

Indice

Introducción

Capítulos

I. Aspectos Generales

- A) Usos del asfalto durante la historia
- B) Terminología del asfalto
 - 1. Petróleo crudo
 - 2. Betún asfáltico
 - 3. Aridos

II. Asfaltos

- A) Funciones
- B) Obtención
- C) Composición Química y Física
 - 1. Propiedades físicas
 - 2. Composición química

III. Pruebas

- A) Hechas por RECOPE
 - 1. Penetración
 - 2. Viscosidad
 - 3. Punto de ablandamiento
 - 4. Ductilidad
 - 5. Punto de inflamación
 - 6. Ensayo en horno de película delgada
- B) Otras pruebas
 - 1. Solubilidad
 - 2. Peso específico
 - 3. Destilación
 - 4. Contenido de humedad
 - 5. Flotador
 - 6. Tamizado
- C) Comportamiento del asfalto

IV. *Algunos Tipos de Asfalto*

- A) Asfalto oxidado o soplado
- B) Asfalto sólido o duro
- C) Fluxante o aceite fluxante
- D) Asfalto fillerizado
- E) Asfalto líquido
 - 1. Asfalto de curado rápido (RC)
 - 2. Asfalto de curado medio (MC)
 - 3. Asfalto de curado lento (SC)
 - 4. Road oil
- D) Asfalto emulsificado
 - 1. Emulsión asfáltica
 - 2. Emulsión asfáltica inversa
- E) Otros
 - 1. Roca asfáltica
 - 2. Producto asfáltico de imprimación
 - 3. Pintura asfáltica
 - 4. Gilsonita
- D) Productos prefabricados
 - 1. Para rellenos de juntas
 - 2. Paneles
 - 3. Tablones
 - 4. Bloques

V. *Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales*

- A) Clasificación
- B) Control de las temperaturas
- C) Tipos de averías
 - 1. Seguridad
 - 2. Maquinaria necesaria
 - 3. Causa y correcciones

Apéndices

- A) Hidrocarburos
- B) Tablas
- C) Figuras

Conclusiones

Bibliografía

A) **Funciones:**

El asfalto se presta particularmente bien para la construcción por varias razones:

- Proporciona una buena unión y cohesión entre agregados, incrementando por ello la resistencia con la adición de espesores relativamente pequeños.

- Capaz de resistir la acción mecánica de disgregación producida por las cargas de los vehículos.

- Impermeabiliza la estructura del pavimento, haciéndolo poco sensible a la humedad y eficaz contra la penetración del agua proveniente de las precipitaciones.

- Proporciona una estructura de pavimento con características flexibles.

En la mayoría de los casos, al asfalto utilizado para pavimentar las calles, es el residuo de las refinerías después de haber destilado del petróleo crudo una gran cantidad de otros productos.

B) **Obtención:**

El asfalto que se utilizó en épocas pasadas fue el asfalto natural; el cual se encuentra en la naturaleza en forma de yacimientos que pueden explotarse sin dificultad y cuyo empleo no requiere de operaciones industriales de ningún tipo para su preparación. Estos yacimientos se han producido a partir del petróleo por un proceso natural de evaporación de las fracciones volátiles dejando las asfálticas. A este asfalto se le llama frecuentemente asfalto de lago. Los yacimientos más importantes de asfaltos naturales se encuentran en los lagos de Trinidad, en la isla de Trinidad en la costa norte de Venezuela. Casi siempre se encuentran en las rocas asfálticas, que son rocas porosas saturadas de asfalto.

Sin embargo, se puede obtener artificialmente como producto de la refinación, donde las cantidades de asfalto residual varían según las características del crudo; pudiendo oscilar entre el 10 y el 70%. Este asfalto se produce en una variedad de tipos y grados que van desde sólidos duros y quebradizos a líquidos casi tan fluidos como el agua. La forma semisólida conocida como betún asfáltico es el material básico.

Los productos asfálticos líquidos se preparan, generalmente, diluyendo o mezclando los betunes asfálticos con destilados del

petróleo o emulsificándolos¹ con agua.

Actualmente más del 90% de los asfaltos utilizados como ligantes en las mezclas asfálticas son producidos por la destilación fraccionada del crudo(ver fig.#2).

Este proceso de destilación fraccionada o refinación del crudo comienza con su llegada en tanques cilíndricos, desde donde es bombeado a las unidades de destilación primaria, después de la deshidratación y desalación. El petróleo se hace circular por el interior de un horno alcanzando elevadas temperaturas, donde se vaporiza parcialmente para luego pasar a la torre atmosférica, en la cual, por diferencia de temperaturas de condensación(punto inicial y punto final), se obtiene las fracciones más livianas, como los gases de cima, la nafta, el JP-A(combustible para avión), el queroseno y el gasóleo atmosférico. Los elementos más volátiles alcanzan los niveles más altos de las torres y los más pesados no logran ascender. El crudo residual constituido por los componentes más pesados del petróleo y que no se lograron vaporizar a estas condiciones de presión y temperatura, pasan a una destilación al vacío donde se recuperan los gasóleos de vacío. En el fondo de la torre de vacío, se obtienen los residuos finales de esta destilación; que se conoce con el nombre de fondos de vacío.

Si las características del crudo de alimentación son adecuadas, estos fondos de vacío son empleados directamente como asfalto para pavimentación; en caso contrario, el fondo es sometido a otros procesos. Se somete a tratamiento con disolventes de desasfaltado donde se extraen un poco más de gasóleos. También se puede someter al soplado con aire u oxidado, cuando es necesario deshidrogenar e incrementar la viscosidad del residuo con el fin de cumplir con unas especificaciones dadas.

C) Composición Química y Física

Antes que el intercambio de crudo, en el mercado, fuera algo corriente; las refinerías rara vez cambiaban sus fuentes de abastecimiento de crudo. Esto llevo a que las fuentes de asfalto tuvieran, también, propiedades consistentes. Al integrarse el cambio del abastecimiento de crudo de las refinerías se crearon más variaciones en las propiedades del asfalto, tanto físicas como químicas. De estas variaciones, salió la necesidad de poderse evaluar el comportamiento del asfalto ante condiciones particulares y predecir su rendimiento en términos de conocidas formas de esfuerzo. Aún así, algunas propiedades físicas y químicas siguen siendo constantes en todos los tipos de asfaltos.(Ver tabla #3)

¹Emulsi fi car: suspender un líquido en otro por medio de un agente emulsi fi cante.

1. Propiedades

físicas:

El asfalto es un material aglomerante, resistente, muy adhesivo, altamente impermeable y duradero; capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo acción de calor o cargas permanentes. Componente natural de la mayor parte de los petróleos, en los que existe en disolución y que se obtiene como residuo de la destilación al vacío del crudo pesado. Es una sustancia plástica que da flexibilidad controlable a las mezclas de áridos con las que se le combina usualmente. Su

color varía entre el café oscuro y el negro; de consistencia sólida, semisólida o líquida, dependiendo de la temperatura a la que se exponga o por la acción de disolventes de volatilidad variable o por emulsificación.

2. Composición química:

Es de mucha utilidad un amplio conocimiento de la constitución y composición química de los asfaltos, para el control de sus propiedades físicas y así obtener un mejor funcionamiento en la pavimentación.

Al igual que el petróleo crudo, el asfalto, es una mezcla de numerosos hidrocarburos parafínicos, aromáticos y compuestos heterocíclicos que contienen azufre, nitrógeno y oxígeno; casi en su totalidad solubles en sulfuro de carbono. (Ver apéndice A)

La mayoría de los hidrocarburos livianos se eliminan durante el proceso de refinación, quedando los más pesados y de moléculas complejas. Al eliminar los hidrocarburos más ligeros de un crudo, los más pesados no pueden mantenerse en disolución y se van uniendo por absorción a las partículas coloidales ya existentes, aumentando su volumen dependiendo de la destilación que se les dé. Las moléculas más livianas constituyen el medio dispersante o fase continua. Los hidrocarburos constituyentes del asfalto forman una solución coloidal en la que un grupo de moléculas de los hidrocarburos más pesados (asfaltenos) están rodeados por moléculas de hidrocarburos más ligeros (resinas), sin que exista una separación entre ellas, sino una transición, finalmente, ocupando el espacio restante los aceites. (Ver figura #5)

Un concepto más amplio sobre la constitución es que el asfalto consta de tres componentes mayoritarios. El primero se describe como una mezcla de asfaltenos que son moléculas complejas de alto peso molecular, insoluble en hidrocarburos parafínicos y soluble en compuestos aromáticos como el benceno. El segundo componente descrito es una mezcla de resinas y el tercero aceite mineral. Estos tres constituyen un sistema coloidal como el explicado anteriormente. Los asfaltenos cargan con la responsabilidad de las características estructurales y de dureza de los asfaltos, las resinas le proporcionan sus propiedades aglutinantes y los aceites la consistencia adecuada para hacerlos trabajables.

Los asfaltos contienen fracciones bituminosas¹ insolubles en parafinas.

¹Sustancia que contiene btrún o semejanza con él.

Como ya se dijo, cerca del 90 al 95% del peso del asfalto esta compuesto por carbono e hidrógeno, o lo que se había denominado como hidrocarburos. La porción restante consiste de dos tipos de átomos; metálicos o diatómicos. Las moléculas diatómicas, como el oxígeno, nitrógeno o azufre, muchas veces reemplazan a los átomos de carbono en la estructura molecular del asfalto. Esto contribuye a muchas de las singulares propiedades químicas y físicas de los

asfaltos; causando mucha de la interacción entre las moléculas. El tipo y cantidad de moléculas diatómicas que existan en el asfalto se deberá tanto a la fuente de crudo como a la edad de éste. Las moléculas como el azufre, reaccionan más fácilmente que el carbono y el hidrógeno para incorporar oxígeno. La oxidación es la parte primaria, en el contexto del proceso de envejecimiento, la evaporación o volatilización y degradación asociados con la fotodegradación por la luz también contribuyen.

Los átomos metálicos, como el níquel, el vanadio o el hierro están presentes muy levemente, casi menos de un 1%. La significancia de la presencia de los metales es que actúan como huella digital de la fuente de crudo de la que proviene el asfalto. (Ver tabla #2)

Los componentes del asfalto pueden ser separados y evaluados usando la solubilidad de sus moléculas en diferentes disolventes. Los métodos más usados son el método cromatográfico de Corbett (el usado por la ASTM) y el método de precipitación de Rostler. Las fracciones genéricas determinadas en estos métodos son mezclas complejas con propiedades variables y no son especies químicas discretas. (Ver fig. #3)

La estructura molecular del asfalto es extremadamente compleja y varía en tamaño y tipo de enlace químico con cada fuente o mezcla. Hay tres tipos básicos de moléculas: cíclicas, acíclicas y aromáticas. (Ver fig. #4) Los acíclicos o parafínicos son lineales, en tres dimensiones, en forma de cadena y son grasos por naturaleza. Los cíclicos o nafténicos, son anillos de carbono saturados, tridimensionales. Los aromáticos son planos, anillos estables de carbono que se agrupan fácilmente y tienen un fuerte olor. Todos estos tipos interactúan para manejar el comportamiento físico-químico del asfalto.

Los enlaces sosteniendo juntas las moléculas son débiles por lo que se rompen fácilmente con calor o presión; lo que explica la viscosidad del asfalto.

En el asfalto, las moléculas polares forman redes dándole a éste sus propiedades elásticas, y las no polares forman el cuerpo alrededor de la red contribuyendo con sus propiedades viscosas. Estas moléculas, polares y no polares, existen de forma homogénea. La formación de la red polar en la mezcla caliente del asfalto depende del tipo de agregado mineral o del medio ambiente al momento de la mezcla. La mezcla homogénea polar-no polar es esencial para el buen desenvolvimiento del asfalto.

III. Pruebas

A) *Hechas por RECOPE:*

Básicamente el asfalto es utilizado por RECOPE para la producción de emulsiones asfálticas, RECOPE actualmente esta produciendo emulsiones aniónicas y catiónicas.

El asfalto se presenta en una amplia variedad de tipos y grados normalizados. Con el fin de conocer o controlar la cantidad de asfaltos, se someten a ensayos específicos, según las normas específicas de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Los siguientes son algunos de esos ensayos de laboratorio, los realizados por RECOPE, para asegurar que se cumplan las normas nacionales. (Ver tabla #3)

1. *Penetración:*

El ensayo de penetración determina la dureza o consistencia relativa, midiendo la distancia que una aguja normalizada penetra verticalmente a una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Cuando no se mencionan específicamente otras condiciones, se determina la penetración normal. Esta se hace a 25 °C, calentando la muestra en un baño de agua termostáticamente controlada, la aguja cargada con 100 g y la carga se aplica durante 5 segundos. La unidad de penetración es la décima de milímetro. (Ver fig. #6) Algunas veces se requiere una penetración adecuada al clima. (Ver tabla #4)

2. *Viscosidad:*

La finalidad del ensayo de viscosidad es determinar el estado de fluidez de los asfaltos a las temperaturas que se emplean durante su aplicación.

La viscosidad se mide en el ensayo de viscosidad Saybolt-Furol o en el ensayo de viscosidad cinemática. La viscosidad de un cemento asfáltico a las temperaturas usadas en el mezclado (normalmente 135 °C) se mide con viscosímetros capilares de flujo inverso o viscosímetros Saybolt; la viscosidad absoluta, a las temperaturas altas en servicio (60 °C), generalmente se mide con viscosímetros capilares de vidrio al vacío.

En el ensayo Saybolt-Furol se emplea un viscosímetro Saybolt con orificio Furol. Se coloca en un tubo normalizado cerrado con un tapón de corcho una cantidad específica de asfalto. Como las temperaturas a que se determina la viscosidad son frecuentemente superiores a los 100 °C, el baño de temperatura constante del viscosímetro se llena con aceite; pero si se hace la prueba con un cutback, en éste caso, sí se puede utilizar agua. Cuando el asfalto ha alcanzado una temperatura establecida, se quita el tapón y se mide, en segundos, el tiempo necesario para que pasen através del

orificio Furol 60 ml del material. Los valores obtenidos se expresan como segundos Saybolt-Furol(SSF).(Ver fig. 7)

La viscosidad cinemática se mide, normalmente, con viscosímetros de tubo capilar de cristal. Este ensayo permite una mayor comodidad y exactitud en los resultados. La base de éste ensayo es la medida del tiempo necesario para que fluya un volumen constante de material bajo condiciones de ensayo, como temperatura y altura del líquido, rígidamente controladas. Los asfaltos presentan un amplio rango de viscosidades, siendo necesario

disponer de diversos viscosímetros que difieren en el tamaño del capilar.(Ver fig. #8) Mediante el tiempo medido, en segundos y la constante de calibración del viscosímetro, es posible calcular la viscosidad cinemática del material en la unidad fundamental, centiestokes.

3.Punto de ablandamiento:

Los asfaltos son materiales termoplástico, por lo cual no puede hablarse de un punto de fusión en el término estricto de la palabra. Se establece entonces un punto de ablandamiento, determinado por la temperatura a la que alcanza un determinado estado de fluidez. Los asfaltos de diferentes tipos reblandecen a diferentes temperaturas. El punto de reblandecimiento se determina usualmente por el método de ensayo del anillo y bola.

Consiste en llenar de asfalto fundido un anillo de latón de dimensiones normalizadas, se deja enfriar a la temperatura ambiente durante cuatro horas. Sobre el centro de la muestra se sitúa una bola de acero de dimensiones y peso específicos, casi siempre de 9.51mm de diámetro. Una vez lista, se suspende la muestra sobre un baño de agua y se calienta el baño de tal manera que la temperatura del agua suba a velocidad constante. Se anota la temperatura en el momento en que la bola de acero toca el fondo del vaso de cristal. Esta temperatura es el punto de ablandamiento.(Ver fig. #9)

4.Ductilidad:

La presencia o ausencia de ductilidad tiene, usualmente, mayor importancia que el grado de ductilidad existentes. Los asfaltos dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes. Por otra parte, asfaltos con un ductilidad muy elevada son usualmente susceptibles a los cambios de temperatura.

El ensayo consiste en moldear en condiciones y con dimensiones normalizadas de ensayo y se someter a alargamiento con una velocidad especificada hasta que el hilo que une los dos extremos se rompa. Normalmente, el ensayo se realiza a una temperatura de 25' C y una velocidad de alargamiento de 5cm/min. La ductilidad se mide en un equipo llamado ductilímetro.(Ver fig. #10) La longitud(en cm) a la que el hilo del material se rompe define la ductilidad.

5. Punto de inflamación:

El punto de inflamación o punto de chispa, indica la temperatura a la que puede calentarse el material, sin peligro de inflamación en presencia de llama libre. Esta temperatura, usualmente, es muy inferior a aquella a la que el material ardería o su punto de fuego. Por lo tanto, éste análisis sirve como prueba de seguridad en la operación de las plantas asfálticas en caliente. El punto de inflamación se mide por el ensayo en copa abierta Cleveland (Ver fig. #11). La copa de bronce se

se llena parcialmente con el material y se calienta a una velocidad establecida. Se hace pasar periódicamente, sobre la superficie de la muestra, una pequeña llama, y se define como punto de llama la temperatura a la que se han desprendido vapores suficientes para producir una llamarada repentina. El punto de inflamación de los cutbacks se mide mediante el ensayo de punto de inflamación de vaso abierto, también, pero el aparato se modifica para hacer posible el calentamiento indirecto del cutback. (Ver fig. #12) A veces se emplea para los betunes asfálticos el punto de inflamación Pensky-Martens. Este difiere, esencialmente, de los otros por la necesidad de agitación durante el proceso. (Ver fig. #13)

6. Ensayo en horno de película delgada:

Este ensayo se emplea para prever el endurecimiento que puede esperarse se produzca en el asfalto durante las operaciones de mezclado. Esta tendencia al endurecimiento se mide por ensayos de penetración realizados antes y después del tratamiento en el horno.

Este ensayo se realiza colocando una muestra de 50 g de asfalto en un recipiente cilíndrico de 13.97cm de diámetro y 9.525mm de profundidad, con fondo plano. Así se obtiene una probeta de asfalto de un espesor aproximado a 3mm. El recipiente con la probeta se coloca en un soporte giratorio en un horno bien ventilado y se mantiene una temperatura de 163 °C durante 5 horas. Después se vierte el asfalto en un recipiente normal empleado en el ensayo de penetración. El ensayo en horno de película delgada ha sustituido al ensayo de pérdida por calentamiento.

B) Otras pruebas:

1. Solubilidad:

El ensayo de solubilidad determina el contenido de betún en el betún asfáltico. La porción de betún asfáltico soluble en sulfuro de carbono está constituida por los elementos aglomerantes activos. La mayor parte de los betunes asfálticos se disuelve en sulfuro de carbono y en tetracloruro de carbono. Como el tetracloruro de carbono no es inflamable, es el disolvente preferido en la mayor parte de los casos.

La determinación de la solubilidad es sencillamente un proceso de disolución del betún asfáltico en un disolvente separando la materia insoluble.

2. Peso específico:

Aunque normalmente no se especifica, es útil para hacer las correcciones de volumen cuando éste se mide a temperaturas elevadas. Se emplea, también, como uno de los factores para la determinación de los huecos en las mezclas asfálticas para pavimentaciones compactadas. El peso específico es la relación de

peso de un volumen determinado del material al peso de igual volumen de agua, estando ambos a temperaturas especificadas. O sea, la cantidad de veces que pesa más que el agua a igual temperatura. El peso específico se determina normalmente por el método del pignómetro.

3. Destilación:

El ensayo de destilación se emplea para determinar las proporciones relativas de asfaltos y disolventes presentes en el cutback. Se emplea también para medir las cantidades de disolvente que destilan a diversas temperaturas, que indican las características de evaporación del disolvente. Estas, a su vez, indican la velocidad a que el material curará después de su aplicación. El asfalto recuperado en el ensayo puede emplearse para realizar los ensayos descritos al hablar de betunes asfálticos.

El ensayo se realiza colocando una cantidad específica de cutback en un matraz de destilación conectado a un condensador. El cutback se calienta gradualmente hasta una temperatura especificada y se anota la cantidad de disolvente destilado a diversas temperaturas. Cuando se alcanza la temperatura de 360 °C se mide la cantidad de asfalto restante y se expresa como porcentaje en un volumen de la muestra original. Para los asfaltos líquidos de curado lento el ensayo es el mismo, sólo que se hace una única medición a 360 °C.

4. Contenido de humedad:

Se coloca en una retorta de metal un volumen medido de asfalto que se mezcla perfectamente con un disolvente de tipo nafta. La retorta está provista de un condensador de reflujo y que descarga en un colector graduado. Se aplica calor a la retorta y el agua contenida en la muestra se recoge en el colector. El volumen de agua se mide y se expresa en porcentaje del volumen de la mezcla original.

5. Flotador:

El ensayo del flotador se hace sobre el residuo de destilación de los asfaltos líquidos del tipo de curado lento. Es un ensayo de viscosidad modificado y se emplea porque el residuo es usualmente demasiado blando para el ensayo de

penetración o de volumen demasiado pequeño para la determinación de la viscosidad Saybolt-Furol. Su finalidad es dar una indicación de la consistencia de los productos con estas limitaciones.

Se solidifica un tapón de residuo asfáltico en el orificio del fondo del flotador por enfriamiento a 5 'C. Después se coloca el flotador sobre el agua a 50 'C y se determina el tiempo necesario para que el agua pase a través del tapón. En las especificaciones se fijan los valores que deben obtenerse en los distintos grados de asfalto líquido de tipo de curado lento(SC). (Ver fig. #15)

6. Ensayo de tamizado:

El ensayo de tamizado complementa al de sedimentación. Se emplea para determinar cuantitativamente el porcentaje de asfalto presente en forma de glóbulos relativamente grandes. Estos glóbulos no dan revestimientos delgados y uniformes de asfalto sobre las partículas de áridos.

En el ensayo de tamizado se hace pasar una muestra representativa de la emulsión asfáltica a través de un tamiz¹ #20. El tamiz y el asfalto retenido se lavan a continuación con una solución diluida de oleato sódico y finalmente con agua destilada. Después del lavado, el tamiz y el asfalto se secan en un horno y se determina la cantidad de asfalto retenido.

C) Comportamiento del asfalto:

Por su naturaleza visco-elástica, el comportamiento del asfalto depende tanto de la temperatura como de la carga que vaya a soportar. Como se ve en la figura #16 la cantidad de asfalto que fluye en una hora a 60 'C, puede ser la misma cantidad que fluye en diez horas a 25 'C. Por lo tanto, el tiempo y la temperatura están muy relacionados. A esto se le llama casi siempre el cambio temperatura-tiempo o el concepto de superposición del cemento asfáltico.

En condiciones calientes(desérticas) o bajo continua carga, el asfalto actúa como un líquido viscoso. La viscosidad es la característica física usada para describir la forma de fluir de los líquidos. Si el fluir del asfalto caliente se pudiera ver con un microscopio, se podrían ver las capas de moléculas deslizándose una sobre la otra. (Ver fig. #17) La velocidad de la fluidez dependería de la fricción entre las capas. La viscosidad es una característica diferenciante; o sea, sirve para distinguir un líquido del otro.

IV. Algunos Tipos de Asfaltos

A) Asfaltos oxidados o soplados:

¹Un cedazo con orificios muy finos.

Estos son asfaltos sometidos a un proceso de deshidrogenación y luego a un proceso de polimeración. A elevada temperatura se le hace pasar una corriente de aire con el objetivo de mejorar sus características y adaptarlos a aplicaciones más especializadas.

El proceso de oxidación produce en los asfaltos las siguientes modificaciones físicas:

- Aumento del peso específico.
- Aumento de la viscosidad.
- Disminución de la susceptibilidad térmica.

B) Asfaltos sólidos o duros:

Asfaltos con una penetración a temperatura ambiente menor que 10. Además de sus propiedades aglutinantes e impermeabilizantes, posee características de flexibilidad, durabilidad y alta resistencia a la acción de la mayoría de los ácidos, sales y alcoholes.

C) Fluxante o aceite fluxante:

Fracción de petróleo relativamente poco volátil que puede emplearse para ablandar al asfalto hasta la consistencia deseada; frecuentemente se emplea como producto básico para la fabricación de materiales asfálticos para revestimientos de cubiertas.

D) Asfaltos fillerizados:

Asfaltos que contienen materias minerales finamente molidas que pasan por el tamiz # 200.

E) Asfaltos líquidos:

También denominados asfaltos rebajados o cutbacks, son materiales asfálticos de consistencia blanda o fluida por lo que se salen del campo en el que normalmente se aplica el ensayo de penetración, cuyo límite máximo es 300. Están compuestos por una fase asfáltica y un fluidificante volátil, que puede ser bencina, queroseno o aceite. Los fluidificantes se evaporan (proceso de curado), quedando el residuo asfáltico el cual envuelve y cohesiona las partículas del agregado. Son asfaltos líquidos los siguientes productos: (ver fig. #18)

1. *Asfalto de curado rápido:* cuando el disolvente es del tipo de la nafta o gasolina, se obtienen los asfaltos rebajados de curado rápido y se designan con las letras RC (Rapid Curing), seguidos por un número que indica el grado de viscosidad cinemática en centiestokes.

2. *Asfalto de curado medio:* si el disolvente es queroseno, se designa con las letras MC (Medium Curing), seguidos con un número que indica el grado de viscosidad cinemática medida en

centiestokes.

3. *Asfalto de curado lento*: su disolvente o fluidificante es aceite liviano, relativamente poco volátil y se designa por las letras SC (Slow Curing), seguidos con un número que indica el grado de viscosidad cinemática medida en centiestokes.

4. *Road oil*: Fracción pesada del petróleo usualmente uno de los grados de asfalto líquido de curado lento (SC).

D) *Asfaltos emulsificados*:

1. *Emulsiones asfálticas*: Son parte de los asfaltos líquidos. Es un sistema heterogéneo de dos fases normalmente inmiscibles¹, como son el asfalto y el agua, al que se le incorpora una pequeña cantidad de un agente activador de superficie, tensoactivo o emulsificante², de base jabonosa o solución alcalina, el cual mantiene en dispersión el sistema, siendo la fase continua el agua y la discontinua los glóbulos del asfalto, en tamaño, entre uno a diez micrones.

El asfalto es emulsificado en un molino coloidal con 40-50% por peso de agua que contiene entre 0.5 y 1.5% por peso de emulsificante. Permite la aplicación del asfalto donde no es práctico, por las condiciones, el uso de materiales calientes.

Cuando la emulsión se pone en contacto con el agregado se produce un desequilibrio que la rompe, llevando a las partículas del asfalto a unirse a la superficie del agregado. El agua fluye o se evapora, separándose de las partículas pétreas recubiertas por el asfalto. Existen emulsificantes que permiten que esta rotura sea instantánea y otros que retardan éste fenómeno. De acuerdo con la velocidad de rotura, las emulsiones asfálticas pueden ser:

- De rompimiento rápido, la que se designa por las letras RS (Rapid Setting). Estas producen una capa relativamente dura y principalmente es usada para aplicaciones en spray sobre agregados y arenas de sello, así como penetración sobre piedra quebrada; que por ser de alta viscosidad sirve de impermeabilizante.

- De rompimiento medio, las que se designan con las letras MS (Medium Setting).

- Rompimiento lento, designada por las letras SS (Slow Setting). Son diseñadas para una máxima estabilidad de mezclado. Son usadas para dar un buen acabado con agregados compactos y asegurar una

¹ Sustancia a que no se puede mezclar con otra.

² Sustancias que recubren a las partículas de la fase dispersa para evitar que coagulen y las fases se separen.

buena mezcla con éstos.

El tipo de emulsión a utilizar depende de varios factores, tales como las condiciones climáticas durante la construcción, tipos de agregados disponibles, etc.

Las emulsiones asfálticas deben ser afines a la polaridad de los agregados con el propósito de tener una buena adherencia. Esta cualidad se la confiere el emulsificante, el cual puede darle polaridad negativa o positiva, tomando el nombre de aniónicas, las primeras, afines a los áridos de cargas positivas y catiónica, las segundas, afines a áridos de cargas negativas; como son las de origen cuarzoso o silíceo.

En Costa Rica se producen las siguientes: catiónica rápida y lenta, aniónica rápida y lenta.

2. *Emulsión asfáltica inversa*: emulsión asfáltica en la que la fase continua es asfalto, usualmente de tipo líquido, y la fase discontinua está constituida por diminutos glóbulos de agua en porción relativamente pequeña. Este tipo de emulsión puede ser también aniónica o catiónica.

E) Otros tipos

1. *Roca asfáltica*: roca porosa como arenisca o caliza, que se ha impregnado con asfalto natural a lo largo de su vida geológica.

2. *Producto asfáltico de imprimación*: asfalto líquido de baja viscosidad que penetra en una superficie no bituminosa cuando se aplica a ella.

3. *Pintura asfáltica*: producto asfáltico líquido que a veces contiene pequeñas cantidades de otros materiales como negro de humo, polvo de aluminio y pigmentos minerales.

4. *Gilsonita*: tipo de asfalto natural duro y quebradizo que se presenta en grietas de rocas o filones de los que se extrae.

D) Productos prefabricados

1. *Para rellenos de juntas*: tiras prefabricadas de asfalto mezclado con sustancias minerales muy finas, materiales fibrosos, corcho, etc., de dimensiones adecuadas para la construcción de juntas¹.

2. *Paneles*: compuestos generalmente de una parte central

1 Espacio o unión entre las piedras o losas contiguas.

de asfalto, minerales y fibras, cubierta por ambos lados con una capa de fieltro impregnado de asfalto y revestido en el exterior con asfalto aplicado en caliente. Con anchuras de 90cm a 1.20m, con un espesor de 9cm a 25mm y de la longitud que se desee.

3. *Tablones*: mezclas premoldeadas de asfalto, fibras y filler mineral, reforzadas a veces con malla de acero o fibra de vidrio. Con longitudes de 90cm a 2.40m y anchuras de 15 a 30cm. Pueden contener arena silíceo lo que los hace parecer ligas.

4. *Bloques*: hormigón asfáltico moldeado a alta presión. El tipo de áridos empleados, la cantidad, tipo de asfalto, el tamaño y el espesor de los bloques pueden variarse según las necesidades de empleo.

V. Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales

A) Clasificación:

La estructura de un pavimento asfáltico o estructura del pavimento flexible es un conjunto de capas de mezclas de asfalto y áridos seleccionados situadas sobre la explanación. Los pavimentos asfálticos son aquellos compuestos de una capa de superficie de áridos envueltos en aglomerados con betún asfáltico, con un espesor mínimo de 25mm sobre capas de sustentación. El pavimento de tipo compuesto se obtiene cuando el pavimento se aplica sobre uno antiguo; dando lugar al recargo asfáltico, que es una capa de 25mm.

Los tratamientos asfálticos superficiales son aplicaciones a cualquier tipo de superficie de materiales asfálticos, con o sin cubrición de áridos minerales, que producen un incremento en el espesor inferior de 25mm. Entre los tratamientos asfálticos se pueden nombrar:

- Riego en negro es el tratamiento asfáltico superficial muy ligero que no cubre mucho de áridos.

- Sellado asfáltico es el tratamiento de pequeño espesor aplicado a un pavimento existente.

- Lechada asfáltica es la mezcla de emulsión asfáltica de rotura lenta de tipo SS, áridos finos y filler mineral, con el agua necesaria para obtener una consistencia lechada.

- Imprimación asfáltica es la aplicación a una superficie absorbente de un material asfáltico líquido de baja viscosidad como preparación para cualquier tratamiento o construcciones posteriores. El objeto de la imprimación es saturar de asfalto la superficie existente llenando huecos, revestir y unir entre sí el polvo y endurecer la superficie.

- Capa de adherencia asfáltica es la aplicación de material asfáltico a una superficie existente para asegurar una perfecta unión entre la antigua superficie y las nuevas capas.

Los tratamientos superficiales múltiples consisten normalmente en dos o tres aplicaciones sucesivas de material asfáltico y áridos. Entre estos están:

- La base asfáltica que es una capa de cimentación compuesta de áridos aglomerados con material asfáltico.

- Capa asfáltica intermedia es la capa de enlace, normalmente de hormigón asfáltico con áridos gruesos y algunas veces polvo mineral.

- Capa asfáltica de nivelación es una capa de espesor variable empleada par eliminar irregularidades de una superficie antes de cubrirla con un nuevo tratamiento o capa.

- Capa asfáltica de superficie es la capa superior de un pavimento asfáltico, llamada también capa de desgaste.

Entre las mezclas la más sobresaliente es el sheet asphalt, mezcla caliente de betún asfáltico, arena y filler mineral. Normalmente sólo se emplea en capas de superficie sobre capas de enlace o nivelación.

B) Control de temperaturas

El asfalto es un material termoplástico cuya viscosidad disminuye al crecer la temperatura; pero no todos los tipos de asfalto tienen el mismo nivel de viscosidad. Normalmente se especifican las temperaturas de aplicación para diversos empleos de los materiales asfálticos; pero se recomienda tener en cuenta la relación temperatura-viscosidad antes de fijar la temperatura de aplicación.

La viscosidad más conveniente para la aplicación depende de varios factores, como:

- Tipo de aplicación (mezcla o riego).
- Características y granulometría de los áridos.
- Condiciones atmosféricas.

La temperatura más adecuada para mezclado es aquella a la que la viscosidad del asfalto esta comprendida entre entre 75 y 150 SSF (segundos Saybolt-Furol). Las temperaturas más adecuadas para mezclas con áridos gruesos, y las más bajas para áridos finos.

La temperatura más adecuada para el riego está comprendida normalmente entre 25 y 100 SSF. Se emplean las viscosidades más elevadas de este margen para sellado y penetración de superficies cerradas.

C) Tipos de averías

Son numerosos los tipos de averías que se pueden dar. Deben determinarse los motivos de las averías tomando las medidas necesarias para corregirlos. Probablemente el agua es la principal causa de las averías en las estructuras de los pavimentos. Por eso el control de las aguas superficiales y subterráneas es una de las más importantes.

Entre los tipos de averías podemos nombrar:

- Envejecimiento.
- Disgregación.
- Baches.
- Exudación e inestabilidad.

- Grietas largas.
- Grietas en piel de cocodrilo.
- Depresiones.
- Grietas en los bordes.

1. *Seguridad*: los trabajadores deben contar con caretas y guantes adecuados; al igual que ropa lo suficientemente gruesa, que cierre perfectamente para protegerlos del asfalto caliente. Al bombear no se deben emplear presiones muy altas. Se deben tomar las precauciones necesarias para no bloquear drenajes cuando se trabaje cerca de estos.

2. *Maquinaria necesaria*: para la más mínima conservación del asfalto es necesaria la siguiente maquinaria:

- Un distribuidor a presión aislado con tanque de capacidad no inferior a 2.000 litros; con termómetro, manómetro, bomba rotativa, tuberías de circulación y válvulas, etc.

- Una caldera de calentamiento de capacidad suficiente para tener al equipo.

- Un camión tanque aislado con calentadores para servir asfalto al distribuidor en el tajo.

- Un compresor de capacidad suficiente para hacer funcionar dos martillos perforadores o para eliminar el polvo de los agujeros.

3. *Causas y correcciones*

Las averías en los antiguos pavimentos bituminosos se deben usualmente a un proyecto del pavimento inadecuado para el tráfico existente, a una compactación insuficiente durante la construcción o ambas causas. El proyecto incorrecto de las mezclas asfálticas pueden dar lugar también a varios tipos de averías. Un exceso de asfalto, especialmente en mezclas con elevado porcentaje de agregados puede dar lugar a ondulaciones de la superficie. Un contenido de asfalto insuficiente puede dar lugar a agrietamiento o desintegración de la superficie.

El agrietamiento por fatiga puede deberse a una deflexión excesiva del pavimento o a que la mezcla sea quebradiza. El pavimento puede ser quebradizo porque el asfalto se haya endurecido excesivamente por cualquier causa o porque el contenido del asfalto sea insuficiente. Los pavimentos asfálticos pueden averiarse por defecto de la resistencia de la cimentación, debido frecuentemente al mal drenaje. El agua es la principal causa de averías en las estructuras de los pavimentos.

Se dispone de gran variedad de materiales y técnicas aplicables a la corrección de los diversos tipos de averías. Algunos tipos de ellos, que pueden emplearse aisladamente o combinados con otros son:

- *Tratamientos superficiales*: a los que se refiere al principio de este capítulo. Riego en negro, sólo o con arena, gravilla; sellado con lechada asfáltica o el tratamiento

superficial múltiple.

- Mezclas para bacheo: mezclas en caliente, que son áridos mezclados con betún asfáltico de gran penetración para uso inmediato. Las mezclas en frío son los áridos en una instalación central con asfalto líquido para uso inmediato o almacenaje. Las mezclas en frío almacenables es una mezcla de los áridos locales con asfaltos líquidos de curado medio o lento que se almacena para uso futuro.

Sea cual sea el tratamiento que se escoja, según la avería, siempre es necesario limpiar o barrer el área que se va a reparar; eliminar el agua; si es necesario acondicionar el orificio o grieta, los costados deben ser aproximadamente verticales y se deben hacer en la dirección del tráfico. Si es necesario se debe apisonar el relleno.

INTRODUCCION

Este trabajo tiene como propósito un mayor entendimiento sobre la composición química y física del asfalto; más que un trabajo experimental es una recopilación teórica acerca del tema. Siendo este tema extremadamente amplio, por la complejidad y la variedad en la composición del asfalto; es necesario tener en cuenta algunos aspectos generales acerca del tema antes de darle inicio. Es por esto, que se tocarán temas como petróleo crudo y betún asfáltico antes de iniciar el estudio del asfalto o que se haga una breve historia sobre el uso del asfalto en la historia del hombre; de la misma forma se dedica uno de los apéndices a dar una breve, pero útil para nuestro estudio, explicación sobre los hidrocarburos. De igual forma se hace una enumeración de las funciones del asfalto para hacer resaltar la gran gama de uso y productos que se pueden generar gracias a su composición química y sus propiedades físicas. En una parte del trabajo se nombran algunas clases de asfaltos o sus productos, también como sus usos. Es de suma importancia para

el entendimiento de su composición físico-química saber de donde proviene o como se obtiene el asfalto; por dicha razón se le dedica una sección del trabajo a los métodos para la obtención del asfalto. Una vez entendidos estos conceptos se pasa a la explicación de los métodos usados en el laboratorio para establecer las propiedades del asfalto. Para finalizar y ampliar un poco el tema se ha introducido una última parte al trabajo dedicada los pavimentos asfálticos y a sus tratamientos superficiales.

Apéndice A - Hidrocarburos

Hidrocarburos son los compuestos que tiene enlaces C-C o C-H. Estos pueden ser saturados o no saturados; cíclicos o acíclicos, según sea su composición o número de elementos que posea la partícula. (ver fig. #20) Para el estudio del asfalto es necesario conocer los siguientes:

- Los hidrocarburos cíclicos o de cadena abierta, son aquellos en los que la cadena de átomos de carbono no se cierra. Son saturados, si todos los enlaces entre los átomos de carbono son simple y no saturados en caso contrario. Los hidrocarburos acíclicos saturados se llaman parafinas. Los hidrocarburos acíclicos que tienen enlaces doble se llaman oleofinas, y los que presentan un triple enlace entre dos átomos de carbono se denominan hidracarburos acetilenos.

Por su parte, los hidrocarburos cíclicos son aquellos en que la cadena de átomos de carbono lleg a cerrarse, formando anillos. los hidrocarburos cíclicos saturados se llaman cicloparafinas o naftenos y los hirocarburos cíclicos no saturados, que presentan en su estructura dobles enlaces entre átomos de carbono se llaman hidrocarburos aromáticos, en los que sobresale el benceno.

Los hidrocarburos nombrados anteriormente pueden combinarse entre sí en infinidad de compuestos formados por uniones de cadenas parafínicas y oleofínicas, anillos nafténicos simples y múltiples y anillos bencénicos, dndo lugar a moléculas muy complicadas y muy difíciles de clasificar.

BIBLIOGRAFIA

The Asphalt institute, Manual del Asfalto, Productos Asfálticos S.A., Madrid, España. 1962. Cap. I y II, pp 18-26, 271-284, 70-82, 146-148.

The Asphalt Institute, Asphalt materials, mixes, construction and quality, Productos Asfálticos S.A., Madrid, España. 1985. pp 22-30, 40-73, 37-40.

John E. Parson, Asphalt Roads and Materials, Noyes Data Corporation. New Jersey, EE UU. 1977. pp. 1-5, 27-29

Whitten, Kennet;

Gailey, Kennet;

Davis Raymond; Química General, Ed. Mc Graw Hill, 2da edición, México, 1992. pp. 367, 831, 856

CONCLUSIONES

Al concluir el trabajo no sólo se tiene un mayor conocimiento sobre que es el asfalto y los millones de usos que tiene, también, mueren varias creencias sobre el mal estado de las calles de nuestro país; esto gracias a que ya se sabe que las averías de las calles se dan por un gran número de razones, así es que antes de criticar un hueco se debe pensar cuales son las condiciones ambientales, que tipo de mezcla se uso, el peso de la carga que soporta. Se ve también que es de suma importancia para el diseño de las carreteras el tipo y la polaridad de los áridos para que sea compatible con la polaridad del asfalto.