

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, TRANSPORTE,  
Y DE VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO**

**VICEMINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**

**UNIDAD DE INVESTIGACION Y  
DESARROLLO VIAL**

**Incidencia de los Agregados en el  
Comportamiento de las Carpetas Asfálticas**



**SAN SALVADOR, REPUBLICA DE EL SALVADOR.**

## **OBSERVACION**

**El contenido de este informe refleja las opiniones de los Autores, quienes son responsables de los hechos y la exactitud de los datos presentados. El contenido no refleja necesariamente las opiniones y políticas oficiales del Ministerio de Obras Públicas de El Salvador. Este informe no Constituye una norma, una especificación ni regulación.**

**MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DE EL SALVADOR**  
**VICEMINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION Y DESARROLLO VIAL**

**Incidencia de los agregados en el comportamiento de las carpetas  
asfálticas**

---

Jorge A. Rodríguez Deras, M.Sc., <sup>1</sup>

Director

Centro de Investigaciones Geotécnicas

<sup>1</sup> Laboró en el Centro de Investigaciones Geotécnicas (CIG) del Ministerio de Obras Públicas hasta el mes de febrero de 2001.

---

**Resumen.**

Se discute sobre las características mecánicas de los cementos hidráulicos y de los ligantes asfálticos. Se hace particular énfasis en la diferencia entre los módulos de elasticidad de los agregados y el asfalto, particularmente en comparación a los cementos hidráulicos.

Se presentan consideraciones sobre el comportamiento estructural de las carpetas asfálticas, así como la relación de tal comportamiento con la distribución granulométrica de las partículas, y el contenido de asfalto. Se presta particular atención al efecto que produce una subrasante defectuosa.

Se discuten algunos de los factores que inciden en los resultados de estabilidad y densidad obtenidos con el ensayo Marshall. Se focaliza en el efecto que tiene la temperatura de compactación en la adherencia que se genera.

Se discute el concepto de las granulometrías densas.

**Introducción.**

A través de los años, los ingenieros de carreteras han tenido gran dificultad para definir satisfactoriamente las propiedades de las mezclas asfálticas, debido al empleo de un cementante que varía de un estado fluido viscoso, hasta otro de características sólidas y frágiles, dependiendo de la temperatura a la que se encuentre. Debido a lo anterior, las propiedades mecánicas de las carpetas asfálticas no han sido sujetas a un estricto análisis elástico con un grado razonablemente de confianza al que los ingenieros están acostumbrados a aplicar a los diferentes sistemas estructurales, y en vista del comportamiento inelástico de las mismas, particularmente a temperaturas elevadas del medio ambiente, ha habido intentos de estimar su comportamiento utilizando modelos visco-elásticos. Sin embargo, lo anterior ha tendido a hacer más complicado aún el diseño de las mezclas, que ya son suficientemente complejas, debido a las variaciones que presentan los parámetros determinados en el laboratorio.

Lo anterior ha llevado a algunos ingenieros a considerar que si se incrementa razonablemente el límite elástico de las mezclas, disminuiría el ahuellamiento observado, y haría válido el empleo de métodos de diseño elástico.

En vista que se ha hecho evidente que la teoría no está muy de acuerdo con la experiencia, conviene recordar que los griegos por un lado pretendieron hacer a un lado la experimentación, y abogaron por la aplicación de conceptos teóricos, por lo que sostenían que la teoría debería ser considerada como la única fuente de verdad, por considerar que los resultados de la experimentación estaban sujetos al error que proporcionan los sentidos.

Otros pensadores consideraron en contraposición a lo anterior, que la teoría era una sobresimplificación de la realidad y por lo tanto sujeta a errores de concepción; la experimentación debería constituir, según ellos, la única fuente importante en la búsqueda de la verdad.

Los argumentos anteriores explican el por qué la aplicación única de cualquiera de ambas tendencias, podría llevar a extremos muy probablemente alejados de la única verdad: la realidad.

Se considera importante entonces, no perder de vista que la vieja confrontación entre la teoría y el empirismo debe tener para el ingeniero un significado especial: lograr ese buscado objetivo práctico que consiste en unificar la teoría y la experimentación.

Es importante destacar por lo tanto, que el conocimiento de alguna disciplina requiere la formulación de una teoría, acompañada de una verificación experimental que razonablemente responda a las suposiciones que considera la primera. El llamado Método Científico planteado por Sir Francis Bacon, considerado el padre de la ciencia experimental, pretende amalgamar ambas consideraciones.

Sin embargo, con respecto a las mezclas asfálticas la vieja confrontación continúa, y algunos ingenieros de carreteras prosiguen refiriéndose al enfoque teórico o empírico, racional o práctico, y últimamente, mecanístico en oposición a uno estadístico, al considerar el diseño con este material.

Para finalizar esta parte introductoria, es conveniente indicar que la idea de aplicar una metodología similar a lo que se ha acostumbrado a llevar a cabo con otros materiales -- concreto, acero, etc, -- se ha encontrado con problemas reales debido al comportamiento particular del asfalto y específicamente de la mezcla asfáltica. Las ecuaciones diferenciales que definen el comportamiento elástico de un medio continuo, y que consideran homogeneidad, isotropía y continuidad, no pueden ser utilizadas con la libertad que se emplean para otros materiales; sin embargo, las mismas permiten vislumbrar algunos aspectos muy importantes, y que aunque numéricamente no sean muy significativos, permiten prever el comportamiento aproximado del sistema estructural en cuestión. En los párrafos que siguen, se discutirán algunos de los parámetros mencionados.

## **Aspectos Históricos.**

La resistencia a la deformación de los pavimentos asfálticos a altas temperaturas ha sido, desde hace mucho tiempo, la principal preocupación de los ingenieros, ya que antes de 1901 las carpetas asfálticas eran construida a base de agregado fino únicamente, por lo que en el año 1901 F. J. Warren en Estados Unidos, patentó una mezcla asfáltica que utilizó en lo que llamó pavimentos bitulíticos (bitulithic pavement) a base de grava muy gruesa (hasta 3") en la que todo el agregado quedaba retenido en la malla No 10.

A raíz de múltiples conflictos legales suscitados debido a la violación de los derechos de la patente, Warren decidió aceptar un arreglo con los demandados en el que ellos se comprometían a producir mezclas asfálticas con agregados de tamaño inferior a ½ pulgada. Este fue el origen de lo que se dio en llamar Topeka Mix (Mezcla Topeka), de la que evolucionaron las mezclas asfálticas en caliente (HMA).

Sobre el arreglo anterior, Warren informó a la Junta Directiva de la Warren Brothers Company, que la concesión efectuada no los afectaría, ya que las mezclas con agregados menores de ½" no podrían soportar el tráfico pesado de la época, en vista que los mismos empleaban ruedas angostas cubiertas con una faja de acero, o ruedas sólidas de hule, las que transmitían cargas concentradas elevadas al pavimento. Lamentablemente Warren no pudo anticipar la aparición de las llantas inflables, lo que redujo la presión transmitida por las llantas al pavimento, y por consiguiente hizo posible el uso de mezclas con agregados de pequeño tamaño.

Es conveniente destacar que uno de los objetivos que se perseguía con el uso de las llantas inflables, era precisamente la reducción de las presiones aplicadas al pavimento asfáltico, y así minimizar las deformaciones del mismo.

Investigaciones posteriores permitieron utilizar presiones de llanta de 60 psi. Cuarenta años después, en la investigación efectuada por AASHTO (AASHTO Test Road), se adoptó una presión de 70 psi.

## **Comportamiento de la Carpeta Asfáltica.**

Es importante destacar que ocurren varias cosas entre la carga concentrada de rueda que se aplica sobre un pavimento y los esfuerzos internos que se producen en la carpeta a cierta profundidad, para equilibrar la carga aplicada.

En primer lugar, el material de la carpeta deberá ser capaz de transmitir los esfuerzos a otros niveles inferiores, los que se irán reduciendo a medida que se aleja del punto de aplicación de la carga. Lo anterior indica que los máximos esfuerzos aplicados ocurrirán inmediatamente en la zona de contacto de la llanta, por lo que no es difícil comprender que dada la naturaleza de los materiales que componen una mezcla asfáltica -- asfalto y agregados -- fácilmente se puede alcanzar el límite elástico del asfalto en la matriz, lo que producirá deformaciones inelásticas en una zona circundante a la carga aplicada; en el resto del material se puede esperar un comportamiento aún elástico del material.

Según la información disponible, el esfuerzo máximo que resiste un agregado pétreo es del orden de  $600 \text{ kg/cm}^2$  a  $2800 \text{ kg/cm}^2$ , lo que es apreciablemente menor que el esfuerzo directo transmitido por una llanta de camión; sin embargo, el asfalto posee un esfuerzo límite comparativamente despreciable. Lo anterior pone en evidencia que la utilización de agregados de gran tamaño en la superficie de la carpeta, tiende a distribuir los esfuerzos en un área mayor de la misma, incrementando de esa manera el límite elástico del conjunto asfalto-agregado en relación directa al tamaño del agregado. La determinación del módulo de elasticidad de las mezclas asfálticas, se ve complicada por tal diferencia de comportamiento.

### **Comportamiento Estructural de un Pavimento.**

Para iniciar esta discusión, imagínese la estructura de un pavimento compuesto por carpeta asfáltica, base, sub-base y terreno de fundación. Es evidente que cuando se aplica una carga a la carpeta, los esfuerzos se transmitirán a través de toda la estructura bajo la carga hasta alcanzar el terreno de fundación. Es por lo tanto importante, conocer el mecanismo con que ocurre tal fenómeno.

Aún con las limitaciones que presenta el análisis elástico, particularmente en vista del comportamiento complejo de una mezcla asfáltica, se puede emplear el modelo conocido del comportamiento elástico de las placas flexibles apoyadas en un medio elástico semi-infinito, lo que al menos permite visualizar de manera cualitativa aunque un poco cruda, el comportamiento de la carpeta asfáltica.

Si se visualiza ahora una carga concentrada que se aplica a una placa circular con un radio  $R$ , la cual a su vez se apoya sobre una carpeta asfáltica, la misma permite estimar, de acuerdo a la teoría elástica de placas planas, cómo se disminuyen los esfuerzos verticales que son transmitidos hacia niveles inferiores dentro de la carpeta. La teoría indica que a una profundidad equivalente a un radio, ya se ha disipado el 40% aproximadamente del esfuerzo aplicado.

El modelo elástico anterior también permite visualizar la reducción del esfuerzo cortante con la profundidad, siempre para una carga aplicada sobre una placa circular de radio  $R$ .

Lo anterior permite visualizar la necesidad de incrementar el espesor o la resistencia de una carpeta asfáltica con el objeto que los esfuerzos elásticos no sean excedidos a cierta profundidad, a medida que se incrementa la carga aplicada.

La estructura esquematizada de un pavimento puede ser esquematizada por una placa apoyada sobre resortes; es decir, utilizando el conocido Modelo de Winkler. Este modelo ayuda a visualizar el comportamiento flexionante del sistema y explica el por qué una fundación defectuosa puede provocar el agrietamiento tipificado como "piel de cocodrilo".

Es comprensible, de acuerdo a este modelo, poder esperar este tipo de daños en un área más o menos extensa -- con respecto al espesor real del pavimento (carpeta, base, sub-base, parte del terreno de fundación) que se comporte como placa.

Los daños que ocurren en un área reducida -- casi puntual -- podrían ser indicativos de defectos en la estructura arriba de la subrasante.

### **Algunos Comentarios Sobre los Métodos Marshall y Superpave.**

Es importante comprender que el Método Marshall, como procedimiento empírico, requiere que se cumplan algunas condiciones constructivas y de procedimiento para que el mismo produzca una carpeta asfáltica de calidad aceptable.

Varios parámetros asociados a este método han sido correlacionados empíricamente a carpetas que han tenido una performance adecuada a su uso; la densidad, estabilidad y flujo, son algunos de tales parámetros. La importancia del contenido de aire y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral VMA (voids in mineral aggregate), han sido reconocidos desde los años 20 aproximadamente. Otro de los parámetros que ha sido sujeto de una cuidadosa investigación es la temperatura de compactación.

No está demás recordar que las propiedades de una mezcla asfáltica presuponen que las partículas duras, arena y grava, se encuentran íntimamente ligadas entre sí por un material visco-elástico cuyas características varían según la temperatura. No debe perderse de vista que a temperatura ambiente -- 25 grados centígrados por ejemplo -- el asfalto posee características adherentes muy pobres, por lo que una mezcla fabricada bajo estas condiciones podría mostrar una densidad apropiada y tener una resistencia deficiente.

Lo contrario podría indicarse en cuanto a la estabilidad, si la mezcla se llevara a cabo a una temperatura en que la viscosidad del asfalto sea muy baja (muy adherente).

El sentido común debe indicar que una mezcla compactada adecuadamente puede producir que los agregados se encuentren lo más próximo posible entre sí (alta densidad), pero que exista una muy pobre adherencia, que se vería reflejada en cualquier ensayo que implique someter una muestra determinada a una carga, el ensayo Marshall por ejemplo; por lo que en este caso el valor de la estabilidad, o resistencia de la mezcla, se vería reducida. Obviamente, si la mezcla hubiera sido preparada y compactada a las temperaturas apropiadas, la verificación de la resistencia por medio de núcleos extraídos, podría considerarse innecesaria.

Para efectos de la discusión anterior, deberá entenderse por temperatura apropiada de mezclado, la máxima a la que puede mezclarse sin producir alteraciones químicas apreciables al asfalto, ni que la mezcla se desparrame por efectos de la aplicación de la carga de los vehículos de compactación. Las diferentes reglamentaciones son muy específicas a este respecto, e indican procedimientos cuantitativos para determinarla.

Con respecto a la temperatura de compactación, debido a que al disminuir la temperatura del asfalto disminuye rápidamente su adherencia (aumento de viscosidad) con los agregados, se requiere definir la mínima temperatura a la cual ya no se debe continuar compactando la mezcla. A este respecto debe enfatizarse que las observaciones directas así como ensayos de laboratorio, indican con toda claridad la validez de lo expuesto anteriormente.

Se hace evidente en base a lo que se ha planteado, que el Método Marshall no -- y se recalca no -- es un procedimiento diseñado para correlacionar ensayos de laboratorio con el comportamiento de una carpeta asfáltica, sino que consiste en un grupo de recomendaciones que permiten de una manera empírica -- estadística, dirían algunos -- producir carpetas que muestren un comportamiento aceptable, si se construyen siguiendo ciertas reglas o recetas estipuladas en un grupo de especificaciones.

Considerando argumentos como los anteriores, así como el objetivo de lograr pavimentos asfálticos con una vida útil apreciablemente mayor y por consiguiente costos de mantenimiento menores, AASHTO inició discusiones a fin de que el gobierno federal de los Estados Unidos, asignara fondos orientados hacia la investigación de ligantes asfálticos y mezclas asfálticas.

El programa que nació con una asignación de \$150 millones de dólares orientados a la investigación sobre la durabilidad y seguridad de las carreteras, se denominó Strategic Highway Research Program (SHRP), y a Superpave por Superior Performing Asphalt Pavements, que es un producto de investigación de SHRP, le fueron asignados \$50 millones de dólares.

El objetivo de SHRP fue el de desarrollar especificaciones sobre ligantes asfálticos y mezclas asfálticas, de propiedades ingenieriles basadas en el comportamiento de los pavimentos. Para tal efecto se utilizaron los resultados de investigaciones previas, con el objeto de determinar que propiedades deberían ser utilizadas, cuáles ensayos deberían ser empleados para medir tales propiedades, y como esas propiedades podrían ser aplicadas en un modelo para la predicción del comportamiento de las carreteras.

El programa se completó en 1993, y la implementación de esta nueva tecnología será llevada a cabo en tres etapas; en los Estados Unidos actualmente se está ejecutando la primera.

Entre algunos de los aspectos mas notables determinados por SHRP, se pueden destacar los siguientes:

1. La granulometría de los agregados en las mezclas asfálticas, es de importancia primordial.
2. El envejecimiento de las mezclas asfálticas está influenciado por la estructura que se forma entre los agregados y el asfalto.
3. No existe evidencia que indique que el envejecimiento del asfalto individualmente, esté correlacionado con el envejecimiento de las mezclas asfálticas.
4. El envejecimiento de ciertos asfaltos está fuertemente mitigado por algunos agregados, pero no por otros. Lo anterior parece estar relacionado por la adherencia química entre el asfalto y los agregados.

## **Granulometría de los Agregados y el Comportamiento de las Mezclas.**

Es conocido que la función principal de los agregados en una mezcla de concreto hidráulico es la de desplazar cantidad de pasta de cemento -- cemento más agua -- en el concreto, lo cual representa una ventaja económica en vista que el cemento es el material más caro de los materiales de que está constituido el concreto. Si adicionalmente, la distribución de tamaños de ese agregado produce el volumen mínimo de vacíos en la mezcla seca, podría concluirse que la cantidad de pasta de cemento que ocupará esos vacíos, tendrá el volumen mínimo posible.

Ensayos mecánicos llevados a cabo en la pasta de cemento y en la piedra -- fuente de esos agregados -- indican que la resistencia de ambos materiales es de orden similar; lo mismo se puede decir de sus módulos de elasticidad.

Si a lo anterior se suma el hecho que la pasta de cemento se adhiere químicamente con gran fuerza a la mayoría de los materiales, puede esperarse que el material resultante de la unión entre la pasta y los agregados presente una razonable homogeneidad e isotropía en todas direcciones.

Aun más. Si se aplica una fuerza longitudinal de compresión a una muestra formada con tal material, la deformación total que ocurra en la dirección de la fuerza, será esencialmente directamente proporcional a la longitud de la muestra.

Lo anterior permite visualizar de manera cualitativa que la resistencia de la muestra estará determinada por la capacidad de la pasta, teniendo la distribución granulométrica del agregado una influencia bastante menor.

Ya que el asfalto posee un módulo de elasticidad despreciable, resistencia a la compresión también despreciable y una adherencia que depende de su temperatura, se puede visualizar que si se sustituye la pasta de cemento por asfalto en el ejemplo anterior, una fuerza de compresión aplicada sobre la muestra produciría que la deformación resultante se concentre en el asfalto que se encuentre entre las partículas, si las partículas de agregado no se encuentran en contacto directo unas con otras.

Este pequeño ejercicio imaginario pone de manifiesto en primer lugar, que a lo que comúnmente se refiere como "concreto asfáltico" tiene muy poco en común con el conocido concreto hidráulico, ya que además de lo indicado no debe perderse de vista que la rigidez de una muestra, es decir su oposición a ser deformada, dependerá también de la temperatura de la misma. En segundo lugar, y esto es lo importante, la combinación de tamaños de partículas o agregados que produzcan el mínimo de vacíos, producirá una mezcla muy estable volumétricamente, y que por consiguiente requerirá un mínimo de material ligante, y deformaciones mínimas.

En 1920 el Prof. Roy Green, del Texas Agricultural and Mechanical College (ahora Texas A & M University), estudió varios pavimentos bitulíticos en Texas, particularmente la fracción fina de las mezclas.

En su estudio, el Prof. Green trazó una línea recta, el porcentaje que pasa la malla #200 con el 100% que pasa el agregado de mayor tamaño, en un gráfico para granulometría. Este procedimiento facilitó la comparación de granulometrías de mezclas diferentes. Es interesante observar que Green desarrolló este procedimiento 42 años antes que Goode y Lufsey presentaran su gráfico "exponente 0.45", para determinar la línea de máxima densidad. De acuerdo a FHWA el tamaño máximo nominal es el mayor tamaño de malla en el que se retiene material.

La línea de máxima densidad se obtiene en Superpave, uniendo el origen, en el gráfico granulométrico para exponente 0.45, con el tamaño máximo del agregado (100% que pasa). Es importante hacer notar que una granulometría de máxima densidad pudiera no permitir suficiente asfalto en la mezcla, por lo que normalmente se utilizan granulometrías que se apartan un poco de la línea de máxima densidad.

Asímismo, es conveniente tomar en cuenta que las partículas de tamaño máximo producen mezclas con buena performance, aunque obviamente si el espesor de la carpeta así lo permite.

También debe considerarse que si las partículas más grandes son muy pequeñas, la mezcla puede ser inestable; si son muy grandes, la mezcla podría mostrar problemas de trabajabilidad y segregación.

Otro de los aspectos que conviene tener presente es que varias especificaciones definen de manera diferente el tamaño máximo de las partículas:

. Tamaño máximo.

La malla más pequeña a través de la cual pasa el 100% del agregado.

. Tamaño máximo nominal.

La malla más grande que retiene agregado, pero generalmente no más del 10%. Las especificaciones típicamente utilizan el tamaño máximo nominal. ASTM D 3515 emplea el tamaño máximo nominal.

Superpave utiliza las siguientes definiciones:

. Tamaño máximo.

Una malla mayor que el tamaño máximo nominal.

. Tamaño máximo nominal.

Una malla mayor que la primera que retenga más del 10%.

## **Conclusiones.**

De los aspectos destacados en los párrafos anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

### Conclusiones generales:

La tecnología de las mezclas asfálticas en el mundo se encuentra actualmente atravesando un período de transición de suma importancia y cuyos efectos se empezarán a percibir a muy corto plazo.

Para que un país pueda beneficiarse de tal avance tecnológico, se requiere que la ingeniería nacional promueva y estimule el estudio del comportamiento de los diferentes materiales.

Para construir, mantener y supervisar eficientemente las calles y carreteras que un país requiere para su desarrollo en este mundo tan interdependiente económicamente, es necesario, conocer las especificaciones técnicas correspondientes, pero además es preciso tener conceptos claros sobre el comportamiento de los materiales utilizados - sus puntos fuertes y débiles - con el objeto de aprovechar sus ventajas y prever sus desventajas.

### Conclusiones específicas:

1. La distribución granulométrica de los agregados juega un papel determinante en el comportamiento de las carpetas asfálticas.
2. La función del asfalto es estrictamente la de un ligante, y no proporciona las características de un cemento hidráulico al producto final.
3. La capacidad de carga de una carpeta asfáltica es proporcionada esencialmente por los agregados.
4. La resistencia de los agregados no constituye un factor determinante en la capacidad de carga de una carpeta, ya que mucho antes de alcanzarse el límite de capacidad de los agregados, la carpeta se habría deformado al grado de disminuir casi a cero su capacidad de servicio.
5. El envejecimiento de las carpetas asfálticas no está determinado por el envejecimiento del asfalto únicamente; un parámetro más importante, según las investigaciones de SHRP, lo constituye la estructura de adherencia entre agregado y asfalto.
6. La temperatura de compactación es de primordial importancia. Este es un parámetro que debe ser minuciosa y permanentemente vigilado. De la compactación a temperatura adecuada depende una eficiente adherencia entre las partículas del agregado, y por lo tanto la estructura interpartícula.
7. El empleo de agregado con tamaño máximo elevado y con una granulometría apropiada, incrementa la capacidad de carga a menores deformaciones, de las carpetas asfálticas.
8. Es conveniente guiarse por la línea de máxima densidad granulométrica en el gráfico exponente 0.45

9. Es de vital importancia llevar a cabo un permanente control en obra de la distribución granulométrica de los agregados.

En las conclusiones anteriores no se incluyen aspectos relacionados con el contenido de asfalto, volumen de vacíos en la mezcla, volumen de vacíos en el agregado mineral, etc., así como tampoco consideraciones que involucran las características de la base, sub-base y terreno de fundación.

### **Bibliografía.**

1. Behavior Analysis of Asphalt Mixtures Using Triaxial Test-Determined Properties.

T. W. Fwa, B. H. Low, and S. A. Tan

Engineering Properties of Asphalt Mixtures and the Relationship to their Performance.  
ASTM STP 1265. 1995

2. Investigation of the Relationship Between Field Performance and Laboratory Aging Properties of Asphalt Mixtures.

Julie E. Kliever, Chris Bell, and Dan A. Sosnovske

Engineering Properties of Asphalt Mixtures and the Relationship to their Performance.  
ASTM STP 1265. 1995

3. Overview

Gerald A. Huber, and Dale S. Decker

Engineering Properties of Asphalt Mixtures and the Relationship to their Performance.  
ASTM STP 1265. 1995

4. Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction.

National Center for Asphalt Technology

NAPA Research and Education ment and Compaction Foundation, 1996.

5. Highway Materials, Soils, and Concretes. Third Edition

Harold N. Atkins

Prentice Hall, 1997.

6. Mix Design Methods For Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types MS-2

Sixth Edition

Asphalt Institute

7. Superpave Mix Design

Superpave Series No. 2 (SP-2), 1996.

Asphalt Institute

8. Effects of Compaction Temperature and Effort on the Engineering Properties of Asphalt Concrete Mixtures

Thomas W. Kennedy, Freddy L. Roberts and Robert B. Mcgennis

Placement and Compaction of Asphalt Mixtures

ASTM STP 829, 1982.

**[Pagina Principal](#)**

**E-mail: [uidv.contacto@mop.gob.sv](mailto:uidv.contacto@mop.gob.sv)**