
CAPITULO II

PROPIEDADES Y ESTUDIOS DE LOS MATERIALES ASFALTICOS Y PÉTREOS

II .- PROPIEDADES Y ESTUDIOS DE LOS MATERIALES ASFALTICOS Y PÉTREOS

2.1 Generalidades

El uso moderno del asfalto para carreteras y construcción de calles comenzó a finales del siglo pasado, y creció rápidamente con el surgimiento de la industria automotriz. Desde entonces, la tecnología del asfalto ha dado grandes pasos. Hoy día, los equipos y los procedimientos usados para construir estructuras de pavimentos asfálticos son bastantes sofisticados.

Una regla que no ha cambiado a través de la larga historia del asfalto en la construcción, es la siguiente: Un pavimento es tan bueno como los materiales y calidad del proceso constructivo.

Ningún equipo sofisticado puede compensar el uso de materiales y técnicas constructivas deficientes.

Descripción General.- Los pavimentos asfálticos están compuestos de dos materiales: asfalto y agregado pétreo; en consecuencia es posible construir diferentes tipos de pavimentos asfálticos.

- Concreto asfáltico (mezcla asfáltica en caliente)
- Capa asfáltica de fricción con granulometría abierta
- Mezcla asfáltica de arena
- Mezcla asfáltica de poco espesor
- Mezcla con asfaltos emulsificados (mezcla en frío)

2.2 Materiales Asfálticos

El asfalto es un material negro, cementante, que varia ampliamente en consistencia, entre sólido y semisólido (sólido blando), a temperaturas ambientales normales. Cuando se calienta lo suficiente, el asfalto se ablanda y se vuelve liquido, lo cual le permite cubrir las partículas de agregado durante la producción de mezcla caliente.

Esto significa que un pavimento de concreto asfáltico construido adecuadamente es impermeable y resistente a muchos tipos de daños químicos.

El asfalto cambia cuando es calentado y/o envejecido. Tiende a volverse duro y frágil y también a perder capacidad de adherirse a las partículas de agregados. Estos cambios pueden ser minimizados si se comprenden las propiedades del asfalto.

2.2.1 Clasificación, Propiedades Físicas y Químicas del Asfalto

Propiedades Químicas del Asfalto.- El asfalto tiene propiedades químicas que lo hacen muy versátil como material de construcción de carreteras.

En la actualidad no hay una prueba normal para la composición química de asfaltos que sea aceptada.

Los ensayos existentes para analizar composiciones químicas requiere de equipos sofisticados y pericia técnica que no esta disponible en la mayoría de los laboratorios donde se hacen pruebas de asfalto.

La relación entre la composición química del cemento asfáltico y su comportamiento de la estructura del pavimento es todavía incierta.

De todas maneras, una breve descripción de la química del asfalto ayudara a que el supervisor entienda la naturaleza del material.

Básicamente, el asfalto esta compuesto por varios hidrocarburos (combinaciones moleculares de hidrógeno y carbono) y algunos residuos de azufre, oxígeno, nitrógeno y otros elementos. El asfalto cuando es disuelto con un heptano, puede separarse en dos partes principales, asfaltenos y maltenos.

Los asfaltenos no se disuelven en el heptano. Los asfaltenos una vez separados de lo maltenos, son usualmente de color negro o pardo oscuro y se parecen al polvo grueso del grafito.

Los asfaltenos le dan al asfalto su color y dureza.

Los maltenos se disuelven en el heptano. Son líquidos viscosos compuestos de resinas y aceites. Las resinas son, por lo general, líquidos pesados de color ambar o pardo oscuro, mientras que los aceites son de color mas claro. Las resinas proporcionan las cualidades adhesivas en el asfalto mientras que los aceites actúan como un medio de transporte para los asfaltenos y las resinas. La proporción de asfaltenos y maltenos en el asfalto puede variar a un sin número de factores, incluyendo altas temperaturas , exposición a la luz y al oxígeno, tipo de agregados usado en la mezcla de pavimento, y espesor de la película de asfalto en la partículas de los agregados.

Las reacciones que pueden ocurrir incluyen: evaporación de los compuestos mas volátiles oxidación (combinación de moléculas de hidrocarburos con moléculas de oxígeno), polimerización (combinación de dos o mas para formar una sola molécula mas pesada) y otros cambios químicos que pueden afectar considerablemente las propiedades del asfalto.

Propiedades Físicas del Asfalto.- Las propiedades físicas del asfalto, de mayor importancia para el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras son : durabilidad, adhesión, susceptibilidad a la temperatura, envejecimiento y endurecimiento que a continuación definiremos:

Durabilidad:

Es la medida de que tanto puede retener un asfalto sus características originales cuando es expuesto a procesos normales de degradación y envejecimiento.

Sin embargo existen pruebas rutinarias para evaluar la durabilidad del asfalto , estas son las pruebas de película delgada en horno y la prueba de película delgada en horno rotatorio, ambas incluyen el calentamiento de la película delgada de asfalto.

Adhesión y Cohesión:

Adhesión.- es la capacidad del asfalto para adherirse al agregado en la mezcla de pavimentación.

Cohesión.- es la capacidad del asfalto de mantener firmemente, en su puesto, las partículas de agregado en el pavimento terminado.

El ensayo de ductilidad no mide directamente la adhesión o la cohesión; mas bien, examina una propiedad del asfalto considerada para algunos como la relación con la cohesión y la adhesión.

Susceptibilidad a la Temperatura:

Todos los asfaltos son termoplásticos; esto es, se vuelven mas duros (mas viscosos) a medida que su temperatura disminuye, y mas blandos (menos viscosos) a medida que su temperatura aumenta. Esta característica se conoce como susceptibilidad a la temperatura y es una de las propiedades mas valiosas en un asfalto. La susceptibilidad a la temperatura varía entre asfaltos de petróleos de diferente origen, a un si los asfaltos tienen el mismo grado de consistencia.

Debe entenderse que es de vital importancia que un asfalto sea susceptible a la temperatura. Debe tener suficiente fluidez a altas temperaturas para que pueda cubrir las partículas de agregado durante el mezclado, y así permitir que estas partículas se desplacen unas respecto a otras durante la compactación. Luego deberá volverse lo suficiente viscoso, a temperaturas ambientales normales, para mantener unidas las partículas de agregado.

Endurecimiento y Envejecimiento:

Los asfaltos tienden a endurecerse en la mezcla asfáltica durante la construcción, y también en pavimento terminado. Este endurecimiento es causado principalmente por el proceso de oxidación (el asfalto combinado con el oxígeno), el cual ocurre mas fácilmente a altas temperaturas (como las temperaturas de

construcción) y en películas delgadas de asfalto (como la película que cubre las partículas de agregado).

El asfalto se encuentra a altas temperaturas y en películas delgadas mientras que esta revistiendo las partículas de agregado durante el mezclado. Esto hace que la oxidación y el endurecimiento mas severo ocurren en esta etapa de mezclado.

El endurecimiento del asfalto continua en el pavimento después de la construcción.

Una vez mas, las causas principales son la oxidación y la polimerización. Estos procesos pueden ser retardados si se mantiene, en el pavimento terminado, una cantidad pequeña de vacíos (de aire) interconectados, junto con una capa gruesa de asfalto cubriendo las partículas de agregado.

2.2.2 Pruebas para Determinar las Propiedades del Cemento Asfáltico

Las pruebas necesarias para determinar y medir las siguientes propiedades: viscosidad, penetración, punto de inflamación, endurecimiento y envejecimiento, ductilidad, solubilidad y peso específico. A continuación se describen a detalle:

Viscosidad.- Las especificaciones de los trabajos de pavimentación requieren ,generalmente de ciertos valores de viscosidad a temperaturas de 60° C (140° F) y 135° C (275° F).

La viscosidad a 60° C (140° F) es la viscosidad usada para clasificar el cemento asfáltico. Ella representa la viscosidad del cemento asfáltico a la temperatura mas alta que el pavimento puede llegar a experimentar durante su



servicio. La viscosidad a 135° C (275° F) corresponde, aproximadamente, a la viscosidad del asfalto durante el mezclado y la colocación. El conocer la consistencia de un asfalto dado a estas dos temperaturas ayuda a determinar si el asfalto es apropiado o no para el pavimento que esta siendo diseñado.

Penetración.- El ensayo de penetración es otra medida de consistencia. La prueba esta incluida en las especificaciones basadas en viscosidad para impedir que sean usados los cementos asfálticos que tengan valores inapropiados de penetración a 25° C (77° F).

La prueba normal de penetración consiste, como primera medida, en estabilizar una muestra de cemento asfáltico a una temperatura de 25° C (77° F) en un baño de agua con temperatura controlada. Seguidamente, una aguja de dimensiones prescritas se coloca sobre la superficie de la muestra bajo una carga de 100 gramos y por un tiempo exacto de 5 segundos.

La distancia que la aguja penetra en el cemento asfáltico es registrada en unidades de 0.1 mm. La cantidad de estas unidades es llamada la " penetración" de la muestra.

Punto de inflamación.- El punto de inflamación de un cemento asfáltico es la temperatura mas baja a la cual se separan materiales volátiles de la muestra, y crean un "destello" en presencia de una llama abierta. El punto de inflamación no debe ser confundido con el punto de combustión , el cual es la temperatura mas baja a la cual el cemento asfáltico se inflama y se quema. El punto de inflamación

consiste, tan solo, en la combustión instantánea de las fracciones volátiles que se están separando del asfalto.

El punto de inflamación de un cemento asfáltico se determina para identificar la temperatura máxima a la cual este puede ser manejado y almacenado sin peligro de que se inflame. Esta información es muy importante debido a que el cemento asfáltico es generalmente calentado con su almacenaje con el fin de mantener una viscosidad lo suficiente baja para que el material pueda ser bombeado.

El procedimiento básico para determinar el punto de inflamación consiste en calentar, gradualmente, una muestra de cemento asfáltico en una copa de latón mientras se esta aplicando una pequeña llama sobre la superficie . La temperatura a la cual se presentan destellos instantáneos de vapores sobre la superficie se denomina punto de inflamación.

Pruebas de Película Delgada en Horno y Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio.- Estas pruebas no son verdaderas pruebas. Solamente son procedimientos que se exponen una muestra de asfalto a unas condiciones que aproximan las ocurridas durante las operaciones de plantas de mezclado en caliente. Las pruebas de viscosidad y penetración efectuadas sobre las muestras obtenidas después de los ensayos de estas pruebas, son usadas para medir el endurecimiento anticipado del material, durante la construcción y durante el servicio del pavimento.

Ductilidad. - La ductilidad es una medida de cuanto puede ser estirada una muestra de asfalto antes de que se rompa en dos. La ductilidad es medida mediante una prueba de “ extensión” en donde una probeta de cemento asfáltico es extendida o estirada a una velocidad y una temperatura específica de 25°C. El estiramiento continua hasta que el hilo de cemento asfáltico se rompa. La longitud del hilo de material en el momento del corte se mide en cms. Y se denomina ductilidad de la muestra.

Solubilidad. - El ensayo de solubilidad es un procedimiento para medir la pureza de un cemento asfáltico. Una muestra es sumergida en un solvente (tricloroetileno) en donde se disuelven sus componentes cementantes activos. Las impurezas como las sales, el carbono libre, y los contaminantes inorgánicos, no se disuelven sino que se depositan en forma de partícula.

Estas impurezas insolubles son luego filtradas fuera de la solución y medidas como una proporción de la muestra original.

Peso Especifico. - El peso especifico es la proporción del peso de cualquier volumen igual de agua, ambos a una temperatura determinada. Como ejemplo, una sustancia con un peso especifico de 1.6 pesa 1.6 veces mas que el agua.

El peso especifico de un cemento asfáltico no se indica, normalmente , en las especificaciones de la obra. De todas maneras, hay dos razones importantes por las cuales se debe conocer el peso especifico del cemento asfáltico usado:

- El asfalto se expande cuando es calentado y se contrae cuando es enfriado. Esto significa que el volumen dado de una cierta cantidad de

- cemento asfáltico será mayor a altas temperaturas. Las medidas de peso específico proveen un patrón para efectuar correcciones de temperatura – volumen.
- El peso específico de un asfalto es esencial en la determinación del porcentaje de vacíos (espacios de aire) de un pavimento compactado.

2.2.3 Manejo, Almacenamiento y Muestreo de Asfalto

El historial de seguridad para el manejo, almacenamiento y muestreo de asfalto es bueno. De todas maneras, ha habido accidentes que han ocasionado daños a propiedad, lesiones personales y pérdida de vida. Para prevenir tales desgracias, todo el mundo debe conocer y seguir buenas practicas de seguridad. Cuando ocurre un accidente, cada quien debe saber cómo reaccionar y cual tratamiento de primeros auxilios es el apropiado.

El supervisor debe estar al tanto de las fuentes potenciales de contaminación que puedan existir en el lugar donde el asfalto es manejado o almacenado. El supervisor también debe ser capaz de identificar y evitar practicas que conduzcan a la contaminación de muestras, debido a que él mismo puede verse obligado a tomar muestras de asfaltos para ensayos. Finalmente, el supervisor debe entender los cambios que ocurren en el volumen de asfalto cuando este es calentado o enfriado. Estos conocimientos son especialmente importantes cuando se comparan cantidades de asfalto a diferentes temperaturas.

Seguridad en el Manejo del Asfalto Caliente.- En una planta de asfalto las temperaturas usualmente exceden los 150° C (300° F) . Las superficies de metal de los equipos de la planta generalmente oscilan entre los 65° C (150° F) y los 95° C (200° F). En consecuencia, cualquier contacto momentáneo con el asfalto caliente o con el equipo de la planta, incluyendo tanques, tuberías, secadores, calderas, y casas de calderas, puede quemar severamente la piel expuesta.

Cuatro precauciones generales contra estas dolorosas, y a veces desfigurantes quemaduras son:

- Esté consiente de donde están localizados los riesgos de quemaduras.
- Use las áreas designadas para caminar y manténgase alejado de situaciones peligrosas.
- Siempre use la ropa adecuada de trabajo.
- Conozca y siga todos los procedimientos de seguridad relacionados con el manejo de material y equipo caliente.

En caso de que ocurra una quemadura, siga las siguientes normas generales para el tratamiento:

- En el caso de quemaduras locales de asfalto en la piel, aplique agua fría o una bolsa de hielo para reducir el calor del asfalto y la piel.
- En el caso donde las quemaduras cubran mas de 10% del cuerpo (aproximadamente el área de piel de un brazo o de media pierna) aplique

agua tibia en vez de agua fría. El agua tibia reducirá la temperatura del asfalto y de la piel sin causar un shock, el cual puede ser inducido si se aplica agua fría o hielo a quemaduras mayores.

- No remueva el asfalto de la piel
- No cubra el área afectada con una venda
- Asegúrese que un medico revise la quemadura inmediatamente

El sulfuro de hidrógeno es un producto de la reacción entre el hidrógeno y el azufre presentes, naturalmente, en el asfalto. En concentraciones bajas, el sulfuro de hidrógeno no es peligroso; sin embargo en concentraciones altas, como las encontradas en tanques de almacenamiento y otras áreas encerradas, puede ser letal. Para prevenir demasiada exposición a los vapores de sulfuro de hidrógeno:

- Mantenga su cara alejada, por lo menos un metro, de las escotillas de los tanques de asfalto.
- Mantenga su cara en dirección contraria al viento al estar cerca de las escotillas abiertas.
- Evite respirar los vapores cuando las tapas de las escotillas o cuando obtenga muestras.

En caso de demasiada exposición a los vapores de sulfuro de hidrógeno:

- Mueva la víctima a un área de aire fresco
- Administre oxígeno si la víctima respira con dificultad
- Comience respiración artificial si la víctima deja respirar

- Haga que la víctima sea examinada inmediatamente por un medico.

Almacenado de Asfalto.- En una planta estacionaria de asfalto, el asfalto es almacenado en tanques aislados y calientes, cuya capacidad promedia es de 76,000 litros (20,000 galones).

Los tanques montados en remolques pequeños son usados para plantas portátiles. Su capacidad es generalmente la mitad de la de los tanques fijos o estacionarios.

Los tanques de almacenamiento están equipados con espirales térmicos de vapor, espirales de aceite caliente, o calentadores de gas o eléctricos, con el fin de mantener el asfalto con suficiente fluidez para que pueda ser bombeado con facilidad.

Existen ciertas precauciones que deben tomarse, respecto a las temperaturas en los tanques, para poder garantizar la seguridad:

- Verifique y registre periódicamente las temperaturas en los tanques
- Use solamente el instrumento adecuado cuando mida la temperatura de los tanques
- Evite tomar lecturas de temperatura cerca de los espirales de calentamiento, cerca de la pared del tanque o cerca del fondo del tanque. Dichas lecturas son generalmente imprecisas
- Desde el punto de vista de seguridad deseable almacenar el asfalto a una temperatura muy por debajo del punto de inflamación.

Recuerde que los valores reportados en el ensayo de punto de inflamación son específicos de los procedimientos de ensayo y no representan, necesariamente, las atmosferas de vapor existentes en el tanque. En consecuencia, el punto de inflamación del asfalto en el lugar de almacenaje puede variar, considerablemente, respecto al punto de inflamación determinado en el laboratorio.

- Revise regularmente los tanques de almacenamiento y los espirales para ver si hay señales de daño o escape

Los camiones y los vagones de ferrocarril que generalmente transportan asfalto pueden ser usados, a veces, para transportar otros productos del petróleo. Debido a esto, a veces se encuentran residuos no asfálticos en los tanques a ser cargados con el asfalto; residuos que pueden contaminar la carga de asfalto. Esta contaminación puede resultar, no solamente, en un

asfalto que no cumpla con especificaciones, sino también en un aumento en el peligro de incendio o explosión.

Muestreando Asfalto.- La   nica manera de saber si el cemento asfáltico entregado en la planta cumple con las especificaciones, es tomar muestras del material y hacerlas ensayar en el laboratorio. Las muestras deben ser representativas del cargamento total para poder obtener resultados confiable. Es muy probable que se obtengan resultados engañosos en los ensayos si las muestras están alteradas o contaminadas. Tales resultados podrían ser usados

para rechazar un cargamento completo de cemento asfáltico, aun cuando el asfalto este cumpliendo con las especificaciones.

Relaciones Temperatura – Volumen .- El asfalto se expande cuando se calienta y se contrae cuando se enfría. Estos cambios en volumen pueden causar confusión porque la base de los pagos y los registros de la obra es el volumen de asfalto a 15° C (59° F), sin importar la temperatura a la cual el asfalto es transportado y almacenado. Por consiguiente, cuando son entregados 19,000 litros de asfalto a 150° C (302° F), su volumen a 15° C (59° F) debe ser calculado y registrado.

El calculo necesario es simple, y solo requiere la siguiente información:

- La temperatura del asfalto
- El peso especifico del asfalto

La temperatura del asfalto y su peso especifico son utilizados para localizar el factor de corrección que este se localiza en unas tablas anexadas al final.

Una vez que el supervisor conozca la temperatura del asfalto y el factor de corrección adecuado deberá proceder a usar la siguiente formula para calcular el volumen de asfalto a 15° C (59° F) :

$$V = V_t (CF)$$

Donde:

V =Volumen a 15° C (59° F)

Vt =Volumen a la temperatura dada

CF = Factor de Corrección de las tablas

EJEMPLO:

Un camión acaba de entregar 19,000 litros de asfalto a una temperatura de 150° C (302° F) . El peso específico del asfalto es 0.970. Cual será el volumen de asfalto a una temperatura de 15° C (59° F) :

Debido a que el peso específico del asfalto es mayor que 0.967, los factores de las tablas para localizar el factor de correlación para 150° C, el factor de corrección es 0.9177.

Entonces:

$$V = 19,000 \text{ litros} \times 0.9177$$

$$= 17,436 \text{ litros}$$

Por consiguiente, el volumen del asfalto a 15° C (59° F) es de 17,436 litros.

2.3 Materiales Pétreos

También conocido como roca, material granular o agregado mineral, es cualquier material mineral duro e inerte usado, en forma de partículas graduadas o fragmentos, como parte de un pavimento de mezcla asfáltica en caliente. Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria y polvo de roca. El agregado constituye entre el 90 y el 95 %, en peso y entre el 75 y el 85 %, en volumen, de la mayoría de las estructuras de pavimento. El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad portante.

2.3.1 Clasificación de Agregados

Las rocas se dividen en tres tipos generales: sedimentarias, ígneas y metamórficas, esta clasificación esta basada en el tipo de formación de cada roca, y a continuación definiremos cada una de ellas:

Rocas Sedimentarias.- Las rocas sedimentarias se forman por la acumulación de sedimentos (partículas finas) en el agua, o a medida que el agua se deposita. El sedimento puede consistir de partículas minerales o fragmentos (como es el caso de la areniscas y la arcilla esquistosa), de residuos de productos animales (algunas calizas), de planta (carbón), y de los productos finales de una acción química o una evaporación (sal, yeso), o de la combinación de cualquiera de estos tipos de materiales.

Rocas Ígneas.- Las rocas ígneas constan de material fundido (magma) que se ha enfriado y solidificado. Hay dos tipos de rocas ígneas: extrusivas e intrusivas.

Las rocas ígneas extrusivas son formadas a partir del material que se ha vertido afuera, sobre la superficie terrestre, durante una erupción volcánica o alguna actividad geológica similar. La roca resultante tiene una apariencia y estructura vidriosa, debido a que el material se enfría rápidamente al ser expuesto a la atmósfera. La riolita, la andesita y el basalto son ejemplos de rocas extrusivas.

Las rocas intrusivas, por otro lado, se forman a partir del magma que queda atrapado en las profundidades de la corteza terrestre. Al ser atrapado en la corteza, el magma se enfría y endurece lentamente, permitiendo la formación de una estructura cristalina. En consecuencia, la roca ígnea intrusiva es cristalina en estructura y apariencia ; siendo ejemplos el granito, la diorita y el gabro.

Rocas Metamórficas.- Las rocas metamórficas son, generalmente, rocas sedimentarias o ígneas que han sido transformadas por procesos de intensa presión y calor dentro de la tierra, y también por reacciones químicas.

Fuentes de Agregados.- Los agregados usados en pavimentos asfálticos se clasifican, generalmente, de acuerdo a su origen. Estos Incluyen: agregados naturales, agregados procesados y agregados sintéticos o artificiales.

Agregados Naturales.- Los agregados naturales son aquellos que son usados en su forma natural, con muy poco o ningún procesamiento . Ellos están constituidos por partículas producidas mediante procesos naturales de erosión y degradación.

Los principales tipos de agregado natural usados en la construcción de pavimento son la grava y la arena. La grava se define, usualmente como partículas de tamaño igual o mayor que 6.35 mm. (¼"). La arena se define como partícula de tamaño menor de 6.35 mm. (1/4") pero mayor que 0.075 mm. (No. 200). La partículas menor que 0.075mm. (No. 200) son conocidas como relleno mineral (filler), el cual consiste principalmente de limo y arcilla.

Agregados Procesados.- Los agregados procesados son aquellos que han sido triturados y tamizados antes de ser usados. Existe dos fuentes principales de agregados procesados :

Gravas naturales que son trituradas para volverlas mas apropiadas para pavimento de mezclas asfáltica y fragmentos de lecho de roca y de piedras grandes que deben ser reducidas en tamaño.

La roca es triturada por tres razones:

- para cambiar la textura superficial de las partículas de lisa a rugosa
- Para cambiar la forma de la partícula de redonda a angular
- Para reducir y mejorar la distribución del rango (graduación) de los tamaños de las partículas.

Agregado Sintético.- Los agregados sintéticos o artificiales no existen en la naturaleza.

Ellos son el producto del procesamiento físico o químico de materiales. Algunos son subproductos de procesos industriales de producción como refinamiento de metales. Otros son producidos mediante el procesamiento de materia prima.

2.3.2 Producción y Acopio de Reservas, Manejo y Muestra de Agregados

Producción de Agregados.- El supervisor deberá familiarizarse con los datos geológicos relacionados con el depósito de agregado y con las especificaciones que hallan sido establecidas para trabajar con el mismo, siempre que estén supervisando la producción de agregado.

Cuando se trate de arenas o gravas, se deberá tener un cuidado especial de remover el suelo para no contaminar el agregado. Esto es particularmente cuando el suelo contiene arcilla, vegetación o algún otro material que afectar desfavorablemente el comportamiento del pavimento.

Acopio de Reservas de Agregados.- Para producir mezclas asfálticas en caliente de alta calidad es esencial tener buenos procedimientos de acopio de reservas, los agregados retienen su graduación si son apropiadamente acopiados. Cuando el acopio es malo, las partículas de agregados se segregan (separan por tamaño). Y la graduación varía en diferentes niveles del acopio.

El supervisor deberá estar al tanto de los efectos producidos, en la graduación del agregado por las diferentes practicas de acopio y siempre deberá fomentar las buenas prácticas.

El contratista deberá estar preparado para recibir los agregados ante de que estos sean entregados en planta. Deberán prepararse en superficies firmes y limpias, y deberán tomarse precauciones para mantener separadas las reservas y así prevenir entremezclado de partículas, el cual conduce, frecuentemente a errores en la graduación. La separación se logra ya sea manteniendo las reservas ampliamente espaciadas, mediante el uso de muros de contención entre ellas o almacenando el agregado en depósitos.

Las arenas , el agregado triturado fino, y los agregados que consisten de partículas de un solo tamaño (especialmente partículas pequeñas) pueden ser acopiados con muy poca segregación, utilizando cualquier método. Sin embargo, los materiales que contienen partículas que varían en tamaño de grandes (gruesas) a pequeñas (finas) requieren de ciertas precauciónense en su acopio. La segregación de dichos agregados puede ser minimizada si le material grueso y el material fino son separados en el sitio y después juntados, en proporciones apropiadas, antes de las operaciones de mezclado. Cuando estas practicas no sean llevadas a cabo, se deben seguir, de todas maneras, ciertas normas aplicables al acopio de reservas. La primera norma consiste en controlar la forma de los acopios.

Cuando un agregado que contiene materiales gruesos y finos es apilado para formar un acopio de lados inclinados, las partículas gruesas tienden a rodar, por la pendiente, y acumularse en la base.

El mejor método para acopiar reservas de agregado que contienen partículas de diferente tamaño consiste en apilar el material en capas. Tales capas minimizan la segregación que puede ocurrir por gravedad. Si el agregado es entregado por un camión, las cargas deberán ser vaciadas una cerca de otra, sobre la superficie de acopio. En este caso, el volumen de carga del camión va a determinar el espesor de cada capa. Cuando se use una grúa para acopiar el agregado, cada carga de la cubeta deberá ser vaciada una cerca de otra para garantizar uniformidad en el espesor de las capas.

Los rellenos minerales son usualmente almacenados en depósitos, silos o bolsas para prevenir que sean arrastrados por el viento y que sean expuestos a la humedad, la cual los puede aglutinar o endurecer.

Manejo de Agregado .- El manejo de agregado degrada (rompe), hasta cierto punto, las partículas individuales de agregado, o causa segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños. Por lo tanto, el manejo de agregados debe ser mínimo para poder prevenir cualquier degradación y segregación.

El manejo mínimo incluye apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente, y para luego ser mezclado en la planta de mezcla caliente. No existen reglas específicas para esta operación, pero si hay una norma general que siempre se aplica. Esta consiste en usar un cargador de tractor o cucharón de almeja para remover material de las partes casi verticales del acopio. Si se usa un bulldózer o cualquier otro vehículo de atracción, para trabajar en las partes superiores del acopio aumenta la probabilidad de una alta degradación.

Muestreo de Agregado .- Los buenos procedimientos de control de calidad requieren de pruebas durante los procesos de producción, acopio, y manejo, para:

- Asegurar que solamente se use material satisfactorio en la mezcla de pavimentación.
- Proporcionar un registro permanente como evidencia que los materiales cumplen con las especificaciones de la obra.

Obviamente no resulta práctico ensayar todo el agregado que está siendo producido o ensayar todo el contenido del acopio. Solo es posible ensayar muestra de estos materiales. La muestra seleccionada debe ser verdaderamente representativa de todo el agregado para que los resultados de los ensayos sean confiables. Además, debe recordarse que las muestras más representativas son generalmente tomadas de las bandas transportadoras de agregado, y no de los acopios o depósitos.

2.3.3 Propiedades del Agregado

En un pavimento densamente graduado de mezcla asfáltica en caliente, el agregado conforma el 90 a 95 por ciento, en peso, de la mezcla de pavimentación. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor crítico en el comportamiento del pavimento. Sin embargo, además de la calidad, se aplican otros criterios que forman parte de la selección de un agregado en una obra de pavimentación. Estos criterios incluyen el costo y la disponibilidad del agregado. Aún más, un agregado que cumple con los requisitos de costo y disponibilidad deberá poseer también ciertas propiedades para poder ser considerado apropiado para pavimento asfáltico de buena calidad. Estas propiedades son:

- Graduación y tamaño de partícula
- Limpieza
- Dureza
- Forma de la partícula
- Textura de la superficie
- Capacidad de absorción
- Afinidad con el asfalto
- Peso específico

Graduación y Tamaño Máximo de Partícula .- Todas las especificaciones de pavimento asfáltico de mezcla en caliente requieren que las partículas de agregado estén dentro de un cierto margen de tamaños y que cada tamaño de

partículas este presente en ciertas proporciones. Esta distribución de varios tamaños de partículas dentro del agregado es comúnmente llamada graduación del agregado o graduación de la mezcla. Es necesario entender como se mide el tamaño de partículas y la graduación para determinar que el agregado cumple o no con las especificaciones

Tamaño máximo de Partícula.- El tamaño de las partículas mas grandes en la muestra debe ser determinado, debido a que las especificaciones hablan de un tamaño máximo de partículas para cada agregado usado. Existen dos formas de designar tamaños máximos de partículas:

- Tamaño máximo nominal de partícula, designado como un tamiz más grande que el primer tamiz que retiene mas del 10 % de las partículas de agregado, en una serie normal de tamices.
- Tamaño máximo de partícula, designado como un tamiz más grande que el tamaño máximo nominal de partícula. Típicamente, este es el tamiz mas pequeño por el cual pasa el 100 % de las partículas de agregado.

Limpieza .- Las especificaciones de la obra generalmente ponen un limite a los tipos de materiales indeseables (vegetación, arcilla, partículas blandas, terrones de arcilla) en el agregado. Las cantidades excesivas de estos materiales pueden afectar desfavorablemente el comportamiento del pavimento. La limpieza del agregado puede determinarse, usualmente, mediante inspección visual, pero un tamizado por lavado (donde el peso de la

muestra de agregado antes de ser lavado es comparado con su peso después de ser lavado) proporciona una medida exacta del porcentaje del material indeseable mas fino que 0.075 mm. (No. 200). El ensayo de equivalente de arena es un método para determinar la proporción indeseable del polvo fino y arcilla en la fracción de agregado que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4).

Dureza .- Los agregados deberán ser capaces de resistir la abrasión (desgaste irreversible) y degradación durante la producción, colocación y compactación de la mezcla y durante la vida de servicio del pavimento. Los agregados que están en, o cerca de, la superficie, deben ser mas duros (tener mas resistencia) que los agregados usados en las capas inferiores en la estructura del pavimento. Esto se debe a que las capas superficiales reciben los mayores esfuerzos y el mayor desgaste por parte de las cargas de tránsito.

El ensayo y desgaste de los ángeles miden la resistencia de un agregado al desgaste y a la abrasión.

Forma de la Partículas .- La forma de las partículas afecta la trabajabilidad de la mezcla de pavimentación durante su colocación, así como la cantidad de la fuerza necesaria para compactar la mezcla y la densidad requerida. La forma de las partículas también afecta la resistencia de la estructura del pavimento durante su vida útil.

Las partículas irregulares y angulares generalmente resisten el desplazamiento (movimiento) en el pavimento, debido a que tienden a entrelazarse cuando son compactadas. El mejor entrelazamiento generalmente con partículas a bordes puntiagudas y de forma cúbica, producidas, casi siempre, por trituración.

Muchas de las mezclas asfálticas de pavimentación contienen partículas angulares y redondas. Las partículas gruesas (grandes) de agregado proporcionan la resistencia en el pavimento y provienen generalmente de piedra o grava triturada. Las partículas finas de agregado suministran la trabajabilidad necesaria y provienen generalmente de arenas naturales.

Textura Superficial .- La textura superficial de las partículas de agregado es otro factor que determina no solo la trabajabilidad y resistencia final de la mezcla de pavimentación, si no también las características de resistencia al deslizamiento en la superficie del pavimento. Algunos consideran que la textura superficial es mas importante que la forma de la partícula. Una textura áspera, como la de papel de liga aumenta la resistencia en el pavimento debido que evita que la partículas se muevan unas respecto a otras, y la vez provee un coeficiente alto de fricción superficial que hace que el movimiento del tránsito sea mas seguro.

Adicionalmente las partículas de asfalto se adhieren mejor a las superficies rugosas que a las superficies lisas.

Capacidad de Absorción .- Todos los agregados son porosos y algunos más que otros la cantidad de líquido que un agregado absorbe cuando es sumergido en un baño determina su porosidad.

La capacidad de un agregado de absorber agua (o asfalto) es un elemento importante de información. Si un agregado es altamente absorbente, entonces continuara absorbiendo asfalto después del mezclado inicial en planta, dejando así menos asfalto en su superficie para ligar las de mas partículas de agregado. Debido a esto, un agregado poroso requiere cantidades mucho mayores de asfalto que las que requiere un agregado menos poroso.

Los agregados altamente porosos y absorbentes no son normalmente usados, a menos de que poseen otras características que lo haga deseable, a pesar de su alta capacidad de absorción.

Algunos ejemplos de dichos materiales son la escoria de alto horno y ciertos agregados sintéticos.

Estos materiales son altamente porosos, pero también son livianos en peso y poseen alta resistencia al desgaste.

Afinidad con el Asfalto .- La afinidad de un agregado con el asfalto es la tendencia del agregado a aceptar y retener una capa de asfalto. Las calizas, las dolomitas (clase sedimentarias tipo calcáreas) tienen alta afinidad con el asfalto y son conocidas como hidrofóbicos (repelen el agua) porque resisten los esfuerzos del agua por separar el asfalto de sus superficies.

Los agregados hidrofílicos (atraen el agua) tienen poca afinidad con el asfalto por lo consiguiente, tienden a separarse con las películas de asfalto cuando son expuestas al agua. Los agregados silíceos son ejemplos de agregados susceptibles al desprendimiento y deben ser usados con precaución.

Existen varios ensayos para determinar la afinidad con el asfalto y su tendencia al desprendimiento. En uno de estos ensayos, la mezcla de agregado – asfalto, sin compactar es sumergida en agua, y las partículas cubiertas son observadas visualmente. En otro ensaye comúnmente conocido como ensayo de inmersión – compresión dos muestras de mezclas son preparadas y una es sumergida en agua. Posteriormente, ambas son ensayadas para determinar su resistencia. La diferencia en resistencia es considerada un indicativo de la susceptibilidad del agregado al desprendimiento.