



COGRESO MEXICANO DEL ASFALTO

Expo-**ASFALTO** 2017

23 - 25 de agosto Cancún 2017

MITOS Y REALIDADES DE LAS MEZCLAS DENSAS DE ALTO DESEMPEÑO

Eymard Ávila
SemMaterials México
eavila@semgroupcorp.com

Víctor Cincire
SemMaterials México
vcincire@semgroupcorp.com

Resumen

El diseño, control de calidad y construcción de las mezclas asfálticas diseñadas con indicadores de desempeño, referidas y promovidas por la Asociación Mexicana del Asfalto (Protocolo AMAAC) ha generado una serie de inquietudes alrededor de esta metodología que se utiliza como una herramienta para complementar la norma actual de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

En este trabajo se enfatiza la importancia del uso de este tipo de mezclas asfálticas, ya que debido al alto incremento vehicular, en un alto porcentaje de nuestras carreteras, el tránsito supera los diez millones de ejes equivalentes acumulados en los que se utiliza el método Marshall para diseño de mezclas asfálticas como lo solicita la norma N-CMT 4-04/08.

Los conceptos y resultados mostrados permiten observar que una mezcla por desempeño sigue los mismos lineamientos tradicionales con incursiones importantes en la simulación del proceso de compactación y en pruebas de desempeño para una mejor predicción de su durabilidad. Así mismo, destaca que los materiales asfálticos para ambas metodologías se seleccionan de igual forma en función del tránsito y clima del lugar en que se ubica el proyecto y cómo su proceso de producción/fabricación afecta el desempeño de las mezclas.

Palabras Clave: Mezclas por desempeño; Control de calidad; Protocolo AMAAC; método Marshall.

1. Introducción

El diseño, producción y control de calidad de las mezclas asfálticas en nuestro país está normado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). La norma se desarrolló para proyectos de pavimentos flexibles con tránsitos vehiculares menores o iguales a 10 millones de ejes equivalentes acumulados que circularán durante el período de diseño del pavimento; para proyectos que superan dicho umbral la norma SCT vigente indica que se requiere un diseño especial de la mezcla.



De acuerdo a los datos viales de los ejes troncales y de las vías principales en el país, existe un fuerte crecimiento vehicular que excede el límite indicado en la norma SCT para emplear la metodología de Diseño Marshall, por lo que debería utilizarse un diseño especial. Como respuesta a esta situación, la Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC) se dio a la tarea de desarrollar el denominado Protocolo AMAAC, relativo al proceso de diseño y control y aseguramiento de calidad para mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño. Estos manuales, actualmente, se utilizan como especificaciones particulares en proyectos que involucran las condiciones de tránsito vehicular anteriormente señaladas.

El protocolo AMAAC está basado en el método propuesto en Estados Unidos por el *Strategic Highway Research Program* (SHRP) conocido como *Superpave*, complementado con técnicas desarrolladas por el *Laboratoire Central des Ponts et Chaussées* de Francia y por el *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas* de España. Contiene características adaptadas a condiciones específicas del país con la finalidad de proponer mejoras en la calidad de las capas asfálticas construidas.

El método Superpave fue diseñado para resolver el crecimiento constante en la demanda vehicular y ambiental y consiste en seleccionar el contenido de asfalto necesario para obtener una película protectora suficiente para el material pétreo, permitir flexibilidad y manejabilidad de la mezcla (vacíos de aire, vacíos en el agregado mineral) y un desempeño satisfactorio sobre la vida de servicio del pavimento. Ello implicó la renovación de procedimientos de simulación y predicción del comportamiento de la mezcla, desde la selección de los materiales pétreos, materiales asfálticos y requisitos de resistencia separado por niveles en función del nivel de tránsito estimado en el proyecto (SHRP, 1994).

2. Diferencias y similitudes entre las metodologías de diseño

En el reporte se enumeran una serie de controversias que forman parte de la cotidianeidad en los trabajos relacionados a las mezclas asfálticas de alto desempeño teniendo como punto de referencia la metodología Marshall.

2.1. Características de los materiales pétreos

Las características solicitadas en un material pétreo para ser utilizado en la elaboración de mezcla asfáltica tienen la finalidad de seleccionar a aquéllos que permitan la construcción de una capa resistente a los embates de los factores ambientales y de cargas vehiculares. La mayoría de estos requisitos se encuentran establecidos en el método Marshall para comprobar que el agregado mineral sea limpio, tenaz, denso y con cubrición en las partículas obtenidas en la trituración. La Tabla 1 muestra los requisitos del material pétreo grueso (grava). Allí se puede observar como con respecto a la normativa SCT, se adicionan las pruebas de Micro-Deval e Intemperismo Acelerado, las



cuales tienen la finalidad de conocer el grado de resistencia a la intemperización ambiental y al pulimento de la superficie de las partículas. Estas dos pruebas pueden ser consideradas completamente apropiadas dada la exposición directa que existe en una carpeta asfáltica al tránsito y medio ambiente.

Por otro lado el *Protocolo AMAAC* cuantifica la trituración de los materiales pétreos mediante el ensaye de caras fracturadas. Referente a la forma de la partícula, el requisito se mantiene, utilizando un calibrador de dimensiones de partículas largo – ancho – espesor distinto; mientras la metodología *Marshall* posee una relación más estricta para lograr el cumplimiento que el *Protocolo AMAAC*.

Tabla 1. Requisitos del Agregado grueso

PROPIEDAD FÍSICA	(Metodología Marshall) N-CMT-4-04/08		Mezcla de Alto Desempeño (Protocolo AMAAC)
	$\Sigma L \leq 10 E^6$	Cualquier valor de ΣL	
Desgaste Los Ángeles, %	35 máx.	30 máx.	30 máx.
Densidad relativa	2.4 mín.	-	-
Partículas planas y alargadas, %	40 máx. relación 2:1	35 máx. relación 2:1	10 máx. relación 5:1
Desgaste Micro-Deval, %	-		18 máx.
Intemperismo acelerado, %	-	-	15 máx. (sulfato de sodio) 20 máx. (sulfato de magnesio)
Caras fracturadas, % (2 caras o +), %	-	-	90 mín.
Adherencia con el asfalto, % de cubrimiento	-	-	90 mín.

La Tabla 2 muestra que las especificaciones del material pétreo fino considera la incorporación, en el Protocolo AMAAC, de ensayos cuantitativos de la calidad de la trituración (Angularidad) y de la medición del grado de reactividad de la Arcilla presente en el Arena. Esta última prueba es complementaria al valor de Equivalente de Arena, sin correlación alguna: la primera evalúa la cantidad de arcilla existente y la segunda el efecto que ésta puede provocar en el desempeño de la mezcla.

Tabla 2. Requisitos del Agregado Fino

PROPIEDAD FÍSICA	(Metodología Marshall) N·CMT-4-04/08		Mezcla de Alto Desempeño (Protocolo AMAAC)
	$\Sigma L \leq 10 E^6$	Cualquier valor de ΣL	
Densidad relativa	2.4 mín.		-
Equivalente de arena,%	50 mín.		50 mín.
Angularidad, %	-	-	40 mín.
Azul de metileno, mg/g	-	-	15 máx.
Densidad relativa	2.4 mín.		-

2.2. Estructura granulométrica

En el método Marshall, los límites permitidos para construir un esqueleto mineral equilibrado consideran un área total dividida en dos sub-áreas, diferenciando una mezcla de condición fina de una mezcla gruesa. En el protocolo AMAAC, los puntos de control delimitan la suma de las dos sub-áreas, es decir que si se unen estos puntos de control se obtienen los límites de control considerados en Marshall, lo que facilita que el proceso de selección y de dosificación de fracciones sea más amplia (Figura 1), además que la zona de restricción que de manera implícita conserva Marshall, es omitida por Protocolo AMAAC, tal como lo descartó Superpave (NCHRP, 2001).

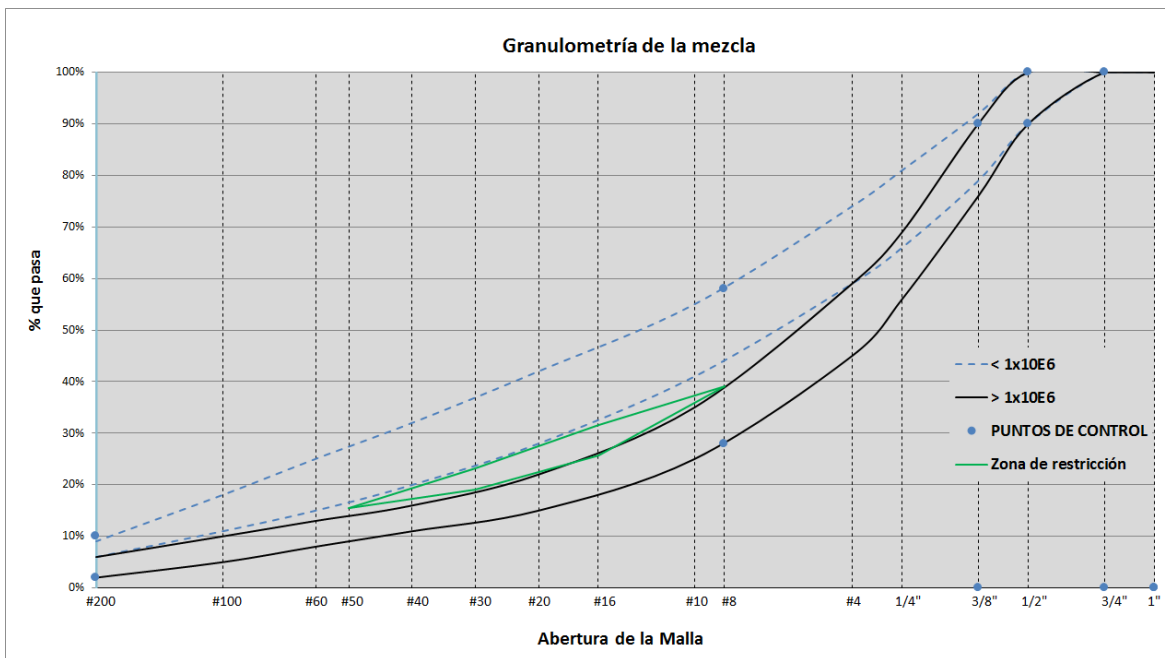


Figura 1. Límites granulométricos de una mezcla densa



2.3. Selección de materiales asfálticos

La selección del material asfáltico para un proyecto particular, está definido por las temperaturas máximas y mínimas que se esperan en el lugar de su aplicación, por la intensidad del tránsito esperado y por la velocidad de operación o de proyecto de la carretera. Con esta información se determina el grado de desempeño (PG) del material asfáltico y por lo tanto las especificaciones a cumplir a partir de las cuales se busca tener un desempeño adecuado para resistir deformaciones o agrietamientos por temperaturas bajas o por fatiga.

Por lo tanto la selección del material asfáltico no depende de la metodología utilizada para el diseño de la mezcla asfáltica, sino de los requerimientos de un proyecto particular.

Sin embargo es recomendable complementar el análisis de las propiedades físicas de los materiales asfálticos con las pruebas de desempeño de una mezcla asfáltica para asegurar la durabilidad deseada. Los materiales asfálticos pueden provenir de diferentes crudos, diferentes procesos de refinación y en algunos casos de mezclas de materiales y aunque presentan propiedades físicas que los permiten englobar en un determinado grado de desempeño PG, su composición química difiere sustancialmente lo cual se ve reflejado en el comportamiento mecánico en las mezclas asfálticas.

A continuación se presenta un resumen de un estudio realizado por SemMaterials México, el cual muestra que las características mecánicas de la mezcla asfáltica son similares entre aquellas elaboradas con asfaltos obtenidos directamente de la Refinería denominados de producción directa "straight asphalt" y sin embargo existen diferencias importantes en asfaltos obtenidos de la mezcla de materiales reciclados o regenerados conocidos como "blending asphalt".

En el estudio se evaluó un material pétreo de río (banco 1) y un material pétreo calizo (banco 2). Se evaluaron tres materiales asfálticos: un asfalto mezclado con aceites re-refinados denominados Re-refined Engine Oil Bottom (REOB's) o también referidos como Vacuum Tower Asphalt Extender (VTAE) con un grado de desempeño PG 64-22, un asfalto grado PG64-16 proveniente del proceso de refinación de PEMEX y un PG 64-22 obtenido de un proceso de refinación directa.

Con respecto a los REOB's algunos estudios han comprobado que el uso en concentraciones altas de estos componentes químicos en el asfalto, propician problemas en el desempeño de la mezcla aunque no son detectables en las propiedades de los materiales asfálticos (WASHTO, 2015).

En la Figura 2 se presentan los resultados de la evaluación en la prueba de tensión indirecta por AASHTO T 283, donde se pueden observar resultados variables entre las diferentes mezclas, obteniendo una semejanza importante entre los materiales obtenidos de un proceso de refinación directa a pesar de que corresponden a dos diferentes grados de desempeño PG64-16 y 64-22. Por otro lado, el asfalto conteniendo REOB's mostró un



incremento en la rigidez de la mezcla, en términos de esfuerzos, aunque manteniendo tasas de pérdida de resistencia por efecto de humedad en magnitudes similares al de las dos primeras variantes.

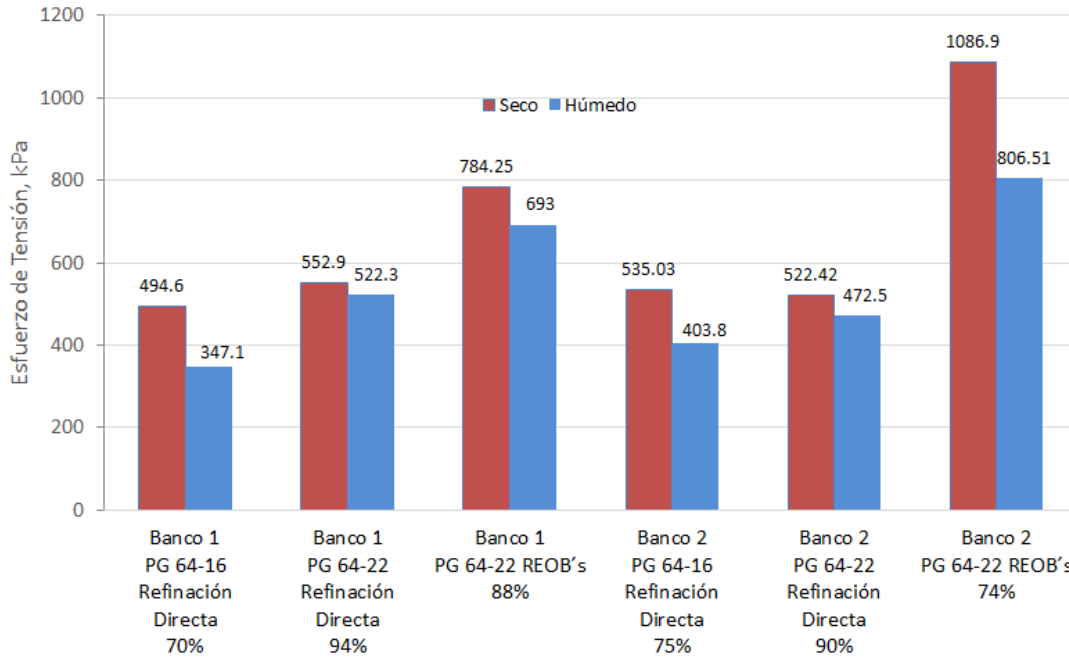


Figura 2. Resultados de Tensión Indirecta

En la Tabla 3 se muestran los datos de la prueba de susceptibilidad a la deformación permanente en la rueda cargada de Hamburgo. Como consecuencia de la severidad del ensaye, se obtuvieron resultados desfavorables en la mayoría de las mezclas para el cumplimiento del requisito de calidad para carreteras nivel de tránsito bajo (menor a un millón de ejes equivalentes), el cual establece 10 mm de deformación máxima ante una carga repetida durante 10,000 pasadas. La Tabla 3 muestra el número de pasadas donde inició el proceso de deformación por formación de roderas y desgranamiento. Los resultados denotan que el banco 2 presentó mayor susceptibilidad a la falla que el banco 1 y resultados variables entre los diferentes materiales pétreos. Se detectó la necesidad de utilizar un aditivo mejorador de adherencia para disminuir el daño por humedad.

Tabla 3. Resultados en la rueda cargada de Hamburgo

Número de pasadas hasta el punto de inflexión en rueda cargada de Hamburgo			
Banco / Ligante	Asfalto PG64-16 Refinación Directa	Asfalto PG64-22 Refinación Directa	Asfalto con REOB's (blending)
1	14520	7460	5100
2	5160	6120	3840

La Figura 3 exhibe la información obtenida en el ensaye de Módulo Dinámico donde la tendencia en la resistencia del Asfalto PG64-16 y PG64-22 presenta un comportamiento similar, mientras que el material asfáltico con REOB's provee una rigidez mayor a los



primeros. Si bien en principio, el aumento en la rigidez de la mezcla proveída por el último material asfáltico podría ser considerado un beneficio estructural de la capa, el ensaye de fatiga mostró el efecto contrario, derivado de sobre – rigidez y baja flexibilidad para recuperar la deformación. El número de repeticiones a flexión soportado por las mezclas con REOB´s fue claramente menor a las otras dos variables (Figura 4). Esto implica una baja resistencia a la fatiga de las mezclas producidas con estos materiales y exhibe el problema reportado en diversas partes de Estados Unidos en donde el uso de estos materiales ha llevado a la disminución de vida útil de los pavimentos por la aparición temprana de fallas por agrietamiento (Asphalt Institute, 2015).

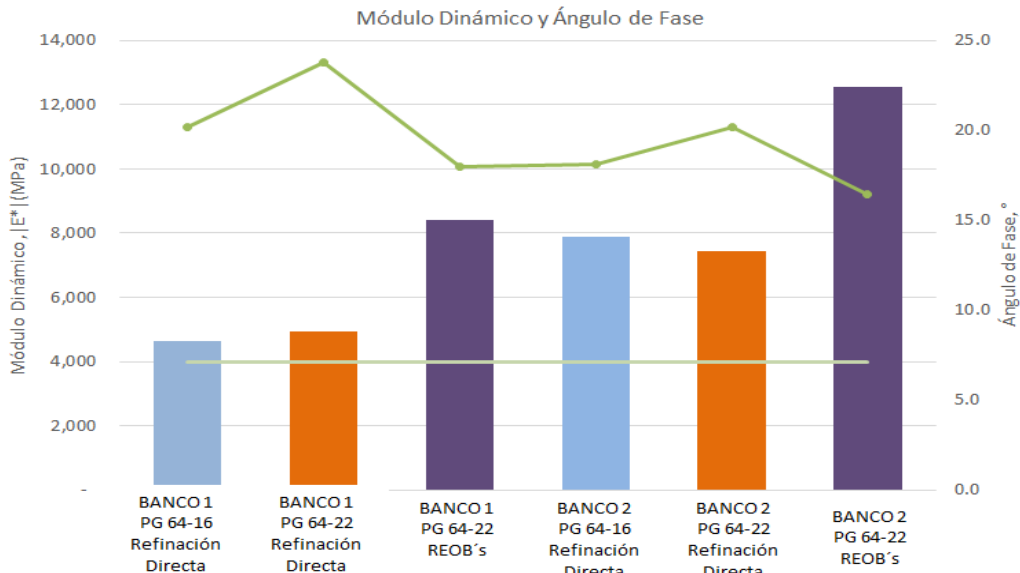


Figura 3. Resultados de Módulo Dinámico

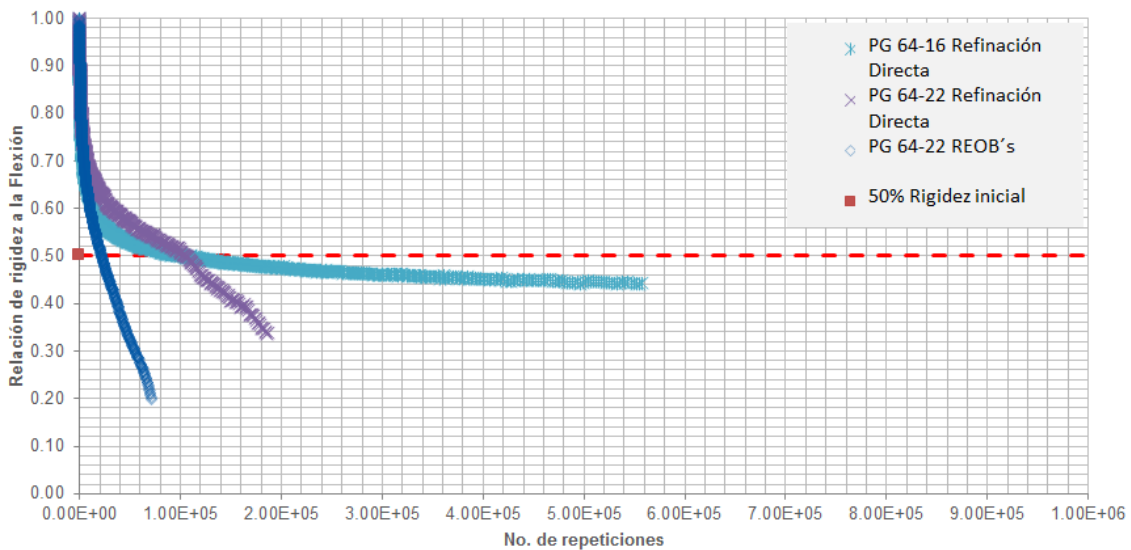


Figura 4. Resultados del ensaye de Fatiga



Este estudio ratifica la importancia de no solo analizar las propiedades físicas de los materiales asfálticos, sino también su composición química así como medir su desempeño en mezclas asfálticas.

2.4. Consideraciones sobre las temperaturas de manejo para asfaltos grado desempeño

Para alcanzar los diferentes grados desempeño requeridos en el país en general los PG64-16 y PG64-22 son obtenidos directamente de las refinerías, pero para incrementar su grado de desempeño por ejemplo a PG70-22, PG76-22, PG82-22 cuando son requeridos en proyectos por condiciones de clima y tránsito, se realiza la modificación de los asfaltos con polímero o aditivos inorgánicos y orgánicos. Esta modificación en general aumenta la viscosidad de los asfaltos y requiere incrementar las temperaturas de mezclado y compactación. La norma AASHTO T 308 indica que el rango de temperaturas a usarse para elaborar la mezcla con Asfaltos no modificados es aquel donde el cemento asfáltico presente una viscosidad entre 0.17 ± 0.2 Pa.s en el mezclado, y entre 0.28 ± 0.3 Pa.s para la compactación.

Para muchos de los asfaltos modificados se recomienda utilizar viscosidades entre 0.3 y 0.4 Pa.s para compactación y entre 0.1 y 0.2 Pa.s en el mezclado para evitar el sobrecalentamiento de la muestra y degradación del polímero. Sin embargo, estos intervalos, actualmente se encuentran basados en aspectos de la experiencia en la manejabilidad del material asfáltico más que en resultados científicos (NCHRP, 2001). Lo anterior es establecido también por la norma SCT N-CTR-CAR-1-04-006, donde se hace mención que las recomendaciones para el manejo de Asfaltos modificados serán proporcionadas el proveedor del producto para conocer los rangos de temperaturas, en función del agente modificador que haya utilizado, descartando completamente la carta de viscosidad del Ligante en los intervalos sugeridos para Asfalto convencional.

2.5. Requisitos de calidad de la mezcla asfáltica

Actualmente sabemos que existen diferentes factores que afectan el funcionamiento de una carpeta asfáltica, en este sentido diversos países han realizado importantes inversiones para desarrollar pruebas de desempeño con una mejor correlación con el comportamiento esperado en campo y certidumbre de la capacidad de la estructura, lo que ha llevado a la evolución de los métodos de prueba.

En la Tabla 4 se muestra un cuadro comparativo de los distintos parámetros volumétricos y de resistencia solicitados en la mezcla por cada metodología. En principio, el Diseño volumétrico de las muestras se mantiene de forma similar con la anexión de elementos de control que garanticen que el mortero asfáltico en la mezcla provea la cohesión y manejabilidad necesaria (Proporción de polvo), y la capacidad inicial de compactación y densificación estimada al final de la vida útil (% Gmm a Nini y Gmm a N_{máx}) sean las deseadas.



En el desempeño mecánico se manifiesta una ampliación importante de los ensayos a ejecutarse sobre especímenes de prueba, pues mientras Marshall incluye criterios de evaluación a compresión simple o estática, Protocolo AMAAC incluye el análisis del comportamiento a esfuerzos de compresión cíclico y esfuerzos de tensión bajo acondicionamientos críticos en presencia de humedad y calor. Esto produce una exigencia mayor que tendrá que ser soportada por la capa diseñada antes de ser considerada para construcción.

Tabla 4. Requisitos de la mezcla asfáltica

REQUISITO VOLUMÉTRICO Y RESISTENCIA	(Metodología Marshall) N-CMT-4-05-003/016		Mezcla de Alto Desempeño (Protocolo AMAAC)
	$\Sigma L \leq 10 E^6$	$10 E^6 < \Sigma L \leq 10 E^7$	
Compactación	50 golpes por cara	75 golpes por cara	10 giros
Vacíos de Aire, %	3 – 5		4
Vacíos en el agregado Mineral, % mínimo	10 – 16 (según tamaño nominal)		11 – 15 (según tamaño nominal)
Vacíos Llenos de Asfalto, %	65 – 78	65 -75	65 – 80 (según tamaño nominal)
Proporción de polvo	-	-	0.6 – 1.2
Gmm a Nini, % máximo	-	-	89 – 91.5 (según tamaño nominal)
Gmm a N _{máx} , % máximo	-	-	98
Estabilidad, kg Flujo, mm	544 2 – 4	816 2 – 3.5	-
Pérdida de resistencia por efecto de humedad, % máximo	-		20 (susceptibilidad a la humedad por tensión indirecta)
Deformación permanente en Hamburgo, mm	-		10

2.6. Método de compactación

El dispositivo de Laboratorio para compactar las muestras de mezcla tiene la finalidad de simular el proceso que tendrá el material durante la construcción de la capa asfáltica. En este sentido, el método Marshall hace uso de un compactador que realiza la densificación a través de un mecanismo de impacto. En este equipo, es seleccionado un número de golpes que se aplicarán a cada cara de las muestras en función del tránsito de proyecto.



Por otro lado, el Protocolo AMAAC señala el uso de un compactador giratorio, cuyos parámetros principales son: presión, velocidad de giro y número de giros aplicar sobre la mezcla.

El equipo de impacto fue desarrollado a principios de los años 30's y fue adaptado a las condiciones de tránsito de la época. A través de los años, la demanda vehicular se ha incrementado sustancialmente lo que produjo la evolución a un nuevo sistema de densificación por amasado para simular condiciones más críticas de tránsito vehicular, este último mecanismo de compactación tiene el objetivo de simular de forma más realista la condición de campo, no sólo en términos de densificación sino en la orientación o acomodo de las partículas durante el proceso, lo que eventualmente determinará la resistencia de la mezcla a los esfuerzos solicitados.

2.7. Envejecimiento a corto plazo de la mezcla

El procedimiento original establecido por el método Marshall no tenía en consideración la simulación del envejecimiento de la mezcla durante su etapa de producción en planta. Esto traía consigo una diferencia visible durante el Diseño de las mezclas con respecto al protocolo AMAAC, pues éste último indica el curado de la mezcla a la temperatura de compactación por un lapso de tiempo específico en función del grado de absorción presente en la mezcla de materiales pétreos.

Ante una condición de mayor porosidad de los pétreos, el contenido de asfalto que ingresa por los huecos de las partículas (asfalto absorbido) y que no realizará un trabajo mecánico en la estructura, tenderá a incrementar, lo que se verá reflejado en el contenido mínimo de asfalto para lograr el espesor de película asfáltica suficiente que provea protección y resistencia a la mezcla. Al omitir este efecto en el método Marshall, en cierto tipo de materiales se subestimaba el contenido óptimo de asfalto, teniendo como resultado mezclas con apariencia opaca, con una película asfáltica escasa y con bajos niveles de durabilidad.

La actualización más reciente de la norma ASTM D6926 (2016) *Standard practice for preparation of asphalt mixture specimens using Marshall apparatus*, establece el proceso y simulación del envejecimiento a corto plazo de la mezcla con base a las características de absorción de la mezcla de los materiales de manera homologada al procedimiento que se encuentra descrito en el documento de Protocolo AMAAC para diseño de mezclas, por lo que esta diferencia ya no existe entre los métodos, teniendo acondicionamientos del mismo tipo en ambos casos.

2.8. Permeabilidad en las mezclas

Derivado de las propuestas granulométricas permisibles en ambas metodologías es fácil notar que el factor más importante que podría afectar la permeabilidad, en etapa de Diseño, es la selección de la proporción de materiales gruesos y finos, mientras que en etapa de construcción, es el nivel de compactación y clasificación (segregación de la



mezcla) obtenidos en la capa, por lo que la metodología usada es indistinta para provocar un cambio en la permeabilidad de las mezclas.

2.9. Contenido de Asfalto

El proceso de Diseño de las mezclas asfálticas mediante un compactador de impacto (método Marshall) o con compactador Giratorio (Protocolo AMAAC) manifiesta diferencias importantes en la forma de densificar las muestras, sin embargo no representan de manera sistemática un incremento o decremento en el contenido óptimo de asfalto derivado del dispositivo de compactación, inclusive diversos estudios han mostrado que para distintos tipos de mezclas se pueden obtener porcentajes mayores de Asfalto en la compactación por impacto que mediante el compactador giratorio para lograr un mismo nivel de vacíos de aire en la capa (Jasim, 2012; Hafez & Witczak, 1994).

2.10. Producción de mezcla

Los requisitos de las plantas de mezcla en caliente para la producción de mezclas diseñadas bajo Protocolo AMAAC no son diferentes o más complejas que las de la mezcla diseñada bajo Marshall. Se establecen en el protocolo solo aquellos criterios que contribuyan a la elaboración de la mezcla asfáltica de manera consistente y reproducible. Estas características son inherentes al proceso de producción sin importar el tipo de mezcla.

2.11. Infraestructura para la evaluación de materiales asfálticos y diseños de mezcla

El avance tecnológico en la caracterización de materiales asfálticos ha contribuido a correlacionar de una manera más certera su respuesta ante diferentes condiciones de temperatura, carga y edades de envejecimiento. Para lograr lo anterior fue importante la incorporación de equipos de mayor sofisticación que permitieran valorar mayor información con mayor precisión, incorporando en la infraestructura requerida para los laboratorios con capacidades para caracterizar materiales asfálticos inversiones como reómetros de corte dinámico, reómetro de viga, cámaras de envejecimiento, etc. Es importante recalcar que estas inversiones no son solo requeridas para los diseños con Protocolo AMAAC como ya se mencionó anteriormente sino para la caracterización de los materiales asfálticos por grado desempeño.

De acuerdo a la Asociación Mexicana de Asfalto A.C. (AMAAC) existen cinco laboratorios que cuentan con el reconocimiento AMAAC-IMT en la categoría de Asfaltos (años 2015 y 2016). La Tabla 5 muestra el resumen de la información emitida por AMAAC.



2.12. Control de calidad rutinario.

Con el paso de los años desde que se ha dado a conocer la nueva metodología de diseño de mezclas asfálticas de granulometría densa, una gran cantidad de Laboratorios se han especializado en los temas referentes como parte de un desarrollo profesional del personal técnico y alcance de los avances tecnológicos a nivel mundial. Como se muestra en la Tabla 5 de acuerdo a la información de AMAAC se cuenta con un número importante de laboratorios que cuentan con el reconocimiento AMAAC-IMT actualmente en el país en las diferentes categorías.

Tabla 5. Laboratorios con reconocimiento AMAAC-IMT por categoría

Año de reconocimiento AMAAC-IMT	Laboratorios reconocidos por categoría					
	Agregados	Asfaltos	Mezclas Asfálticas Nivel I	Mezclas Asfálticas nivel II	Mezclas Asfálticas Nivel III	Mezclas Asfálticas Nivel IV
2015	16	5	2	13	0	2
2016	14	5	2	11	2	1

Esto significa que se cuenta con laboratorios de diseño, de control de calidad y supervisión capacitados para realizar evaluaciones a los diferentes niveles de desempeño requeridos.

Uno de los puntos críticos a cuidar es la granulometría de la mezcla. Si bien el diseño de mezclas de alto desempeño no establece líneas fijas de tolerancias, estas se construyen a partir de la estructura granulométrica del Diseño de referencia. Esto significa que cada proyecto contará con sus propias zonas de aceptación como lo muestra un ejemplo en la Figura 5 asegurando la reproducción del diseño de referencia o fórmula de trabajo.

Otro de los aspectos críticos de control es el contenido de asfalto, en donde no hay diferencias en los métodos de determinación entre Marshall y Protocolo AMAAC.

En la planta de producción de la mezcla no se requiere de manera explícita involucrar un compactador giratorio siempre y cuando la mezcla se encuentre dentro de las recomendaciones de Diseño y de tolerancias de producción establecidas, respecto a granulometría y contenido de Asfalto.

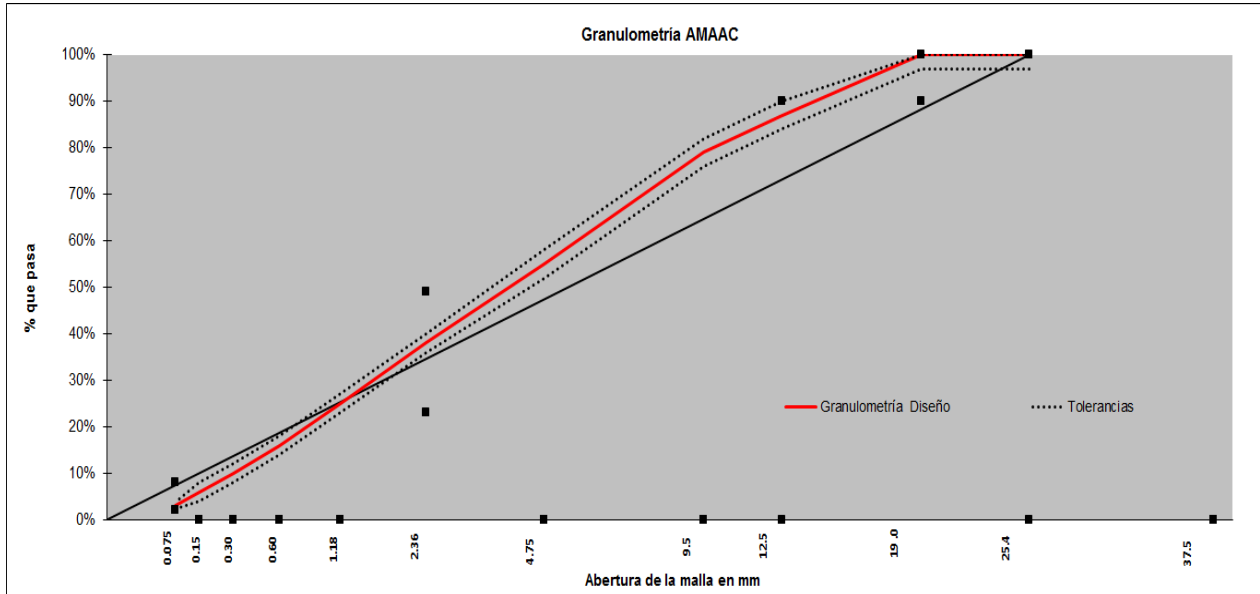


Figura 5. Tolerancias de producción de mezcla asfáltica propuestas por AMAAC

2.13. Verificación de calidad en la mezcla compactada

La norma M-CAL-1-02 de la SCT sugiere la selección y frecuencia de muestreos necesarios para verificar la calidad de la capa construida. Así también, existe un documento con recomendación de uso emitido por la AMAAC denominado Protocolo AMAAC Control y Aseguramiento de calidad para Mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño (AMAAC, 2016).

Con la actualización más reciente del método Marshall en ASTM D 6926-16, la densidad máxima teórica o Gmm de la mezcla es obtenida mediante el mismo ensaye y de manera homologada al de las mezclas de alto desempeño, eliminando completamente el uso de la densidad determinada bajo el procedimiento del Cuerpo de Ingenieros para obtener el grado de compactación de las capas diseñadas y construidas.

2.14. Costos de construcción

Los costos de construcción de las mezclas diseñadas con ambas metodologías son similares, ya que los equipos de construcción y las características de los materiales solicitados son prácticamente los mismos, con la diferencia en la capacitación del personal en el diseño y control/aseguramiento de calidad y adquisición menor de equipo de Laboratorio.

3. El control de calidad como herramienta del desempeño y la durabilidad



La implementación de actualizaciones a un esquema tradicional de diseño, producción y construcción de mezclas asfálticas representa un reto importante para garantizar una transición segura de los conceptos. Aun cuando la evolución es requerida debido a los cambios significativos en la demanda solicitada en las obras carreteras del país, esto trae consigo la modificación del *status quo* con adaptaciones que mejoren los procesos existentes. Desde todas las partes involucradas en un proyecto vial, exige el aprendizaje, adquisición y asimilación de nuevos conceptos y elementos, para la ejecución de los trabajos correspondientes.

No obstante, la fase medular es y seguirá siendo el control y aseguramiento de calidad como el engrane central que une el resto de engranes del proyecto, pues ello permite la generación de información confiable y reproducible para garantizar la durabilidad de los caminos. Y no se trata de una característica adicional al proceso sino que constituye un requisito básico del mismo, siendo resultado de la sinergia de los procedimientos, estructura, roles, responsabilidades y recursos utilizados en cada etapa del proyecto.

4. Conclusiones

El aumento progresivo de la demanda vehicular la consideración de las condiciones climáticas que afectan el desempeño de un pavimento asfáltico han provocado que las exigencias sean cada vez mayores en las capas que lo conforman. Dentro de la configuración de la sección del pavimento, la carpeta asfáltica tiene un rol trascendente en la distribución de esfuerzos hacia las capas inferiores, siendo de vital importancia, mejorar sus características mecánicas hacia los esfuerzos principales de falla y predecir de mejor manera su desempeño. Como resultado se ha recurrido a la fabricación de mezclas de alto desempeño, conservando los conceptos fundamentales y adicionando las nuevas concepciones sobre el comportamiento de los materiales con la finalidad de obtener estructuras más resistentes que garanticen la durabilidad a largo plazo de los proyectos carreteros.

De forma general y resumida se puede establecer que los criterios recientemente adoptados consisten en:

- Las especificaciones granulométricas son similares a las usadas con anterioridad.
- La selección de los materiales pétreos y asfálticos están supeditados a las condiciones de proyecto y no dependen de la metodología.
- Paulatinamente el número de Laboratorios y personal con conocimientos en la disciplina de mezclas de alto desempeño va incrementando, lo que proporciona mayor versatilidad en los trabajos de este rubro.
- El asfalto de producción nacional tienen fuertes similitudes en su comportamiento con referencia al Asfalto de producción extranjera.
- Los materiales asfálticos con contenido de REOB's deberían ser categorizados en una tipificación diferente, debido a que su composición química es completamente distinta.



- Los procedimientos de control y verificación de calidad se encuentran estandarizado en la normativa de la SCT y sólo requieren conciliaciones menores en casos de entorno particular.
- El control de calidad es un proceso esencial en cualquier mecanismo de producción, incluyendo el de las mezclas asfálticas.

Referencias

[1] Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2016). N-CMT-4-05-003/16 Calidad de Mezclas Asfálticas para carreteras. México.

[2] Dirección General de Servicios Técnicos (2017). Datos viales Marzo, de Secretaría de Comunicaciones y Transportes sitio web: <http://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datos-viales/2017/>

[3] AMAAC (2013). Protocolo AMAAC. Diseño de Mezclas asfálticas de granulometría de alto desempeño. Asociación Mexicana del Asfalto. México

[4] SHRP (1994) Strategic Highway Research Program. The Superpave Mix Design Manual for New Constructions and Overlays. Washington, DC, USA.

[5] National Cooperative Highway Research Program NCHRP (2001). Report 46. The restricted zone in the Superpave Aggregate Gradation Specification). Washington, DC, USA.

[6] WASHTO (2015) Subcommittee on materials & construction conference. Texas Department of Transportation. REOB's and others additives in Asphalt. USA.

[7] Asphalt Institute (2015). Information Series No. 235. State-of-the Knowlegde. The Use of REOB/ in Asphalt. Pp.14-21

[8] NCHRP (2001) Report 459. Characterization of Modified Asphalt Binders in Superpave Mix Design. H.U. Bahia, D.I. Hanson, M. Zeng, M. Zhai, M.A. Kathri and R.M. Anderson. Transportation Research Board, Washington, D.C., USA.

[9] Jasim Israa F. (2012) Comparison between Marshall and Superpave Mixtures design. Al-Qadisiya Journal for engineering Sciences, Vol. 5, No. 4, pp. 394 – 406.

[10] Hafez Ihab H., Witzak Matthew W. (1994), Comparison of Marshall & Superpave level I mix design for asphalt mixes. 74th annual meeting of Transportation Research Board

[11] AMAAC (2016). Protocolo AMAAC. Control y Aseguramiento de calidad para Mezclas asfálticas en caliente de granulometría densa de alto desempeño. Asociación Mexicana del Asfalto. México.