Constructivo en el Tendido de la Mezcla Asfáltica.

Una vez establecido el diseño de la mezcla asfáltica y aprobada la fórmula de trabajo, se procedió a la manufactura de la mezcla asfáltica en la planta, acondicionada, para la producción de la mezcla SMA.

La Autopista Palín-Escuintla se encuentra a 40 km de la planta asfáltica y el tiempo de transporte de la mezcla al proyecto, es de aproximadamente 1 hora. La temperatura de la mezcla, al salir de la planta asfáltica es de 160°C y al llegar al proyecto es de 150°C, temperatura adecuada para la colocación y compactación, según datos de temperatura de equiviscosidad de la mezcla.

La primeras cargas de la mezcla asfáltica fueron esparcidas y compactadas inmediatamente atrás del equipo de colocación (finisher) con compactadoras de rodo de acero, abriéndose el paso al tráfico vehicular, de 2-3 horas después de colocada la mezcla asfáltica. Se siguió esparciendo la mezcla sin mayores problemas, hasta que se observó que los primeros tramos presentaban manchas superficiales puntuales, similares a manchas producidas por exudación de asfalto. Con el estricto control de calidad tanto del contratista como de la supervisión del proyecto, se tomaron muestras de testigos para ser analizadas en el laboratorio central. Los resultados en el laboratorio constataron que, la mezcla asfáltica esparcida cumplía con el diseño de la mezcla y con las especificaciones. La supervisión dejó el tramo en observación por un periodo de 30 días.

Posteriormente, después de los análisis efectuados, se determinó, que las manchas superficiales con una textura cerrada, se debían a la alta temperatura del pavimento (54°C) en el día de colocación de la mezcla y la pronta apertura del tránsito vehicular, producía que el ligante asfáltico por la compactación, tanto de los rodos de compactación, como de los vehículos en marcha, subiera a la superficie del pavimento, produciendo lo que es conocido como “fat spots”. A pesar de que la mezcla asfáltica cumplía con las especificaciones, en granulometría, contenido de asfalto y propiedades volumétricas, se decidió levantar el tramo y se esparció una nueva mezcla, observando la lección aprendida, de evitar esparcir la mezcla en superficies muy calientes y controlar la apertura del tráfico vehicular no antes de 24 horas, esperando que la temperatura de la mezcla baje a la temperatura ambiente.

7.- CONCLUSIONES

El SMA es una mezcla asfáltica reconocida mundialmente como altamente durable, estable y resistente a la deformación plástica.

En Guatemala fue realizado el primer proyecto de SMA, en una Autopista importante, con resultados inicialmente satisfactorios.

Las lecciones aprendidas, indican la absoluta necesidad de hacer modificaciones y aditamentos en la planta asfáltica, tales como: construcción de un silo para el almacenamiento del relleno mineral, equipos de dosificación del relleno mineral y fibra celulosa; Equipos que deben estar conectados directamente con los controles electrónicos de la caseta de mando. Se recomienda que la dosificación sea efectuada por masa y no por volumen para mayor precisión.

Para la dosificación de la fibra celulosa, se instaló un mecanismo volumétrico de alta precisión, para cumplir con las estrictas especificaciones.

La colocación y compactación de la mezcla SMA, es muy sensible a la temperatura ambiente, temperatura de la mezcla y a la temperatura del pavimento. Por lo que debe haber un estricto control en la apertura del tráfico vehicular, se recomienda esperar por lo menos 24 horas, para tener una mayor calidad de la rodadura.

Las manchas superficiales que aparecen en algunas partes del pavimento, después de tenderse la mezcla y abrirse al tráfico, se pueden llamar cosméticas y no afectan la durabilidad y ni la estabilidad de la mezcla asfáltica.

Los viajes de estudio realizados a países con gran experiencia en la manufactura y colocación de SMA, han permitido diseñar y colocar la mezcla asfáltica en forma satisfactoria.

Muestras de mezcla SMA fueron enviadas, al laboratorio del Instituto Independiente de Construcción del Profesor Schellenberg en Leipheim, Alemania, para su análisis, indicando que la mezcla cumple con SMA 8S, que se usa en Alemania.

Las mediciones de IRI y de Deflexiones en la Autopista Palín-Escuintla, después de los trabajos, han dado como resultado un mejoramiento tanto funcional como estructural de la Autopista.

8. REFERENCIAS

AASHTO MP 8-05. Especificación estándar para el diseño de SMA. (Standard Specification for Designing Stone Matrix Asphalt -SMA-).

AASHTO PP 41-02 (2004). Prácticas estándar para el diseño de SMA. (Standard Practice for Designing Stone Matrix Asphalt -SMA-)

Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, DGC y MCIV. Guatemala, septiembre 2001.

J. Rettenmaier & Söhne, Stone Mastic Asphalt, El nombre de las Carreteras Modernas, Alemania, 2,009.

Krzysztof Blazejowski, Stone Matriz Asphalt, Theory and Practice, United States of America, Fl. 2,011.

National Asphalt Pavement Association (NAPA), Designing and Constructing SMA Mixtures State of the Practice, Quality improvement Series 122, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, 1,998.-