

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE
PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA PLANTA DE PROPIEDAD
DEL INGENIERO RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO
DE FUNES, VEREDA DE SAN JOSE

HEBER EDUARDO YEPEZ VILLOTA
OSCAR ARMANDO YEPEZ VILLOTA

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS
SAN JUAN DE PASTO
2011

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE
PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES DE LA PLANTA DE PROPIEDAD
DEL INGENIERO RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO
DE FUNES, VEREDA DE SAN JOSE

HEBER EDUARDO YEPEZ VILLOTA
OSCAR ARMANDO YEPEZ VILLOTA

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar
el título de Especialista en Ingeniería de Carreteras

ASESOR
Ing. JORGE LUIS ARGOTY BURBANO

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESPECIALIZACION EN INGENIERIA DE CARRETERAS
SAN JUAN DE PASTO
2011

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en este trabajo son responsabilidad del autor”.

Artículo 1 del Acuerdo 324 de octubre de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

San Juan de Pasto, 31 de agosto de 2011.

DEDICATORIA

A **Nuestro Padre Celestial**, por su Amor Eterno...

A **Nuestro Señor Jesucristo**, por su Amor Divino...

A la **Santísima Virgen María de la Candelaria** por su intersección celestial...

A **mis padres** por su esfuerzo y entrega de su vida por mi realización personal y profesional...

A **mis hermanos y sobrinos** por su apoyo incondicional...

A **mi esposa** por su amor...

HEBER EDUARDO YEPEZ VILLOTA

DEDICATORIA

A **Nuestro Padre Celestial**, por su Amor Eterno...

A **Nuestro Señor Jesucristo**, por su Amor Divino...

A la **Santísima Virgen María de la Candelaria** por su intersección celestial...

A **mis padres** por su esfuerzo y entrega de su vida por mi realización personal y profesional...

A **mis hermanos y sobrinos** por su apoyo incondicional...

A **mi novia** por su amor...

OSCAR ARMANDO YEPEZ VILLOTA

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirnos gozar de salud y amor, por ser la fuente suprema de sabiduría e inspiradora del ser humano.

Mencionamos de manera especial a todas las personas de la Facultad de Ingeniería, por su crítica constructiva, paciencia, dedicación y orientación en la dirección del trabajo y lo largo de este proceso.

A nuestros familiares y amigos que siempre han estado allí para tender la mano cuando más se necesita

A todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron su tiempo, conocimiento e información, para alcanzar el logro que este trabajo representa.

RESUMEN

El tema central del presente trabajo de grado está orientado en realizar un análisis para alcanzar una alta calidad en la pavimentación de vías en concreto asfáltico, que garanticen seguridad y confort en las vías.

El control de calidad del concreto asfáltico en el lugar de su producción, con las características particulares dadas por un diseño previo o en la vía ya instalado, con todas las especificaciones técnicas que se requirieron para este fin, es de vital importancia para poder controlar su calidad, que permita anticipar y garantizar un concreto asfáltico de acuerdo a las especificaciones requeridas basadas en un diseño previo. Por lo anterior, el estudio pretende determinar la cantidad de ligante asfáltico que posee una mezcla en caliente, referido a su masa de árido porcentaje que será comparado con el diseño Marshall que la planta tiene para una determinada vía.

ABSTRACT

The central topic of the present grade work is guided in carrying out an analysis to reach a high quality in short in the pavimentación of roads asphaltic that guarantee security and comfort in the roads.

The control of quality of the asphaltic concrete in the place of their production, with the particular characteristics given by a previous design or in the road already installed, with all the technical specifications that were required for this end, it is of vital importance to be able to control their quality that allows to advance and to guarantee an asphaltic concrete according to the required specifications based on a previous design. For the above-mentioned, the study seeks to determine the quantity of asphaltic ligante that possesses a mixture in hot, referred to its mass of arid percentage that will be compared with the design Marshall that the plant has for a certain one via.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	20
1. MARCO TEORICO	22
1.1 Antecedentes	22
1.2 Conceptos teóricos	23
2. GENERALIDADES	26
2.1 Mezclas asfálticas	26
2.1.1 Componente	26
2.1.2 Clasificación de las mezclas asfálticas	41
2.1.3 Funcionalidad	42
2.1.4 Dosificación de mezclas asfálticas	43
2.2 Plantas para mezcla asfáltica <i>en caliente</i>	58
2.2.1 Clasificación	58
3. PLANTA DE PRODUCCION DE PROPIEDAD DEL ING. RAUL POVEDA	74
3.1 Ubicación	74
3.2 Operación y distribución	76
3.2.1 Zona de recepción de materiales pétreos	76
3.2.2 Tolvas frías	77
3.2.3 Compuerta de alimentación en frío	77
3.2.4 Elevador de material en frío	77
3.2.5 Mezclador de tambor	79
3.2.6 Colector de polvo	79
3.2.7 Depósito de cemento asfáltico caliente	80
3.2.8 Sistema de dosificador de cemento asfaltico	81
3.2.9 Mezclador de agregados y cemento asfaltico	82
3.2.10 Cabina de control	82
3.2.11 Otros equipos	83
4. CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE	85

4.1	Calidad de los materiales	86
4.1.1	Cemento asfáltico	86
4.1.2	Agregados pétreos	87
4.1.3	Llenante mineral	87
4.2	Composición de la mezcla	87
4.2.1	Contenido de asfalto	87
4.2.2	Granulometría de los agregados	88
4.3	Calidad de la mezcla	89
4.3.1	Vacios con aire de probetas compactadas	89
4.3.2	Estabilidad	89
4.3.3	Flujo	90
4.3.4	Relación estabilidad / flujo	90
4.3.5	Susceptibilidad a la humedad	91
4.3.6	Contenido de agua	91
4.3.7	Modulo resiliente	91
4.4	Calidad del producto terminado	92
4.4.1	Compactación	93
4.4.2	Espesor	93
4.4.3	Segregación térmica	93
4.4.4	Otras verificaciones	93
5.	ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA PRODUCIDA POR LA PLANTA DE ASFALTO PROPIETARIO INGENIERO RAUL POVEDA	94
5.1	Metodología para la obtención de muestras y ensayo de extracción	94
5.1.1	Toma de muestras de mezclas asfálticas para pavimentos según la norma INV E – 731 – 07 en la planta de producción	94
5.1.2	Metodología empleada	96
5.1.3	Ensayo de extracción de asfalto	98
5.2	Dificultades	98

6.	ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE ASFALTO	100
6.1	Resumen del método para la extracción de asfalto extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos aplicando el Método A según la norma INV E – 732 – 07	100
6.1.1	Objeto	100
6.1.2	Uso y significado	100
6.1.3	Equipo	100
6.1.4	Reactivos	104
6.1.5	Preparación de la muestra.	104
6.1.6	Procedimiento	105
6.1.7	Método de centrifugación	106
6.1.8	Cálculo del contenido de asfalto	107
6.1.9	Resultados	108
7.	GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS	109
7.1	Análisis granulométrico de los agregados extraídos de mezclas asfálticas según la norma INV E – 782 – 07	109
7.1.1	Objeto	109
7.1.2	Uso y significado	109
7.1.3	Equipo	109
7.1.4	Muestra	110
7.1.5	Procedimiento	110
7.2	Metodología empleada	112
7.3	Resultados	112
8.	CONTROL DE CALIDAD	117
8.1	Cemento asfáltico	117
8.2	Agregados pétreos	119
8.3	Llenante mineral	120
9.	AUTOCONTROL-LABORATORIO	131
10.	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	135

BIBLIOGRAFIA	136
REFERENCIA NETGRAFIA	137
ANEXOS	139

LISTA DE FOTOS

	Pág.
Foto No.1 Planta de trituración AGRESUR.....	27
Foto No.2. Equipo Marshall.....	46
Foto No.3. Planta de asfalto de propiedad del Ing. Raúl Poveda.....	61
Foto No.4. Cabina de control planta de asfalto de Ing. Raúl Poveda.....	62
Foto No. 5. Elementos planta de asfalto de Ing. Raúl Poveda.....	63
Foto No.6. Planta trituradora almacenaje – AGRESUR.....	64
Foto No.7. Planta trituradora almacenaje Proyecto pavimentación Tuquerres – Junín.....	65
Foto No.8. Cubiertas acopio planta de estudio.....	66
Foto No. 9. Tolvas planta de estudio.....	67
Foto No.10. Tanques almacenaje de asfalto.....	68
Foto No.11. Tanques almacenaje de asfalto.....	68
Foto No.12. Panel de control.....	69
Foto No. 13. Tambor secador.....	71
Foto No.14. Colector de polvo planta en estudio.....	72
Foto No.15. Medida de seguridad planta en estudio.....	73
Foto No.16. Estructura de disposición de triturado.....	76
Foto No.17. Tolvas frías.....	77

Foto No. 18. Elevador de material.....	78
Foto No.19. Tamiz retenedor de sobrenachos.....	78
Foto No.20. Secador tambor mezclador.....	79
Foto No 21. Bomba dosificadora.....	81
Foto No. 22. Cabina de control.....	82
Foto No 23. Horno.....	101
Foto No. 24. Balanza electrónica.....	101
Foto No.25. Placa de calentamiento.....	102
Foto No.26. Cápsulas.....	102
Foto No.27. Centrifugadora.....	103
Foto No.28. Filtros.....	103
Foto No 29. Planta de trituración AGRESUR.....	123
Foto No.30. Tolvas e frio de agregado planta de estudio.....	125
Foto No.31. Tolvas e frio de agregado planta de estudio por agregados.....	127
Foto No.32. Centrifuga manual para extracción de asfalto laboratorios planta en estudio.....	131
Foto No.33. Centrifuga mecánica para extracción de asfalto laboratorios planta en estudio.....	132
Foto No.34. Tamices.....	132

LISTA DE FOTOS SATELITALES

	Pág.
Foto satelital No.1. Localización general.....	74
Foto satelital No.2. Localización general planta trituradora AGRESUR.....	75
Foto satelital No.3. Localización general rio Téllez.....	75
Foto satelital No. 4. Localización general planta en estudio.....	76

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica No.1. Peso unitario de la mezcla.....	52
Grafica No.2. Estabilidad de la mezcla.....	53
Grafica No.3. Flujo de la mezcla	54
Grafica No. 4. Vacios en agregados minerales	54
Grafica No. 5. Vacios con aire en mezcla total	55
Grafica No. 6. Vacios llenos con asfalto	55
Grafica No. 7. Diseño Marshall para mezcla asfáltica densa en caliente D-2...58	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Desprendimiento vs. Vacíos.....	25
Figura 2. Teoría de los pavimentos	29
Figura 2.1 Teoría de los pavimentos gradaciones.....	30
Figura 3. Esquema de producción de asfalto.....	35
Figura 4. Esquema de plana continua de asfalto.....	59
Figura 5. Esquema de plana discontinua de asfalto.....	59
Figura 6. Esquema de de distribución plana continúa de asfalto.....	60
Figura 7. Acopios de material.....	123
Figura 8. Acopios de material.....	124
Figura 9. Acopios de material.....	125

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla No. 1. Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas, semidensas y gruesas en caliente y mezclas de alto módulo.....	83
Tabla No.2. Tamaño de la muestra.....	95
Tabla No.3. Muestra.....	97
Tabla No.4. Clima.....	98
Tabla No.5. Contenido de bitumen de la mezcla asfáltica.....	108
Tabla No.5. Granulometría promedio e todos los 16 ensayos.....	114
Tabla No.7. Asfáltica.....	116
Tabla No.8. Agregados pétreos.....	119

INTRODUCCION

Hoy en día en nuestra región se están ejecutando obras como la concesión Rumichaca- Pasto-Chachagui, la repavimentación del tramo Tumaco Pasto, Mocoa por la firma Solarte Hermanos, entre las más importantes y las de mayor monto por los kilómetros intervenidos ya sean en mejoramiento o en construcción. Vías que serán mejoradas o construidas con pavimento en concreto asfáltico en su mayor parte; alternativa que se ha venido consolidando en nuestro país en vías con gran volumen de tráfico, por su economía comparado con el concreto hidráulico, por su rapidez en su construcción, su economía y en su puesta en servicio más pronta.

Alcanzar una alta calidad en la pavimentación de vías en concreto asfáltico es un reto para los ingenieros civiles, para poder satisfacer a los usuarios de las vías que tengan un confort, seguridad, reto que asume la empresa ejecutora, con el fin cumplir con una obra encomendada.

En consecuencia, el control de calidad del concreto asfáltico en el lugar de su producción con las características particulares dadas por un diseño previo o en la vía ya instalado, con todas las especificaciones técnicas que se requirieron para este fin, es de vital importancia controlar su calidad, porque el constructor como la interventoría encargada deben garantizar los estándares de calidad de la mezcla asfáltica en cumplimiento de un diseño, con el fin de anticipar y garantizar un concreto asfáltico de acuerdo a las especificaciones requeridas basadas en un diseño previo.

Por lo anterior, el estudio pretende determinar la cantidad de ligante asfáltico que posee una mezcla en caliente, referido a su masa de árido porcentaje que será comparado con el diseño Marshall que la planta tiene para una determinada vía.

Dado lo anterior, el tema del presente trabajo de grado se fundamenta en el análisis de la extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos flexibles de la planta de propiedad del Ingeniero Raúl Poveda, ubicada en el Municipio de Funes, Vereda de San José.

La investigación permite determinar la cantidad de ligante asfáltico que posee una mezcla en caliente, referido a su masa de árido. El método estadístico utilizado para la toma de muestras en planta será aleatorio y se establecerá un número de muestras a través de un muestreo piloto, que nos definirá el tamaño final de las muestras.

El diseño de una mezcla asfáltica en caliente bajo el método Marshall, permite obtener los parámetros óptimos requeridos para su producción. Estos parámetros, deberán ser aplicados en la planta durante la producción masiva de la mezcla en forma precisa, garantizando de esta manera que su comportamiento una vez instalada, será el esperado según el diseño.

El contenido de asfalto en la mezcla, es uno de los parámetros más importantes dentro del diseño e influye en el comportamiento funcional y estructural del pavimento, razón por la cual debe verificarse y controlarse permanentemente y en forma adecuada durante el proceso de producción para garantizar un producto final de calidad, el cual debe responder estrictamente a las especificaciones preestablecidas.

Con este método A reglamentado por el Instituto Nacional de Vías INVIAS, mencionado en el tomo III MATERFUNES Y MESCLAS ASFALTICAS de las Normas y ensayos (Especificaciones y normas inv-07), se realizara un control a la fabricación de mezclas en caliente a la planta de propiedad del Ingeniero Raúl Poveda ubicada en el Municipio de Funes, Vereda de San José.

Obtenido un porcentaje de asfalto se podrá dar una determinación cuantitativa del asfalto en la muestra tomada en planta.

De acuerdo a lo planteado, el objetivo general del presente trabajo se orienta en identificar cuantitativamente la cantidad de asfalto referido a la masa de áridos que se está produciendo en la planta de asfalto para mezclas en caliente, de propiedad del Ingeniero Raúl Poveda, ubicada en el Municipio de Funes, Vereda San José.

Para desarrollar el objetivo general, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las posibles limitaciones en la producción de mezcla asfáltica en la planta de asfalto para mezclas en caliente.
- Determinar la carencia o excesos de material ligante (asfalto).
- Establecer claramente cada uno de los paso de la realización del ensayo I.N.V.E-732-07.

En términos generales, el presente trabajo se fundamenta en la importancia para la comunidad de Nariño, en poder determinar que la mezcla asfáltica ofrecida a cada comprador con las características físicas requeridas por cada uno, sean corroboradas en obra, esto conlleva a que con este trabajo realizado en la planta de propiedad del Ingeniero Raúl Poveda, ubicada en el Municipio de Funes, Vereda San José, de garantía que uno de los parámetro de control de las mezclas

en caliente sea corroborado con esta investigación; es así, como se podrá dar a esta planta un estudio profundo al estado de la mezcla que se está ofreciendo a la comunidad de Nariño.

1. MARCO TEORICO

1.1 ANTECEDENTES

La necesidad de transportarse de un lugar a otro a través de caminos que les permitan comunicarse para establecer relaciones comerciales, sociales, políticas, religiosas incluso militares, ha sido una de las principales preocupaciones de las comunidades que habitan en un entorno.

Por esta razón, se han adelantado grandes proyectos de construcción de vías terrestres en todo el mundo, incluido nuestro país.

Nuestra región, por su posición geográfica ha sido punto estratégico para el desarrollo del país. Sin embargo, la infraestructura vial presenta un gran atraso con respecto al desarrollo vial de otras regiones del país y de otros países. Este atraso vial, necesariamente se ha visto reflejado en la escasa o ninguna industria en nuestra región, la mínima inversión en proyectos productivos los cuales requieren contar con una red vial adecuada.

La apertura global y los tratados de libre comercio entre los países del mundo, requieren que nuestro país para competir comercialmente cuente con vías de comunicación que permitan el transporte de carga y pasajeros.

El gobierno nacional en el último cuatrienio, inicio la ejecución del programa denominado dos mil quinientos que busca pavimentar vías terrestres especialmente regionales.

En nuestra región se adelantan proyectos importantes de pavimentación y de mantenimiento vial, que requieren de inversiones económicas cuantiosas, recursos difíciles de conseguir y los cuales deben ser invertidos adecuada y eficientemente para lograr el objetivo final propuesto el cual es permitir el transporte de pasajeros y carga en forma segura, cómoda y económica.

Es por las razones expuestas anteriormente, las obras se proyecten y construyan deben cumplir estrictamente con las normas de calidad establecidas.

Desde el punto de vista técnico, es indudable que además de un buen diseño y una buena ejecución, es necesario un buen control de calidad durante la etapa de construcción. De los muchos parámetros para el control de calidad en la construcción de un pavimento flexible, uno de los principales es el contenido de asfalto en la mezcla asfáltica.

La norma I.N.V.E-732-07, permite bajo procesos estandarizados realizar ensayos a probetas para determinar el contenido de asfalto de las mezclas producidas en planta.

Es necesario entonces, adelantar los proyectos de pavimentación con diseños técnicos, materiales de alta calidad, procedimientos de fabricación adecuados y control de calidad en las plantas de producción de nuestra región, logrando con ello proyectos de gran calidad que respondan a las expectativas de transporte de las regiones y permitan su desarrollo desde todo punto de vista, mejorando sustancialmente la calidad de vida de las personas que en ellas habitan, lo cual finalmente debe ser el objetivo principal de todo proyecto de infraestructura que se adelante.

1.2 CONCEPTOS TEÓRICOS

Los pavimentos son estructuras construidas por capas de diversos materiales seleccionados, superpuestas, colocadas y compactadas sobre la superficie del terreno.

La estructura de un pavimento está concebida especialmente para la circulación del tráfico automotor, por lo que es una solución económica y eficaz.

El pavimento flexible está constituido básicamente por una capa de rodadura en concreto asfáltico, una capa base y una capa de subbase que ayudan a soportar las cargas.

El pavimento flexible o asfáltico cumple con dos funciones específicas:

- ✓ El pavimento flexible proporciona una superficie segura y de comodidad para el usuario.
- ✓ Las capas de la estructura soportan la mayor parte de las cargas de los vehículos y el resto lo trasladan al terreno o subrasante.

Es por lo anterior que sus ventajas son:

- ✓ Proporciona la suficiente resistencia a las cargas impuestas por el tráfico vehicular.
- ✓ El costo de construcción es menor que en el pavimento rígido y con las nuevas tecnologías, los pavimentos flexibles requieren un mantenimiento mínimo.

- ✓ Por su color oscuro, evita reflejos y deslumbramientos causantes de accidentes.
- ✓ Es reciclable en un su totalidad, lo que trae importantes ventajas ambientales, ecológicas y económicas.
- ✓ El tiempo de restauración de una vía en concreto hidráulico puede tardar días, en mezcla asfáltica apenas unas pocas horas.
- ✓ La contaminación auditiva por el paso de los vehículos, es nueve decibeles menor si el vehículo rueda sobre una superficie de concreto asfáltico que de hidráulico. En volumen, esto equivale a 4 veces menos ruido.
- ✓ Ofrece gran suavidad en el rodamiento, lo que permite ahorrar hasta un 4.5% en el consumo de combustible.
- ✓ Las empresas productoras de pavimento asfáltico son ciento por ciento colombianas, tributan en Colombia y generan empleo a los colombianos.

Esta breve introducción hace ver que hoy por hoy es la estructura para el tránsito de vehículos, personas más utilizadas y económicas utilizadas en Colombia.

Esta es la razón por la cual el estudio de este, en uno de sus parámetros de control en la mezcla en caliente es importante para la comunidad de Nariño.

De la estructura del pavimento se toma como estudio la carpeta asfáltica que cumple las funciones antes dichas. los componentes de esta deben cumplir condiciones específicas como son, un asfalto óptimo, una granulometría adecuada de los agregados áridos suficientes, el contenido de aire es decir un límite superior que prevengan los daños de los agentes ambientales y un límite inferior para dar espacio suficiente a la densificación y una trabajabilidad suficiente.

De los componentes de la estructura del pavimento se toma el asfalto como elemento de estudio este es un material que se puede encontrar en la naturaleza en yacimientos naturales o puede ser obtenido como subproducto de la destilación de determinados crudos de petróleo. el asfalto es un material de color oscuro, que presenta propiedades ligante y aglutinantes, conformando por una serie muy compleja de elementos y compuestos en los que sobresalen los hidrocarburos; soluble en gran parte en disulfuro de carbono, presenta consistencia semisólida a temperatura ambientales ordinarias pero tiende rápidamente a la liquidez al incrementarse la temperatura. Esta última propiedad ha permitido adecuarlo a muchos usos en la construcción de distintas obras civiles.

Posee unas características muy específicas que lo hacen ideal para los trabajos de pavimentación, principalmente la cohesión y la adhesión con materiales granulares.

Tiene una consistencia sólida, al calentarlo se ablanda y se vuelve líquido, lo que le permite recubrir los agregados durante el proceso de fabricación de la mezcla asfáltica en caliente.

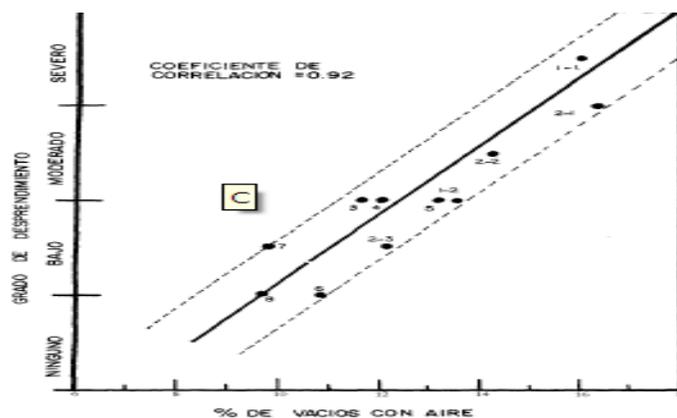
El asfalto cambia su comportamiento dependiendo de la temperatura y el tiempo de aplicación de la carga. Es más duro a bajas temperaturas y más blando a altas, por esto, se debe seleccionar el tipo de asfalto más conveniente dependiendo del clima del sitio de colocación. Está compuesto por asfaltenos, resinas, aromáticos y saturados. Estos proporcionan la dureza del asfalto, las resinas son los que aglutinan, brindando la capacidad de liga. Los aromáticos y saturados son aceites, que le dan la consistencia para que sean trabajables. Una estructura coloidal (Teoría de Pfeiffer).

Es así como el asfalto en su comportamiento en servicio puede tener diferentes deficiencias como son las de desprendimiento de partículas, ahuellamiento, etc., causantes de privación de asfalto o exceso de este.

Con el desprendimiento de partículas, relacionado con la deficiencia de asfalto, el contenido de aire es decir un límite superior que prevengan los daños de los agentes ambientales, es un factor crucial en la caracterización geológica Vs el control en servicio.

Es así, que entre más porcentaje de vacíos tenga la mezcla asfáltica el grado de desprendimiento es más severo. (Figura 1.)

**Figura 1.
desprendimiento
vs. vacios**



2. GENERALIDADES

2.1 MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.1.1 Componentes

Agregados o áridos. Es la denominación dada al conjunto de partículas de composición mineral, naturales o artificiales, generalmente inertes, de forma estable y con características determinadas que las hacen apropiadas para ser usadas en construcciones de obras civiles, como la fabricación de concretos hidráulicos, la construcción de subbases, bases y capas de rodadura en pavimentos, los lechos filtrantes, los espaldones de presas etc.

Agregados naturales. Son los que se encuentran directamente en la corteza terrestre con el tamaño de acuerdo, aquellos que se obtienen al procesar por medios mecánicos rocas existentes para arles el tamaño deseado, estos últimos reciben el nombre de agregados triturados. La idoneidad de los agregados para su empleo en mezclas asfálticas se determina por sus características de: granulometría, resistencia al desgaste, estabilidad, limpieza, fricción, propiedades de la superficie (rugosidad), forma de las partículas (trabajabilidad y compactibilidad), absorción y afinidad con el asfalto

El origen de los agregados naturales se originan de las rocas, que se clasifican en:

a) Rocas ígneas.

Forman la mayor parte de la corteza terrestre, encontrándose diferentes clases dependiendo de la profundidad a la cual solidificaron dentro de la tierra y de la velocidad de enfriamiento. Según lo las rocas ígneas se pueden clasificar en:

Extrusivas (riolita, andesita, basalto).

Intrusivas (granito, diorita, gabro).

b) Rocas sedimentarias.

El mecanismo de formación de estas rocas comienza a partir de la alteración física o química de rocas preexistente, inclusive de las mismas sedimentarias; después, viene el transporte por acción del agua el viento o el hielo, de los materiales reduciéndolos a fragmentos puliéndolos; posteriormente sedimentan y consolidan, conteniendo uno de los siguientes cementantes: arcilla, compuestos de hierro, de calcio o de sílice. Estos cementantes difieren en calidad de menor a mayor en el orden enumerado. Ejemplo: conglomerados y areniscas.

c) Rocas metamórficas.

Estas rocas se forman al recrystalizar minerales de rocas existentes, debido, a elevaciones de temperatura o a grandes presiones desarrolladas en la corteza terrestre; presentando así una textura foliada, cuya intensidad no es igual en todas rocas. La foliación acentuada influye en la forma de las partículas predominando la larga o plana lo cual no es conveniente en un agregado por afectar la resistencia.

Agregados artificiales o manufacturados. Son los que se obtienen de procesos industriales, son productos de composición mineral (definida), la forma se les da en estado liquido, pastoso o pulverulento y luego endurecen por procesos físicos o fisicoquímicos, por ejemplo: las escorias, las arcillas expansivas, los productos cerámicos, etc., estos agregados son por lo general más ligeros o pesados que los ordinarios.

Fuentes de agregados:

Foto No.1. Planta de trituración AGRESUR



- ✓ Agregados procedentes de canteras, minas y yacimientos.
- ✓ Agregados procesados.
- ✓ Agregados sintéticos o artificiales

Caracterización de agregado. Un agregado que cumple con los requisitos de costo y disponibilidad deberá poseer también ciertas propiedades para poder ser considerado como bueno para la construcción de una obra civil específica, estas se determinan de la siguiente manera.

Caracterización física.

a) Graduación y tamaño Máximo de partículas

- Análisis granulométrico. Tamaño máximo y nominal de las partículas

Objeto: determinar, cuantitativamente, los tamaños de las partículas de agregados gruesos y finos de un material, por medio de tamices de abertura variables. Mediante este ensayo se determina la distribución de los tamaños de las partículas de una muestra seca del agregado, por separación a través de tamices dispuestos sucesivamente de mayor a menor abertura.

Norma: I.N.V.E -213 ; ASTM C-136 ;
AASHTO T-27; N L T -150

- Uso determinar la granulometría de los materiales propuestos para ser utilizados como agregados.
- Determinar el cumplimiento de los requerimientos de las especificaciones que son aplicables.
- Para suministrar los datos necesarios para la producción de agregados con cierta granulometría.
- Los datos pueden también emplearse para desarrollar las relaciones referentes a la porosidad y el acomodamiento.

La experiencia obtenida hasta el presente en el campo de la ingeniería, en lo correspondiente a la gradación de los agregados y su comportamiento en obra, ha llevado a reconocer el uso de determinada gradación, según la estructura a construir. Estas gradaciones recomendadas generalmente no corresponden a una curva si no a una franja. (Ver figura No.2).

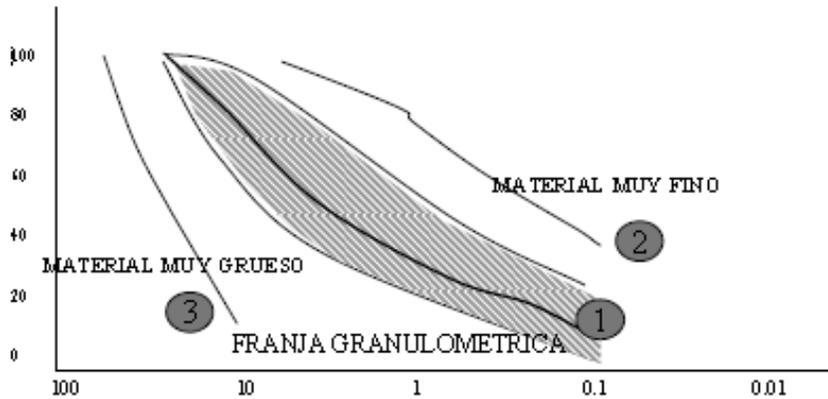


Figura No. 2. Teoría de los pavimentos. Ing. Mg. Arenas Lozano, Hugo León.

- Sistema unificado de clasificación.

Grueso o Fino

S. grueso si Ret. tamiz 200 > 50% si no S. fino

Grava (G) O Arena (S)

Grava si Ret. Tamiz N°4 >50% si no Arena

Bien O Mal Gradadas

Grava bien gradada (GW)

% pasa tamiz N° 200 = 5%

Cu > 4 Y Cc entre 1 – 3

Si no Grava mal gradada (GP)

Arena bien gradada (SW)

% pasa tamiz N° 200 = 5%

Cu > 6 Y Cc entre 1 – 3

Si no Arena mal gradada (GP)

- Gradaciones

Uniformemente gradada

- Pocos puntos de contacto

- Baja trabazón (depende de la forma)

Alta permeabilidad

Bien gradado

- Buena trabazón

- Menor permeabilidad

Discontinuas

- Tamaños limitados
- Buena trabazón
- Baja permeabilidad

Gradaciones

~~* Uniformemente gradada~~

- Pocos puntos de contacto
- Baja trabazón (depende de la forma)
- Alta permeabilidad

* Bien gradada

- Buena trabazón
- Menor permeabilidad

* Discontinuas

- Tamaños limitados
- Buena trabazón
- Baja permeabilidad

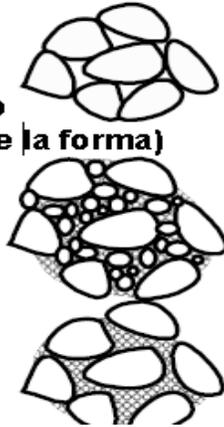


Figura No. 2.1 Teoría de los pavimentos gradaciones.

Ing. Mg. Arenas Lozano, Hugo León

- Propiedades intrínsecas del agregado.

Densidades definiciones.

Volúmenes aparentes y nominales. En un sólido permeable, si se incluye en su volumen la parte de vacíos accesibles al agua en las condiciones que se establezcan, se define el volumen denominado "aparente"; si se excluye este volumen de vacíos, al volumen resultante se le denomina "nominal".

Peso específico aparente y nominal - En estos materiales, se define el peso específico aparente como la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen aparente y peso específico nominal a la relación entre el peso al aire del sólido y el peso de agua correspondiente a su volumen nominal.

Absorción

% ABSORCION =

W_s

$W_{sss} - W_s$

W_{ss}: Peso de muestra saturada superficialmente seca
W_s: Peso de muestra seca

Grado de acomodamiento de las partículas

Masa unitaria de los agregados se somete a la acción de desgaste ante un cierto número de esferas de acero

Limpieza.

Equivalente de arena objeto.

Este ensayo tiene por objeto determinar la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo, o material arcilloso, en los suelos o agregados finos. Es un procedimiento que se puede utilizar para lograr una correlación rápida en campo.
NORMA: I.N.V. E – 133 .ASHTO T176, ASTM D2419 USO Y SIGNIFICADO

Este ensayo produce como resultado un valor empírico de la cantidad relativa de finos y material arcilloso presente en la muestra de suelo o agregado fino.

Puede especificarse un valor mínimo del equivalente de arena, para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos en un agregado.

Este método de ensayo permite determinar rápidamente, en el campo, variaciones de calidad de los materiales que se estén produciendo o utilizando.

Contenido de materia orgánica.

El método de "pérdida por ignición" para la determinación del contenido orgánico es más aplicable a aquellos materiales identificados como turbas, lodos orgánicos y suelos que contengan materia vegetal relativamente no descompuesta ni deteriorada o materiales de plantas frescas como madera, raíces, pasto o materiales carbonáceos como lignito, carbón, etc. Este método sirve para determinar la oxidación cuantitativa de materia orgánica en tales materiales y proporciona una estimación válida del contenido orgánico.

NORMA: I.N.V. E – 121 AASHTO T 267

- **Resistencia a la acción mecánica y climática.**
Desgaste en la máquina de los ángeles.

En general el ensayo consiste en que los Agregados con una granulometría estándar se somete a la acción de desgaste ante un cierto número de esferas de acero dentro de un tambor que gira a ciertas revoluciones.* El resultado se expresa % de cambio en peso

- **Determinación de la resistencia a sulfato de sodio o sulfato de magnesio.**

Determinar la resistencia a la desintegración de los agregados, por la acción disoluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio.

Obtener una información útil para juzgar la calidad de los agregados que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos

Hacer una estimación preliminar de la inalterabilidad de los agregados que se usarán para concreto u otros propósitos.

NORMA: INVE 220

CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS:

ASTMC 88, AASHTO T 104, NLT 158

- **Forma de las partículas**

Índice de alargamiento y aplanamiento objeto

Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse, para la determinación de los índices de aplanamiento y de alargamiento, de los agregados que se van a emplear en la construcción de carreteras.

NORMA: INV-E 230, BS 812, NLT 354, ASTM D4791

Caracterización química. Las propiedades químicas de los agregados identifican la composición químico y/o indica la transformación que un agregado puede sufrir debido a la acción química. Normalmente se da la composición química de los agregados basadas en análisis químicos en términos de óxidos, sin tener en cuenta si los tales óxidos están realmente presentes en la muestra.

Estos datos no son tan informativos como la composición mineral y las características físicas, a veces pueden producir confusiones Algunos agregados contienen sustancias que son solubles en agua (yeso); está sujeto a la oxidación, hidratación, y carbonatación, y pueden reaccionar con algunos compuestos, aunque la reactividad de estos agregados con cemento asfáltico no se ha

establecido definitivamente. Las propiedades químicas de los agregados tienen efecto pequeño en los resultados finales, excepto cuando ellos afectan la adherencia del asfalto al con agregado y compatibilidad con aditivos que pueden incorporarse en la carpeta del asfalto.

Caracterización mineralógica. La mayoría de agregados naturales están compuestos de una combinación de minerales. Entre los minerales más importantes encontrados los de sílice (cuarzo); feldespatos (ortoclasas, plagioclasas); minerales ferromagnesianos (muscovita, vermiculita); minerales del carbonato (calcita, dolomita); y minerales de la arcilla (illitas, kaolinitas, el montmorillonitas). De esta manera, podemos describir los minerales y las piedras asociadas a ellos y por defecto a los agregados.

Asfalto.

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.

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.

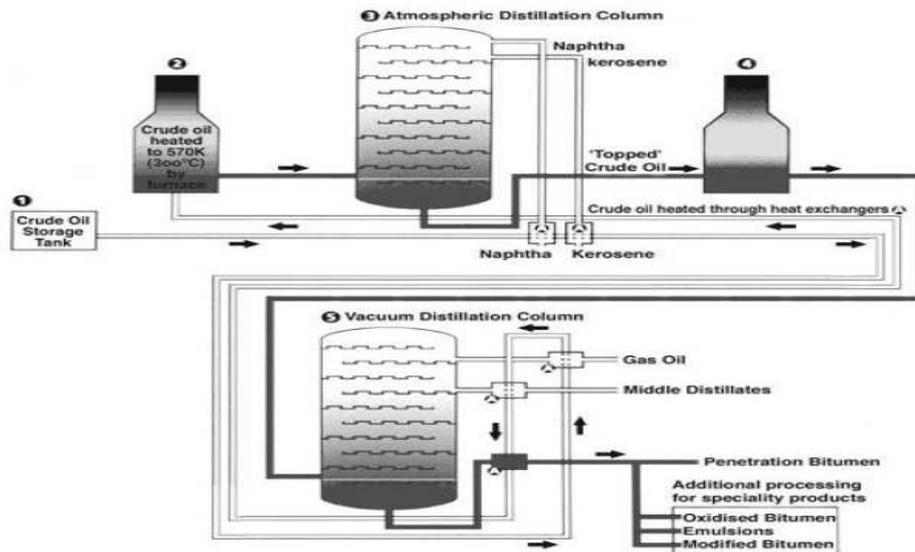
Los productos asfálticos líquidos se preparan, generalmente, diluyendo o mezclando los betunes asfálticos con destilados del petróleo o emulsificándolos con agua.

Actualmente más del 90% de los asfaltos utilizados como ligantes en las mezclas asfálticas son producidos por la destilación fraccionada del crudo.

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.¹

¹ Arenas Lozano, Hugo Leon. Teoría de los pavimentos. Esquema de producción de asfaltos.

Figura No. 3. Esquema de producción de asfalto.
 Libro Teoría de los pavimentos Ing. Mg. Arenas Lozano, Hugo León.



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.

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 llevó 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

a) 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.

b) 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

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.

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. Como ya se dijo, cerca del 90 al 95% del peso del asfalto está compuesta 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 carbón 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 carbón 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 foto degradación 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.

La estructura molecular del asfalto es extremadamente compleja y varía en tamaño y tipo de enlace químico.

Pruebas.

a) 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. Algunas veces se requiere una penetración adecuada al clima.

b) 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 a través del orificio Furol 60 ml del material. Los valores obtenidos se expresan como segundos Saybolt–Furol (SSF)

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.

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, centiStokes.

c) Punto de ablandamiento: los asfaltos son materiales termoplásticos, 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

d) Ductilidad: la presencia o ausencia de ductilidad tiene, usualmente, mayor importancia que el grado de ductilidad existente. 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 Figura No.10) La longitud (en cm) a la que el hilo del material se rompe define la ductilidad.

e) 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. La copa de bronce 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.

f) 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.

Algunos tipos de asfaltos.

a) Asfaltos oxidados o soplados: estos son asfaltos sometidos a un proceso de deshidrogenación y luego a un proceso de proliferación. 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 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.

- 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.

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.

- 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.

- Asfaltos emulsificadores:

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, tenso activo 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 emulsificador 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 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, 11 afines a áridos de cargas negativas; como son las de origen cuarzoso o silíceo.

2.1.2 Clasificación de las mezclas asfálticas: la definición anterior cubre una amplia gama de material , originando a su vez una clasificación de las mezclas asfálticas en dos grande grupos:

- Mezclas asfálticas en caliente.
- Mezclas asfálticas en frío.

Mezclas asfálticas en caliente: se considera el tipo de mezclas de uso más corriente en tecnología de los pavimentos flexibles se define como la combinación y puesta en obra en caliente de los agregados pétreos ligante bituminoso. Las

propiedades mecánicas de la mezcla se obtienen una vez haya alcanzado la temperatura ambiente.

Mezclas asfálticas en frío: son aquellas mezclas que se caracterizan en la combinación de los materiales pueden realizarse en caliente o en frío, pero el extendido y posterior proceso de compactación se llevan a cabo en la temperatura ambiente. Las propiedades mecánicas de este tipo de mezclas se obtienen gradualmente y a medida que se vaya evaporando el fluido que se utilizó para disminuir la consistencia del ligante bituminoso (agua solvente). Se clasifican en: mezclas en planta y mezclas en la vía, según se elaboren en una planta o en el sitio.

Otras clasificaciones: otras clasificaciones hacen referencia a una de las características más importantes del conjunto: el porcentaje de vacíos. Según los vacíos con aire que queda en la mezcla una vez compactada siguiendo un método normalizado, se clasifican en mezclas abiertas si el porcentaje de vacíos es mayor al 12% semi abiertas si están entre el 6% y el 12%, cerradas cuando presentan un porcentaje de vacíos menor al 6% y drenantes con un porcentaje de valores superior al 20%.

PARAMETRO DE CLASIFICACION	TIPO DE MEZCLA ASFALTICA
Agregado empleado	Mastico Mortero Macadam Hormigón
Temperatura de colocación	En frío En caliente
% de vacíos en la mezcla	Cerrada Semiabiertas Abiertas
Tamaño máximo del agregado o textura superficial	Gruesa tmax 8mm Fina tmax menor 8mm
Estructuración del agregado	Con esqueleto mineral Sin esqueleto minera
Distribución granulométrica	Continuas Discontinuas

El estudio se basa en la mezcla asfáltica en caliente.

2.1.3 Funcionalidad: las diferentes superficies bituminosas se pueden clasificar según su función y su objetivo en tres grandes grupos:

- a) Los riegos asfálticos: los riegos asfálticos son, riegos de un material bituminoso sobre la superficie de pavimento existente, una base estabilizada o granular o un suelo. y según su función se clasifican en anti polvo, sello negro, imprimación, riego de liga, membrana para curado.
- b) Las capas asfálticas de protección las capas asfálticas de protección son tratamientos asfálticos que tiene como objetivos el de proteger la estructura de un pavimento proporcionado una gran resistencia a la acción abrasiva del tránsito e impermeabilización superficial, sin aporte de capacidad estructural. Se puede considerar como capas asfálticas de protección a los sellos asfálticos y a los tratamientos dobles o múltiples.
- c) Las capas asfálticas estructurales estas son capas asfálticas estructurales son la mezcla asfálticas que, por condiciones de mezclas y espesor, forman una estructura resistente computable en el diseño del espesor total de un pavimento. Las mezclas asfálticas se definen como la combinación entre un agregado pétreo y un ligante bituminoso, de tal manera que las partículas del agregado queden recubiertas en un menor grado de un partícula homogénea de ligante. El nuevo material, una vez compactado, conforma por una parte un esqueleto mineral que aporta resistencia y por otra una película de ligante que mantiene unidas las partículas, dando cohesión al conjunto.

2.1.4 Dosificación de mezclas asfálticas: esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la densidad Bulk y el porcentaje de vacíos para cada serie de muestras asfálticas, mediante el cálculo y análisis de los diferentes pesos y volúmenes.

Equipo: Dispositivo para moldear probetas: consistente en una placa de base plana, con su molde y collar de extensión cilíndricos. El molde deberá tener un diámetro interior de 101.6 mm (4") y altura aproximada de 76.2 mm (3"); la placa de base y el collar de extensión deberán ser intercambiables, es decir ajustables en cualquiera de los dos extremos del molde. Se recomienda disponer de tres (3) moldes. Para facilidad de manejo, es conveniente que el molde esté provisto de agarraderas.

- a) Extractor de Probetas: elemento de acero en forma de disco con diámetro de 100 mm (3.95") y 12.7 mm (1/2") de espesor, utilizado para extraer la probeta compactada del molde, con la ayuda del collar de extensión. Se requiere de un elemento adecuado para transferir suavemente la probeta del molde al collar.
- b) Martillo de Compactación: consistente en un dispositivo de acero formado por una base plana circular de 98.4 mm (37/8") de diámetro y un

pisón de 4.54 kg (10 lb) de peso total, montado en forma que proporcione una altura de caída de 457.2 mm (18"), como se describe en la. El martillo de compactación puede estar equipado con el protector de dedos.

c) Pedestal de Compactación: consistente en una pieza prismática de madera de base cuadrada de 200.3 mm de lado y 457.2 mm de altura (8" x 8" x 18") y provista en su cara superior de una platina cuadrada de acero de 304.8 mm de lado x 25.4 mm de espesor (12" x 12" x 1"), firmemente sujeta en la misma. La madera será roble u otra clase cuya densidad seca sea de 670 a 770 kg/m³ (42 a 48 lb/pie³). El conjunto se fijará firmemente a una base de concreto, debiendo quedar la platina de acero en posición horizontal.

d) Soporte para molde: consistente en un dispositivo con resorte de tensión diseñado para centrar rígidamente el molde de compactación sobre el pedestal. Deberá asegurar el molde completo en su posición durante el proceso de compactación.

Nota 1: En lugar del martillo de operación manual y asociado con los equipos hasta ahora descritos, podrá usarse un martillo mecánico, el cual haya sido calibrado para ofrecer resultados comparables con los del martillo manual.

e) Mordaza y medidor de deformación: la mordaza consistirá en dos segmentos cilíndricos, con un radio de curvatura interior de 50.8 mm (2") finamente acabado. El segmento inferior, que terminará en una base plana, irá provisto de dos varillas perpendiculares a la base y que sirven de guía al segmento superior. El movimiento de este segmento se efectuará sin rozamiento apreciable. El medidor de deformación consistirá en un deformímetro de lectura final fija y dividido en centésimas de milímetro, firmemente sujeto al segmento superior y cuyo vástago se apoyará, cuando se realiza el ensayo, en una palanca ajustable acoplada al segmento inferior.

f) Prensa: para la rotura de las probetas se empleará una prensa mecánica con una velocidad uniforme de desplazamiento de 50.8 mm por minuto. Puede tener un motor eléctrico unido al mecanismo del pistón de carga.

g) Medidor de la estabilidad.- La resistencia de la probeta en el ensayo se medirá con un anillo dinamométrico acoplado a la prensa, de 20 kN (2039 kgf) de capacidad, con una sensibilidad de 50N (5 kgf) hasta 5 kN (510 kgf) y 100N (10 kgf) hasta 20 KN (2039 kgf). Las deformaciones del anillo se medirán con un deformímetro graduado en 0.001 mm.

Nota 2: En lugar de medir la estabilidad con un anillo dinamométrico, se puede emplear cualquier otro dispositivo de medida de carga que cumpla los requisitos indicados anteriormente.

h) Elementos de calefacción.- Para calentar los agregados, material asfáltico, conjunto de compactación y muestra, se empleará un horno o placa de calefacción, provisto de control termostático, capaz de mantener la temperatura requerida con un error menor de 3°C (5° F).

i) Mezcladora.- Es recomendable que la operación de mezclado de los materiales se realice con una mezcladora mecánica capaz de producir, en el menor tiempo posible, una mezcla homogénea a la temperatura requerida. Si la operación de mezclado se realiza a mano, para evitar el enfriamiento de los materiales, este proceso se realizará sobre una placa de calefacción o estufa, tomando las precauciones necesarias para evitar los sobrecalentamientos locales.

j) Tanque para agua, de 150 mm (6") de profundidad mínima y controlado termostáticamente para mantener la temperatura a $60^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($140 \pm 1.8^{\circ}\text{F}$) ó $37,8^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ($100^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$).

El tanque deberá tener un falso fondo perforado o estar equipado con un estante para mantener las probetas por lo menos a 50.8 mm (2") sobre el fondo del tanque.

k) Tamices.- Conjunto de: 50 mm (2"), 37.5 mm (1½"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (¾") 12.5 mm (½"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4), 2.36 mm (No.8); 300 µm (No.50), 75 µm (No.200).

l) Cámara de aire para las mezclas con asfalto líquido, controlada termostáticamente y la cual debe mantener la temperatura del aire a $25^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$. ($77^{\circ} \pm 1.8^{\circ}\text{F}$).

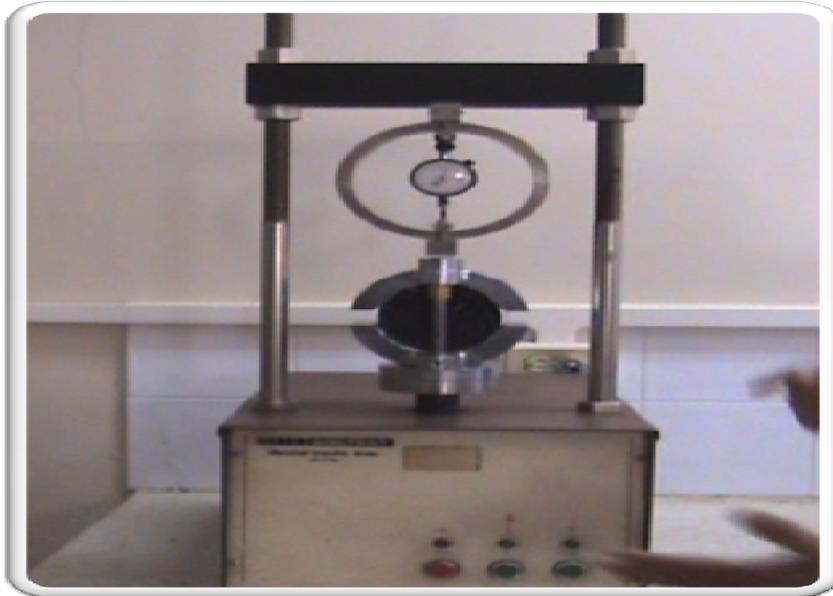
m) Termómetros blindados: De 10°C a 232°C (50°F a 450°F) para determinar las temperaturas del asfalto, agregados y mezcla, con sensibilidad de 3°C. Para la temperatura del baño de agua se utilizará un termómetro con escala de 20°C a 70°C y sensibilidad de 0.2°C (68°F a 158°F ± 0.4°F).

n) Balanzas: Una de cinco (5) kg de capacidad, sensible a un (1) g para pesar agregados y asfalto; otra de dos (2) kg de capacidad, sensible a 0.1 g para las probetas compactadas.

o) Guantes de soldador para manejar equipo caliente; guantes de caucho para sacar las muestras del baño de agua y crayolas para identificar las probetas.

- p) Bandejas metálicas, de fondo plano para calentar agregados y cubetas metálicas redondas de 4 litros (1 galón) de capacidad, para mezclar asfalto y agregados, cucharones, recipiente con vertederos, espátulas, papel de filtro, etc.

Foto No. 2. EQUIPO MARSHALL



Procedimiento.

- ✓ Se promedian los pesos específicos “bulk” de todas las probetas elaboradas con el mismo porcentaje de asfalto, descartando las que se alejen demasiado del promedio.
- ✓ Se calcula la gravedad específica bulk promedio de agregados, mediante la expresión.

$$G_{agr} = \frac{100}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} + \dots}$$

- ✓ Donde:

P1, P2, P3 ... = Porcentaje en peso de cada una de las fracciones de material que intervienen en el total del agregado.

- ✓ G_1 , G_2 , G_3 = Pesos específicos de los materiales a los que corresponden las fracciones anteriormente mencionadas.
- ✓ Se calcula la gravedad específica máxima teórica de la muestra para cada porcentaje de asfalto, el cual corresponde al que teóricamente se obtendría si fuera posible comprimir la muestra hasta obtener una masa de asfalto y agregados carente de vacíos con aire. Este valor se calcula así:

$$G_{agr} = \frac{100}{\frac{\%agregados}{G_{agr}} + \frac{\%cementoasfaltico}{G_{asf}}}$$

Donde:

$\%agregados = 100 - \% asfalto$

G_{agr} = gravedad específica promedio de agregados

Se determina el volumen mediante la siguiente expresión

$$G_{mm} = \frac{A}{A + D - E}$$

Donde:

A = peso de la muestra

D = peso del envase (matraz + agua)

E = peso del envase (matraz + agua + muestra)

- ✓ Se calcula el porcentaje en volumen de los agregados, para cada porcentaje de cemento asfáltico utilizado, mediante la fórmula:

$$\%V_{agr} = \frac{G_{mb} * P_s}{G_{sb}}$$

Donde:

G_{mb} = Bulk promedio de las 3 briquetas

G_{sb} = gravedad específica bulk del agregado

P_s = $\% agregados = \% total - \% asfalto utilizado$

- ✓ Se determina el porcentaje total de vacíos con respecto al volumen total de la probeta mediante la expresión:

$$P_a = 100 * \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Donde:

Gmm = Rice

Gmb = Bulk promedio de las 3 briquetas

- ✓ Se calcula el volumen de asfalto como porcentaje del volumen total de la probeta.

Donde: $Va = 100 - \%V_{agregados} - Pa$

$\%V_{agregados}$ = % volumen de agregados

Pa = % total de vacíos con respecto al volumen total de la probeta

- ✓ Se determina el porcentaje de vacíos en los agregados minerales en la mezcla compactada.

Donde: $V_{am} = 100 - \%V_{agr}$

$\%V_{agr}$ = % volumen de agregados

- ✓ Se determina el volumen efectivo de asfalto en la mezcla compactada con la expresión:

$$Ae = \%asfalto - \frac{\text{asfalto absorbido agregados}}{100} * \%agregados$$

Donde: $V_{ea} = \frac{Va}{V_{am}} * 100$

Va = Volumen de asfalto

Vam = % vacíos en agregados minerales

- ✓ Se determina el contenido de asfalto efectivo con respecto al peso de la mezcla.

$$Pba = 100 * \frac{Gse - Gsb}{Gsb * Gse} * Gb$$

Donde:

$$Gse = \frac{\frac{Pmm - Pb}{Pmm} - \frac{Pb}{Gb}}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}}$$

Pmm = Sumatoria de los porcentajes de mezcla (100%)

Pb = Porcentaje de asfalto que se quiere calcular

Gmm = Peso específico de la mezcla asfáltica

Gb = Peso específico del asfalto (1,011)

Gse = Gravedad específica efectiva del agregado

Gsb = Gravedad específica bulk del agregado

Pba = Asfalto absorbido por el agregado

Corrección de los valores de estabilidad.

Volumen de la briqueta cm³	Espesor aproximado de la briqueta en cm	Factor de corrección
200-213	2.54	5.56
214-225	2.70	5.00
226-237	2.86	4.55
238-250	3.02	4.17
251-264	3.17	3.85
265-276	3.33	3.57
277-289	3.49	3.33
290-301	3.65	3.03
302-316	3.81	2.78
317-328	3.97	2.50
329-340	4.13	2.27
341-353	4.29	2.08
354-367	4.44	1.92
368-379	4.60	1.79
390-392	4.76	1.67
393-405	4.92	1.56

Volumen de la briqueta cm³	Espesor aproximado de la briqueta en cm	Factor de corrección
--	--	-----------------------------

406-420	5.08	1.47
421-431	5.24	1.39
432-443	5.40	1.32
444-456	5.56	1.25
457-470	5.71	1.19
471-482	5.87	1.14
483-495	6.03	1.09
496-508	6.19	1.04
509-522	6.35	1.00
523-535	6.51	0.96
536-546	6.67	0.93
547-559	6.82	0.89
560-573	6.98	0.86
574-585	7.14	0.83
586-598	7.30	0.81
599-610	7.46	0.78
611-625	7.62	0.76

Fuente: Corrección de los valores de estabilidad.

- ✓ En base al volumen de la briqueta se calcula la estabilidad corregida de acuerdo a la tabla dada, mediante la expresión :

$$E_c = \text{Dial} * \text{Factor de corrección} * \text{Constante del anillo}$$

Donde:

$$\text{Conste anillo} = 51.621 + 10.003 * \text{Dial}$$

- ✓ Los valores obtenidos para aquellas muestras que no tengan exactamente la altura 2.5" deben corregirse, aplicando factores de corrección ya antes mencionados en la tablas dadas.
- ✓ Los valores de estabilidad corregida para grupo de muestras elaboradas con el mismo contenido de asfalto, se promedian, tomándose dicho promedio como valor de estabilidad para ese contenido de asfalto.

- ✓ Debe excluirse del promedio aquel valor que se encuentre notoriamente alejado de los demás.
- ✓ Los valores de flujo obtenidos para todas las muestras elaboradas con determinado contenido de cemento asfáltico, se promedian, deberá también descartarse aquel valor que difiera notablemente del promedio si lo hay.

Se dibujan gráficos que establezcan las siguientes relaciones:

Densidad Vs % de cemento asfáltico
 Estabilidad Vs % de cemento asfáltico
 Flujo Vs % cemento asfáltico
 %de vacíos con aire en la mezcla total Vs % cemento asfáltico
 % de vacíos en los agregados minerales Vs % de cemento asfáltico

Interpretación de los resultados.

- ✓ La densidad aumenta con el contenido de asfalto hasta un máximo después del cual comienza a decrecer.
- ✓ La curva de Estabilidad es similar al de la densidad, salvo que la máxima estabilidad ocurre normalmente (no siempre) a un contenido de asfalto ligeramente inferior al de la máxima densidad.
- ✓ Los valores de flujo aumentan con los incrementos en el contenido de asfalto.
- ✓ El % de vacíos con el aire en la mezcla total disminuye al incrementar el contenido de asfalto, tendiendo hacia un mínimo.
 El % de vacíos en los agregados minerales disminuye al incrementarse el contenido de asfalto, hasta alcanzar un mínimo a partir del cual comienza a aumentar.

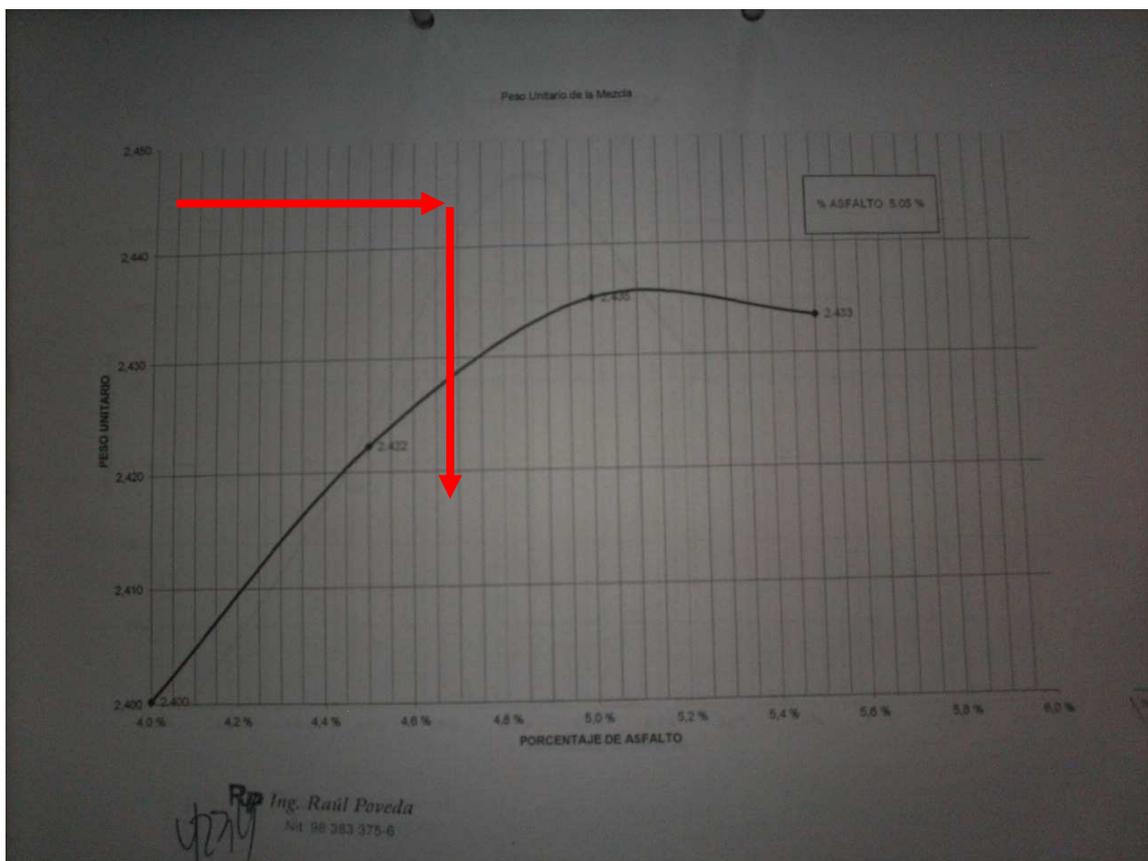
Consideraciones generales y selección final: no se debe exagerar en el tiempo del calentado de la mezcla asfáltica, porque esta se hace quebradiza. Es recomendable calentarla de 3 a 5 minutos.

La temperatura mínima a la cual la mezcla debe llegar al sitio de la obra debe ser de 120°C, caso contrario se corre el riesgo de al ser compactada adquiera una superficie porosa, esto aumenta la posibilidad de oxidación y envejecimiento prematura del concreto asfáltico.

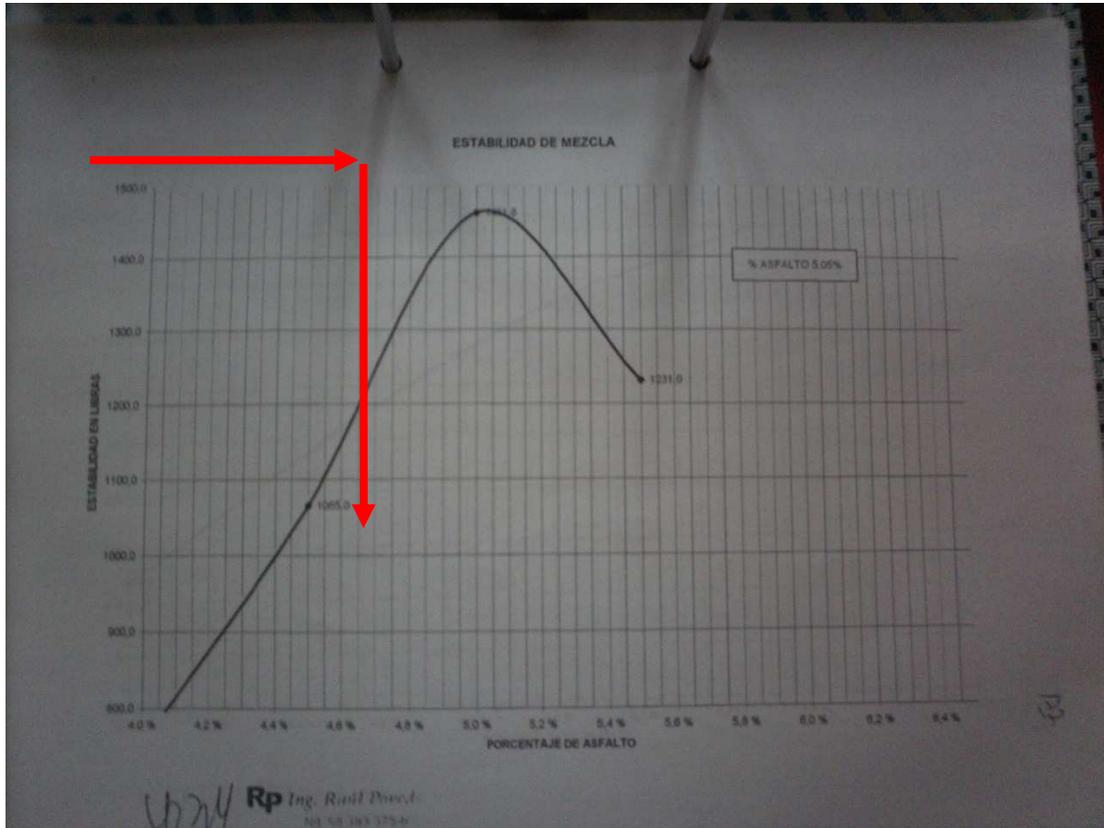
El porcentaje óptimo de asfalto se determina utilizando las curvas anteriormente descritas así: En la curva de estabilidad se selecciona el porcentaje de cemento asfáltico correspondiente al máximo valor de estabilidad. En la curva de densidad se selecciona el porcentaje de asfalto correspondiente al máximo valor de densidad.

En la curva de vacíos se selecciona el porcentaje de asfalto correspondiente al punto medio de las especificaciones aplicables en cuanto al contenido de vacíos totales en la mezcla, este valor generalmente es 4% promedio entre 3 y 5%. Se promedia aritméticamente los tres valores y ese valor será el contenido de asfalto óptimo si cumple con los requisitos exigidos por la especificación.

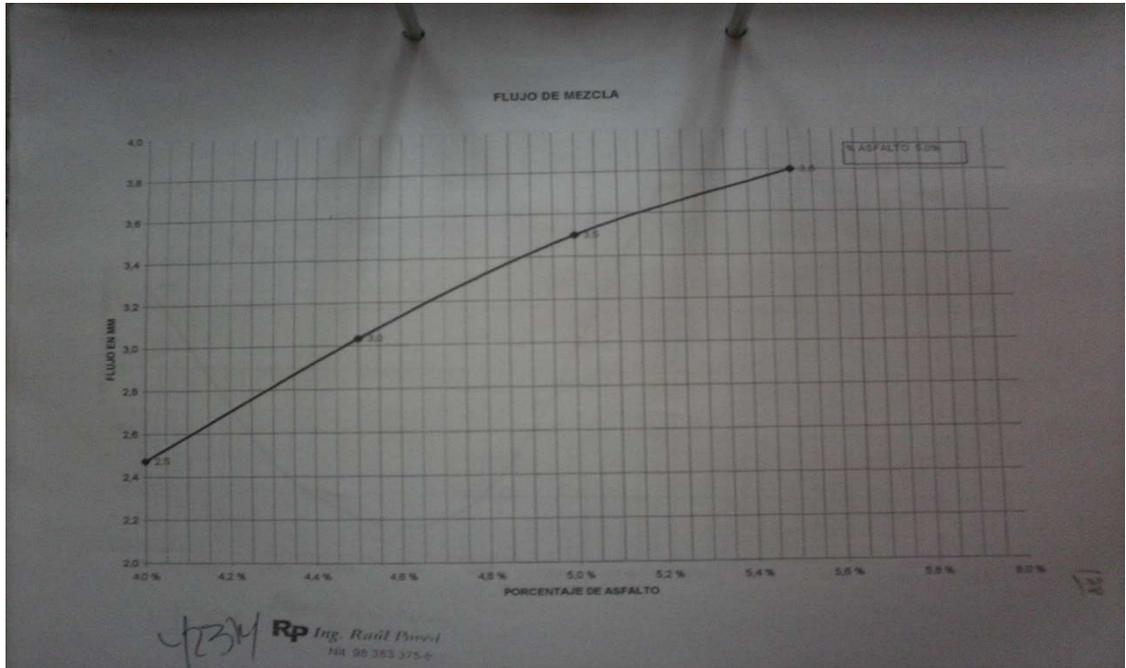
GRAFICA No.1. PESO UNITARIO DE LA MEZCLA



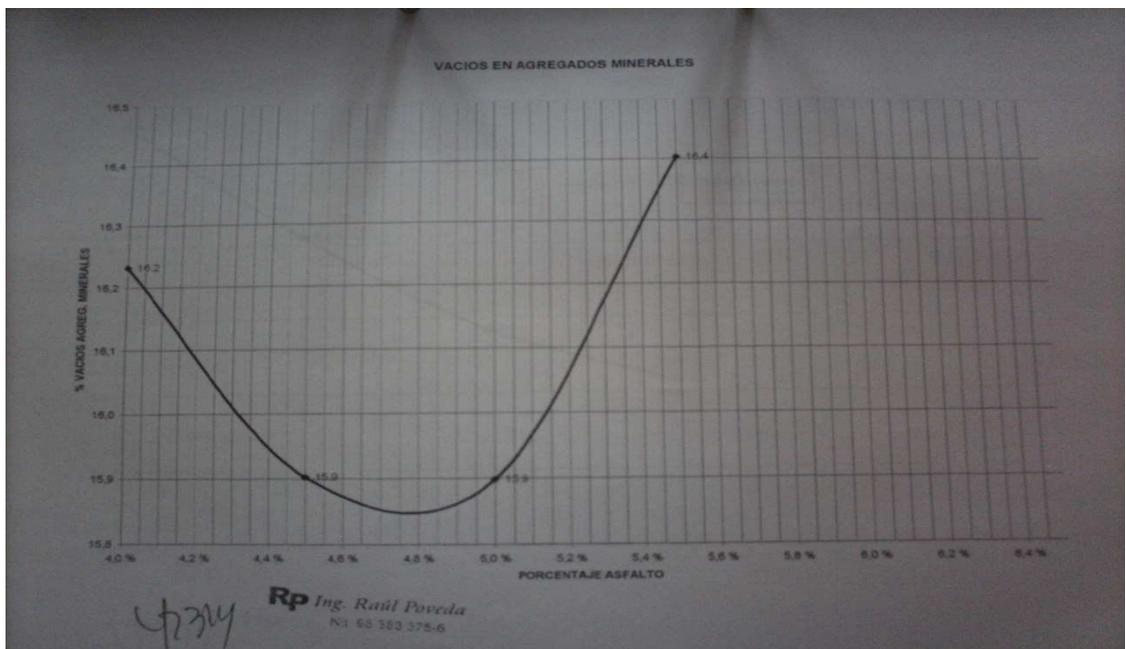
GRAFICA No.2. ESTABILIDAD DE LA MEZCLA



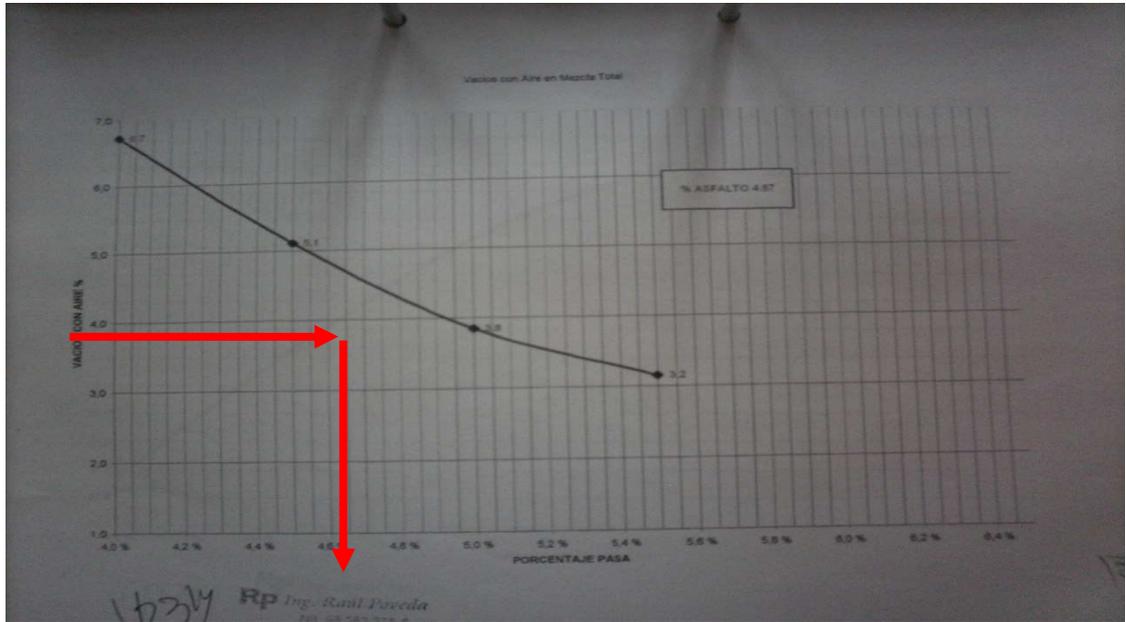
GRAFICA No.3. FLUJO DE LA MEZCLA



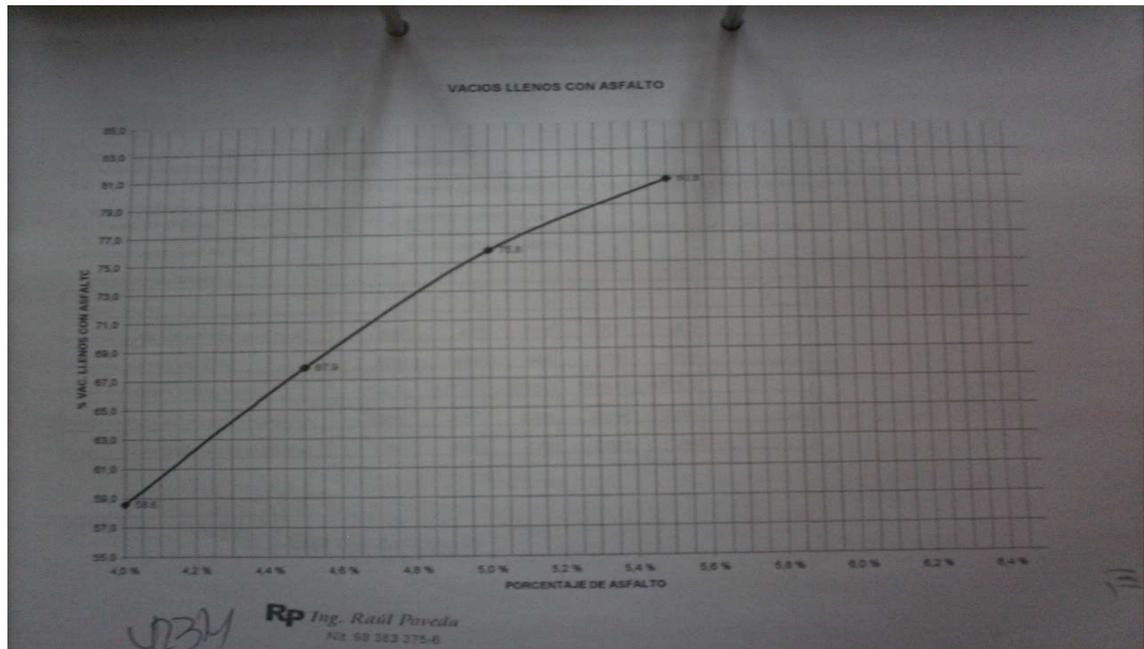
GRAFICA No.4. VACIOS EN AGREGADOS MINERALES



GRAFICA No.5. VACIOS CON AIRE EN MEZCLA TOTAL



GRAFICA No.6. VACIOS LLENOS CON ASFALTO



Se promedia aritméticamente los tres avalores anteriores y el valor es de 5.2% que es el valor optimo, el tránsito de diseño es para estos materiales y el asfalto utilizado que es del complejo industrial de Barrancabermeja (60-100) es de $>5 \times 10^6$.

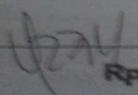
**DETERMINACION DE PESO ESPECIFICO MAXIMO MEDIDO
(RICE)**

1. IDENTIFICACION DEL PROYECTO.
 1.1 Nombre del Contrato: **INVIAS**
 1.2 Nombre del Proyecto: **SURINISTRO DE MEZCLA PARA LAS CARRETERAS A CARGO DE LA DIRECCION TERRITORIAL NARIÑO DE LA CARRETERA CEBADAL - SANDONA- PASTO**

2. IDENTIFICACION DEL MATERIAL.
 2.1 Fecha de Ensayo: **SEPTIEMBRE 23 DE 2008**
 2.2 Procedencia de los Agregados: **RIO TELLEZ, TRITURADORA INCOEQUIPOS, AGRESUR**
 2.3 Procedencia del Asfalto: **BARRANCABERMEJA**

3. ENSAYO MARSHALL

MUESTRA No.	1	2	3	4	5
PORCENTAJE ASFALTO DE LA MEZCLA	4.0	4.0	5.0	5.5	6.0
PESO MUESTRA MEZCLA	800	800	800	800	800
PESO FRASCO + AGUA A 20°C	1778.2	1778.2	1778.2	1778.2	1778.2
PESO FRASCO + AGUA A 20°C + M MEZCLA	2270	2267	2265	2256	2254
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MEZCLA	2.82	2.80	2.58	2.51	2.48

RECONOCIDO:  **RP** Ing. Rutil Precada
 No. 52 303 375-8

Teniendo en cuenta el diseño Marshall y la especificación pertinente para este tipo de mezclas asfálticas en caliente MCD-2 se compara estas dos y se concluye que este diseño es el optimo y que cumple con las especificaciones: artículo 450, mezcla densa en caliente (concreto asfáltico) especificaciones generales de construcción de carreteras **INVIAS**.

**MEZCLA DENSA EN CALIENTE (CONCRETO ASFALTICO)
ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN
DE CARRETERAS INVIAS.**

CARACTERISTICAS		TRANSITO DE DISEÑO (N) Ejes equivalentes de 80 kN		
		$>5 \times 10^6$	$5 \times 10^5 - 5 \times 10^6$	$<5 \times 10^5$
Compactación, golpes/cara		75	75	75
Estabilidad mínima	kg	750 ←	650	500 →
Flujo	mm	2-3.5 ←	2-4	2-4 →
Vacíos con aire:				
Capa de rodadura	%	4-6 ←	3-5	3-5 →
Base asfáltica	%	4-8 ←	3-8	3-8 →
Vacíos mínimos en agregados minerales:				
Gradación MDC-1	%	14	14	14
Gradación MDC-2	%	15 ←	15	15 →
Gradación MDC-3	%	16	16	16

Fuente: INVIAS

GRAFICA No.7. DISEÑO MARSHALL PARA MEZCLA ASFALTICA DENSA EN CALIENTE D-2

DISEÑO MARSHALL PARA MEZCLA ASFALTICA DENSA EN CALIENTE TIPO 2

NOMBRE DEL CONSORCIO: INVIAS
 NOMBRE DEL PROYECTO: SUMINISTRO DE MEZCLA (CARRETERA CEBADAL - SANDONA - PASTO)
 IDENTIFICACION DEL MATERIAL: MEZCLA ASFALTICA TIPO MDC-2
 FECHA DE ENSAYO: SEPTIEMBRE 29 DE 2008
 PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS: TRITURADORA INCOEQUIPOS- TRITURADORA AGRESUR

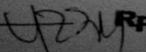
GRANULOMETRIA

TAMIZ	3/4	1/2	3/8	No.4	No.10	No.40	No.80	No.200
FORMULA DE TRABAJO	100	91.9	80.3	58.9	38.1	16.9	11.0	7.08
ESPECIF INV -02 L-INF	100	80	70	49	29	14	8	4
ESPECIF INV -02 L.SUP	100	100	88	65	45	25	17	8

TRANSITO DE DISEÑO
Ejes equivalente de 80 KN > 5x10⁴

CARACTERISTICAS DEL DISEÑO	F. DE TRABAJO	ESPECIFICACION INV-3002
PORCENTAJE OPTIMO DE ASFALTO	5.03	+/- 0.3%
PROPORCION DE AGREGADOS	GRUESOS 33% FINOS 67%	
ESTABILIDAD EN KG	1461.8	900
FLUJO EN MM	3.5	2 - 3.5
VACIOS CON AIRE	4	4 - 6
VACIOS MINIMOS EN AGREGADOS MINERALES (%)	15.8	15 % MINIMO
VACIOS LLENOS CON ASFALTO (%)	75%	65 - 75 %

08/21/2011

GEOLOGO  **RP** Ing. Raúl Pareda
Nº 88 383 375-6

2.2 PLANTAS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

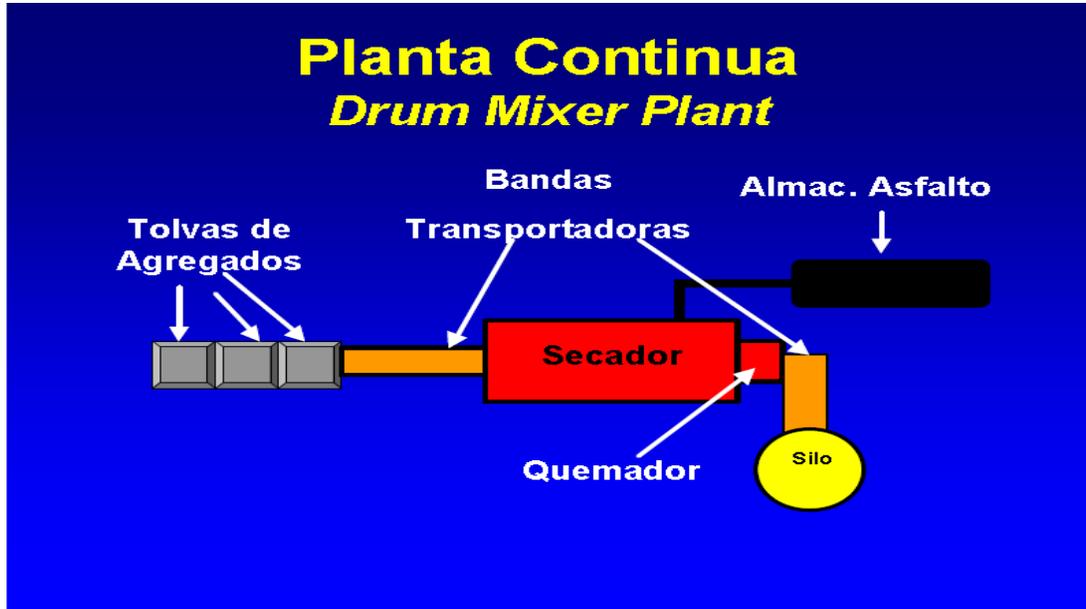
Tienen como propósito producir una mezcla asfáltica en caliente que posea las proporciones deseadas y que cumpla con todas las especificaciones.

En términos generales, cada planta puede ser clasificada como:

2.2.1 Clasificación.

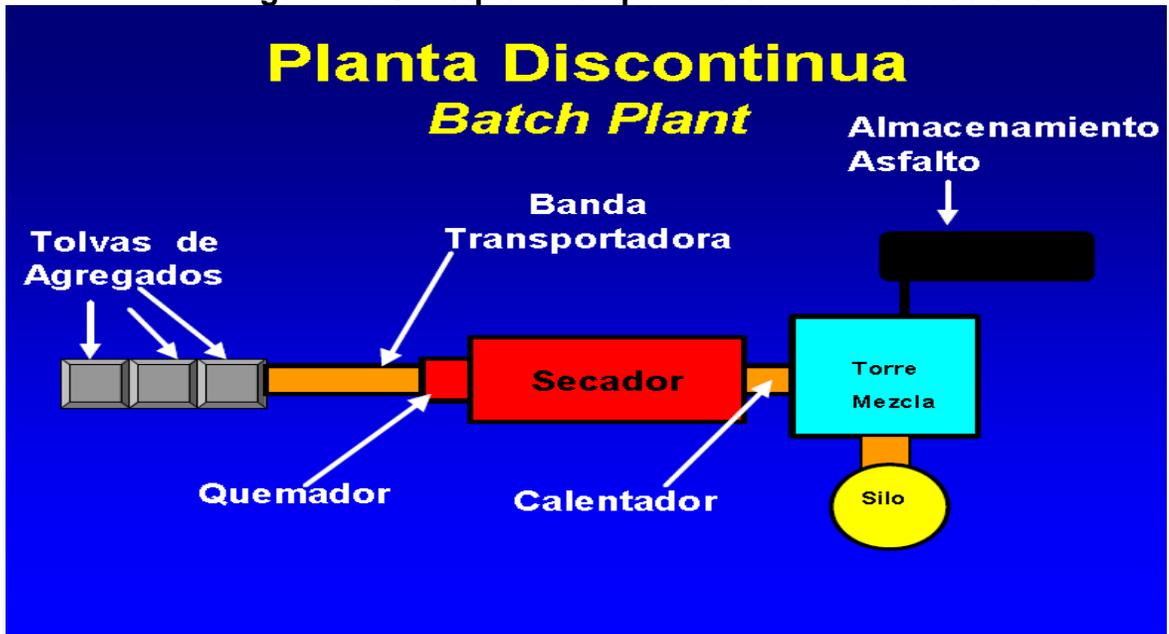
Plantas continuas:

Figura No. 4. Esquema de planta continua de asfalto



- Plantas Discontinuas:

Figura No.5. Esquema de planta discontinua de asfalto

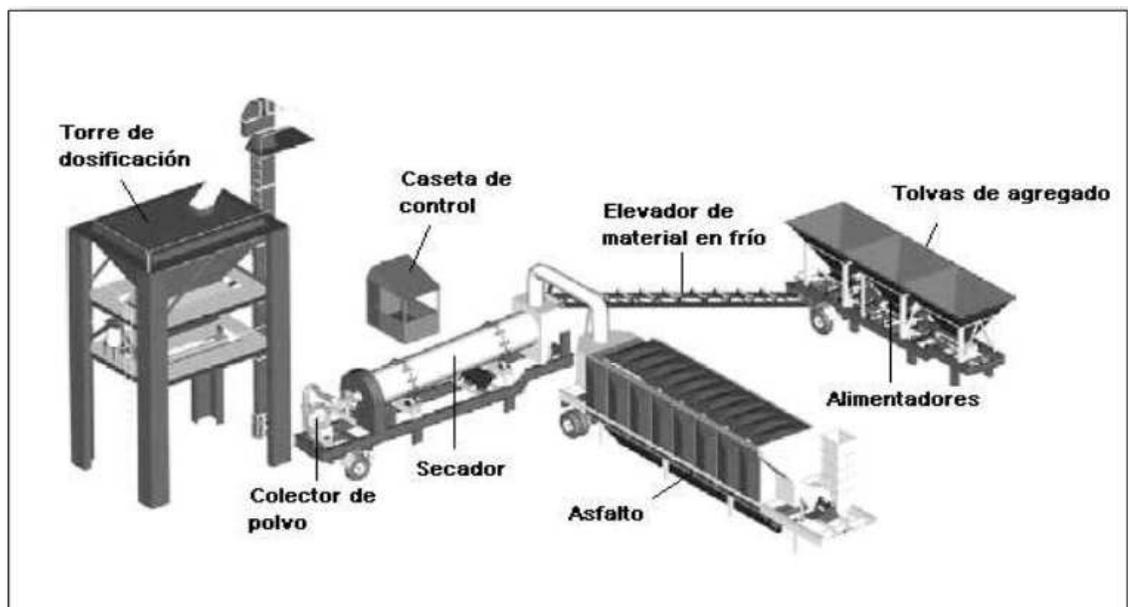


Plantas discontinuas: En una planta asfáltica discontinua, los agregados son combinados, calentados, secados, dosificados, y mezclados con el cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente.

Estas plantas se componen de las siguientes partes:

1. Tolva fría
2. Compuerta de alimentación en frío
3. Elevador de material en frío
4. Secador
5. Colector de polvo
6. Chimenea de escape
7. Elevador de material en caliente
8. Unidad de mezclado o amasadero
9. Depósito de cemento asfáltico caliente
10. Unidad de cribado
11. Tolvas calientes
12. Caja pesadora
13. Depósito de relleno mineral
14. Cuba de pesado de asfalto.
15. Disposición típica de las partes que conforman una planta discontinua

Figura No. 6. Esquema de distribución plana continua de asfalto



En el proceso de producción los agregados fríos almacenados en las tolvas son alimentados a las bandas transportadoras por medio de compuertas de alimentación. Las bandas transportadoras descargan los agregados en el secador. Los colectores de polvo remueven cantidades indeseables de polvo del escape del secador. Los gases restantes son eliminados a través de la chimenea de escape. Los agregados ya secos y calientes son llevados hacia la unidad de cribado, la cual separa el material y los deposita en tolvas calientes para un almacenamiento temporal.

Luego, los agregados son descargados dentro de la cámara mezcladora o amasadora. El cemento asfáltico caliente, proveniente del tanque de almacenamiento es bombeado hacia la cubeta pesadora de asfalto, la cual pesa el cemento asfáltico antes de ser descargado a la cámara mezcladora, en donde es combinado en su totalidad con los agregados y el relleno mineral. La mezcla asfáltica en caliente finalmente es descargada en el camión, ó almacenada en silos.

Planta continua. Planta de producción de mezcla en estudio.

Foto No.3. Planta de asfalto de propiedad del Ing. Raúl Poveda



En una planta asfáltica continua (Ver foto No.3), los agregados son combinados, calentados, secados, dosificados, y mezclados con el cemento asfáltico para producir una mezcla asfáltica en caliente. Los componentes principales de una planta continua son:

1. Tolva fría (ver foto 4 y 5).
2. Compuerta de alimentación en frío (ver foto 4 y 5).
3. Elevador de material en frío (ver foto 4 y 5).
4. Mezclador de tambor (ver foto 4 y 5).
5. Colector de polvo.(ver foto 4 y 5).
6. Chimenea de escape (ver foto 4 y 5).
7. Elevador de material en caliente (ver foto 4 y 5).
8. Depósito de cemento asfáltico caliente (ver foto 4 y 5).
9. Unidad de cribado (ver foto 4 y 5).
- 10.Tolvas calientes (ver foto 4 y 5).
- 11.Depósito de relleno mineral (ver foto 4 y 5).
- 12.Cuba de pesado de asfalto. (ver foto 4 y 5).

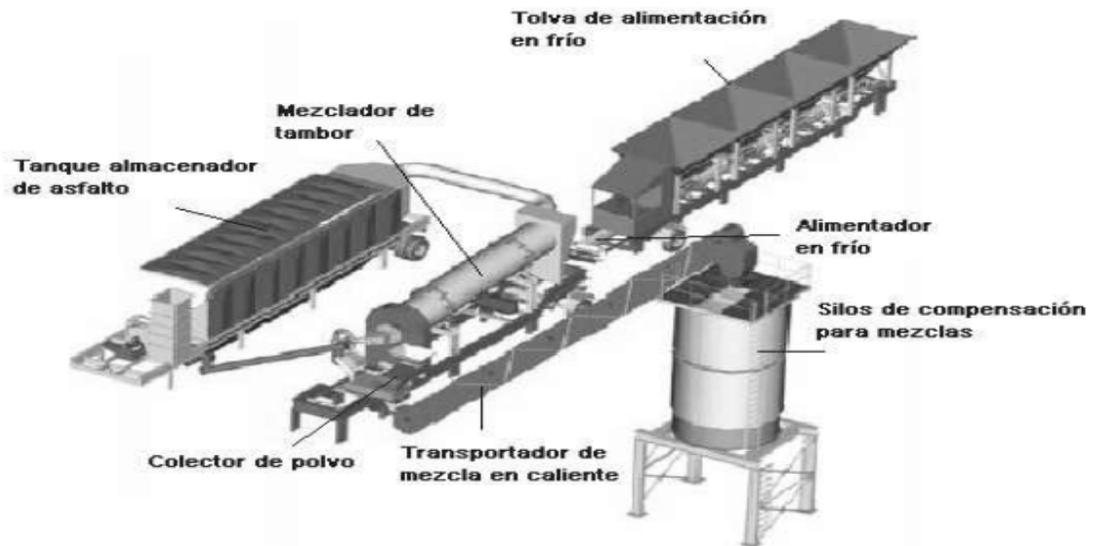
Foto No.4. Cabina de control planta de asfalto de Ing. Raúl Poveda



Foto No. 5. Elementos planta de asfalto de Ing. Raúl Poveda



Disposición típica de las partes que conforman la planta continua



Para realizar la producción de mezclas los materiales deben pasar por una serie de operaciones similares para los dos tipos de plantas, estas operaciones incluyen:

- ✓ Para realizar almacenamiento y alimentación de agregados fríos.
- ✓ Almacenamiento de asfalto.
- ✓ Dispositivos para dosificar el asfalto.
- ✓ Medición del filler mineral.
- ✓ Secado y calentado de las partículas de agregado.
- ✓ Colector de polvo.
- ✓ Cribas y tolvas de recepción en caliente.
- ✓ Temperatura de la mezcla.
- ✓ Almacenamiento de mezclas.
- ✓ Medidas de seguridad.

Almacenaje: el almacenaje de los áridos se los realiza en montones de acopio o tolvas que deben separarse para evitar que los materiales se mezclen entre sí. Estos elementos de separación deben cubrir toda la altura de los montones y ser resistentes para soportar las presiones que pueden aparecer durante el trabajo de la instalación (ver foto No. 6)

Foto No.6. Planta trituradora almacenaje - AGRESUR



**Foto No.7. Planta trituradora almacenaje
Proyecto pavimentación Tuquerres - Junín**



Acopios de reservas de agregado: para producir mezclas asfálticas en caliente de alta calidad es esencial tener buenos procedimientos de acopios de reserva. Los agregados retienen su gradación si son adecuadamente acopiados, mientras que cuando el acopio es malo las partículas de agregado se segregan, y la gradación varía en los diferentes niveles del acopio.

El acopio de agregados se los puede realizar de la siguiente manera: Cuando se acopia reservas de agregado de un solo material se los puede apilar en acopios cónicos y cuando se acopian reservas de agregado que contienen partículas de diferente tamaño se debe apilar el material en capas, minimizando la segregación por gravedad.

Almacenaje acopios de reservas de agregado: el relleno mineral es usualmente almacenado en depósitos, silos o bolsas para prevenir que sean arrastrados por el viento y que sean expuestos a la humedad, lo cual los puede aglutinar y endurecer.

El manejo del agregado degrada hasta cierto punto las partículas individuales del agregado, y causa segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños, por lo tanto el manejo debe ser mínimo.

El manejo mínimo consiste en apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente, para luego ser mezclado en la planta asfáltica.

La norma general para el manejo de agregados consiste en usar un cargador de tractor para remover el material de las partes casi verticales del acopio, debido a que otros vehículos de tracción, aumentan la probabilidad de una alta degradación.

Foto No.8. Cubiertas acopio planta de estudio



Muestreo del agregado: los buenos procedimientos de control de calidad de los agregados 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 de que los materiales cumplen con las especificaciones de la obra.

La alimentación: de áridos fríos es el elemento más importante en la instalación de una planta asfáltica; se puede realizar mediante uno de los tres métodos siguientes o una combinación de ellos, tolvas descubiertas con dos, tres o cuatro

compartimientos. Túnel situado bajo montones de acopios separados por muros de separación.

Durante la carga de las tolvas de alimentación en frío deben tomarse las precauciones para reducir al mínimo la segregación y degradación de los áridos.

Existen varios tipos de alimentadores, entre éstos tenemos: cinta transportadora continua, alimentador de vaivén, alimentador vibratorio y Alimentador por gravedad.

Foto No. 9. Tolvas planta de estudio



Almacenaje del asfalto: el almacenaje del asfalto se lo realiza en tanques de diferente capacidad siendo el más común los de 40000 lt, también los hay de 32000 y 26000 lt. Estos tanques deben disponer de serpentines de circulación de vapor o aceite que puedan emplearse para calentar el producto cuando sea necesario.

Las cantidades de asfalto almacenadas en las plantas deben ser suficientes para permitir una operación uniforme.

Los tanques de almacenamiento deberán ser calibrados para que la cantidad remanente de material en el tanque pueda ser determinado en cualquier momento. Para romper el vacío creado en las líneas cuando se invierte la bomba, y para limpiar las líneas, se deben cortar dos o tres ranuras verticales en las líneas de retorno dentro del tanque, por encima de la marca del máximo nivel como se puede ver en la siguiente figura:

Foto No.10. Tanques almacenaje de asfalto



Foto No.11. Tanques almacenaje de asfalto



Exigencias sobre los tanques de almacenamiento: tener termómetros tipo inscriptor situados en puntos específicos que permitan un control efectivo de temperaturas en cualquier momento.

Tener capacidad suficiente de reserva para al menos un día de trabajo sin interrupciones.

El sistema de circulación, deberá tener capacidad suficiente para un caudal uniforme y estar provisto de camisas de asilamiento térmico y conservación de la temperatura.

Dispositivos confiables para la medición y muestreo del asfalto, el muestreo generalmente se lo realiza por medio de válvulas en el sistema de circulación, como se observa en la figura:

Foto No.12. Panel de control



Dispositivos para dosificar el asfalto: la planta estará provista de balanzas de pesaje o de dispositivos de medición y calibración del asfalto, para asegurar que la dosificación de la mezcla se halle dentro de las tolerancias especificadas en la fórmula maestra de obra.

El asfalto medido ya sea por peso o por volumen, deberá ser descargado a la mezcladora, mediante una abertura o una barra esparcidora cuya longitud será al menos igual a las $\frac{3}{4}$ partes de la longitud de la mezcladora.

Los dispositivos para la dosificación estarán provistos de medios exactos de medición, control de temperaturas y pesos ó volúmenes.

La temperatura será medida en la cañería que conduce el asfalto a las válvulas de descarga a la entrada de la mezcladora.

Medición de Filler Mineral: en las plantas donde exija un control muy riguroso de la dosificación del filler es necesario un alimentador y un dosificador con básculas independientes.

El sistema de alimentación del filler debe tener una capacidad de almacenaje, como mínimo, de un día de producción de la planta. Cuando se añade a la mezcla filler mineral la cantidad empleada debe comprobarse frecuentemente. Si se recibe en sacos puede emplearse el siguiente método: deben contarse los sacos de filler añadidos a la tolva, la misma que debe estar llena. El número de sacos añadidos en la tolva, multiplicado por el peso de filler contenido en cada uno, da el peso del filler. El peso del filler, dividido por el peso de áridos secos y filler, y multiplicado por 100, da el porcentaje de filler. La tolva de filler debe vaciarse al final del trabajo de cada día, cubriéndola para mantenerla seca, ya que la humedad puede dar lugar a la formación de grumos que impiden el adecuado flujo del material.

Secado y calentamiento del agregado: después de salir de las tolvas frías, los agregados son descargados en el secador, mismo que realiza dos funciones:

- ✓ Remueve la humedad de los agregados.
- ✓ Eleva la temperatura del agregado al nivel deseado.

El secador es un cilindro giratorio con diámetros de 0.90 a 3.00 m, y una longitud de 6 a 12 m, su interior está provisto de paletas o canales longitudinales que secan y calientan los áridos mediante un quemador de combustible líquido o gaseoso.

Cada partícula de los áridos se expondrá repetidamente a esta acción por el tiempo y a la temperatura necesaria para reducir la humedad a un máximo del 1%.

El fiscalizador debe comprobar la calidad del secado de los agregados transportados a la planta en forma periódica.

El secado es la operación más costosa, debido al consumo de combustible; por tal motivo la tasa de producción de toda la planta depende de la eficiencia del secador.

Foto No. 13. Tambor secador



Exigencias que debe cumplir el secador: el horno secador estará diseñado con una longitud y un número de revoluciones tales que permitan recibir los agregados y movilizarlos hacia la salida en una forma regular y continua.

El calentamiento será uniforme y graduado, para evitar cualquier deterioro de los agregados.

Dispondrá de dispositivos exactos y de funcionamiento seguro para que la medición de la temperatura de los agregados a la salida del secador, presente un máximo de error de 5 °C.

Colector de polvo: foto No.14, está provisto de ventiladores que tienen la función de arrastrar las partículas de polvo producidas en el proceso de alimentación y mezclado.

El material recogido en el colector puede devolverse a la mezcladora si es necesario, caso contrario se desecha en un lugar protegido, generalmente piscinas para proteger de esta manera el medio ambiente.

Foto No.14. Colector de polvo planta en estudio



Temperatura de la mezcla: tanto el asfalto como el agregado deben ser calentados antes de ser combinados en el mezclador; el asfalto para darle suficiente fluidez y pueda ser bombeado, y el agregado, para que esté lo suficientemente seco y caliente, para que así se produzca una mezcla a la temperatura deseada.

La temperatura del cemento asfáltico, al momento de la mezcla estará entre 135 y 160 oC (ver tabla 4.2), y la temperatura de los agregados al momento de recibir el asfalto, deberá estar entre 120 y 160 oC, pero en ningún caso se introducirá en la mezcladora el árido a una temperatura mayor en más de 10 oC que la temperatura del asfalto.

Temperatura del cemento asfáltico en el mezclador

Tipo y grado de cemento asfáltico (Penetración)	Temperatura (°C)
40-50	150-180
60-70	135-160
85-100	135-160
120-150	135-160
200-300	95-135

Almacenamiento de la mezcla en caliente: la mayoría de las plantas están equipadas con silos de almacenamiento temporal de mezclas asfálticas en caliente, con el fin de prevenir paros en la planta por interrupciones en las operaciones de pavimentación, o debido a la escasez de camiones que transportan material al lugar de pavimentación.

Los silos o depósitos aislados pueden almacenar mezcla en caliente hasta por 12 horas sin tener pérdidas grandes de calor o de calidad.

Las mezclas en caliente recién elaboradas son depositadas por medio de un transportador, o elevador de material caliente, en la parte superior del depósito o silo, y se descargará en los camiones por la parte baja.

Medidas de seguridad: todas las piezas móviles como poleas, engranajes, cadenas, correas, etc. deberán hallarse debidamente protegidas para evitar cualquier posibilidad de accidentes con el personal (ver foto No15).

Las plantas deberán disponer de escaleras metálicas seguras para el acceso a las plataformas superiores, dispuestas de tal manera para que el fiscalizador pueda tener acceso a todos los sitios de control de las operaciones, para realizar los respectivos muestreos.

Foto No.15. Medida de seguridad planta en estudio



Diferencia entre plantas asfálticas continuas y discontinuas: la diferencia fundamental entre estas dos plantas reside en el método de dosificación; ya que en la planta discontinua se pesa los materiales cada vez que se inicia una amasada, mientras que en la planta continua es preciso mantener una dosificación volumétrica continua de los materiales.

3. PLANTA DE PRODUCCION DE PROPIEDAD DEL INGENIERO RAUL POVEDA

3.1 UBICACIÓN

La planta en estudio está ubicada en la vía que conduce del municipio Pasto al municipio de Funes, vía Panamericana, a aproximadamente 44 km de la cabecera de Pasto, en la vereda San José (ver foto satelital No. 1).

El material pétreo lo procede del rio Téllez y es procesado en la trituradora INCOEQUIPOS TRITURADORA AGRESUR. El asfalto proviene del complejo industrial de Barrancabermeja (80-100) (ver foto satelital No.2)

Foto satelital No.1. Localización general



Foto satelital No.2. Localización general planta trituradora AGRESUR



Foto satelital No.3. Localización general rio Tellez



Foto satelital No. 4. Localización general planta en estudio



3.2 OPERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN

3.2.1 Zona de recepción de materiales pétreos

Foto No.16. Estructura de disposición de triturado



3.2.2 Tolva fría: se sistema es el encargado de la captación de los agregados, a temperatura ambiente, está compuesto principalmente por tres, tolvas. En la parte inferior de las tolvas se encuentra la correa dosificadora, esta es accionada por uno de los rodos guías, el cual recibe potencia a través de correas de un motor aductor que es accionado por un motor eléctrico. En algunos casos la velocidad de la correa transportadora es constante aunque en las plantas de tambor mezclador puede ser de velocidad variable. (ver foto No.17)

Las tolvas son elementos en forma de tronco piramidal invertidos, con capacidades de entre 5m³. En estas es depositado cada uno de los agregados pétreos. En la parte inferior, en el lado de salida y en dirección donde corre la banda dosificadora están provistas de compuertas encargadas de limitar la salida del agregado y por ende hacer la dosificación necesaria.

3.2.3 Compuerta de alimentación en frío: en la mayoría de sistemas de dosificación, este proceso se realiza pesando la cantidad de los agregados, esto se realiza por medio de un dispositivo de control, el elemento primario lo constituye una célula la cual es instalada en la parte inferior de la correa dosificadora. La unidad de medida puede ser Ton / hora.

Foto No.17. Tolvas frías



3.2.4 Elevador de material en frío: la mayoría de plantas están equipadas con el transportador colector, este consiste en una correa transportadora donde son

llevados los agregados ya dosificados en forma conjunta y uniforme. Es de mucha importancia tomar en consideración que la correcta dosificación de los agregados, principalmente para las plantas de tambor mezclador, es uno de los factores más importantes para la calidad de la mezcla. (ver Foto No.18)

Foto No. 18. Elevador de material



Foto No.19. Tamiz retenedor de sobrenachos



3.2.5 Mezclador de tambor: es el elemento de la planta donde después de haberse dosificado los agregados se realiza la mezcla homogénea de estos con el cemento asfáltico. Aunque el fundamento del mezclado sea el mismo, existen diferentes tipos de mezcladores, según sea el tipo de planta. (ver Foto No. 20)

En las plantas de tipo continuo, básicamente el funcionamiento del mezclador es idéntico al mezclador de las plantas intermitentes, con la diferencia de que el mezclador está abierto en uno de sus extremos por donde se efectúa la descarga continua y su longitud es mayor que el de un mezclador de tipo intermitente. Por un extremo entran los agregados y en la primera sección realiza un mezclado en seco, posteriormente se inyecta el cemento asfáltico y se completa el proceso de mezclado para luego realizarse la descarga. La precisión del mezclado varía con la altura o peso del material contenido en el mezclador, el cual puede regularse por medio de la compuerta de salida. La altura de los materiales no debe superar la altura de las paletas. El tiempo de mezclado está en función de la capacidad del mezclador y la producción.

Tiempo de mezclado en seg.= Capacidad del mezclador en kilos
Producción en Kg / s

Foto No.20. Secador tambor mezclador



3.2.6 Colector de polvo: el sistema colector de polvo o de finos tiene como principal función la eliminación de partículas de los gases de escape que son

liberados al medio ambiente, para evitar la contaminación. Las partículas que son producidas durante el proceso de secado provenientes de los agregados; son arrastradas por el flujo de aire producido por el ventilador extractor y luego son atrapadas y precipitadas por el sistema colector de polvo. Para los colectores de polvo o finos como suele llamárseles de vía húmeda el sistema esta constituido por un sistema de riego, tubo venturi, decantador y chimenea, además del ventilador.

Los gases del proceso son extraídos por el ventilador extractor; ayudando también a la combustión dentro del secador, luego son regados con agua atomizada aproximadamente 80Gls. /min., dependiendo el diseño de la planta.

El agua y el flujo de gases abrumado de partículas finas en una forma de flujo ciclónico llegan al tubo venturi y la mezcla densa de agua y polvo se remueven y se transfiere a los estanques de asentamiento. Éstos están diseñados para permitir la remoción de las partículas sólidas del agua. El ventilador-extractor controlado por una válvula de entrada de aire, regula la circulación de gas de proceso y la caída de la presión. Los colectores de polvo logran eficacias de hasta 96%. Las partículas atrapadas en el colector de polvo y precipitadas en los tanques de asentamiento pueden ser reincorporadas a la mezcla.

3.2.7 Depósito de cemento asfáltico caliente: el sistema de almacenamiento del cemento asfáltico consiste en tanques de almacenamiento, provistos de dispositivos para calentar el cemento asfáltico hasta la temperatura de diseño, dependiendo del tipo de cemento asfáltico que se va a trabajar.

Las capacidades de los tanques de cemento asfáltico son variables y dependen de la capacidad de producción de la planta, para plantas pequeñas podemos hablar de tanques de 25,000 a 30,000 Litros, regularmente para la mayoría de plantas los tanques son depósitos cilíndricos metálicos con aislante térmico en la mayoría de los casos fibra de vidrio. En ausencia de tanques, se pueden construir fosas de concreto debidamente impermeabilizadas, para evitar fugas; también equipadas con serpentines para mantener a la temperatura necesaria el cemento asfáltico.

El sistema de calentamiento está compuesto principalmente por una caldera, una bomba centrifuga que hace recircular el aceite térmico, tuberías enchavetadas (encamisadas), y serpentines que están directamente sumergidos en los depósitos de cemento asfáltico así también el sistema debe contar con los dispositivos de control necesarios, en este caso termómetros. La mayoría de calderas están provistas de un control automático que regulan la temperatura una vez programadas. En algunos sistemas también son utilizados el vapor o gases de combustión como fluido caliente. En caso de usar los sistemas de calefacción por

gases calientes de quemadores de combustible líquidos, la cámara de combustión, debe estar fuera del tanque o protegida con material refractario; y es necesario un mejor control de la temperatura. (ver Foto No. 10)

3.2.8 Sistema de dosificador de cemento asfáltico.

Depósito de relleno mineral.

Cuba de pesado de asfalto.

En las plantas continuas la dosificación del cemento asfáltico se realiza por medio de bombas a presión. Los tipos más utilizados son las bombas de volumen constante, pero también se utilizan las de volumen variable. Las bombas de caudal constante, mediante distintos juegos de piñones, se consiguen ajustar la porción de asfalto a suministrar. (ver Foto No 21)

Los fabricantes de plantas tipo continuo dan generalmente los datos sobre la cantidad de asfalto suministrado por la bomba por cada vuelta que esta realiza, hay que tomar en consideración los datos de temperatura y condición de los engranes de la bomba.

Las bombas de engranajes para inyección de asfalto se encuentran de diferentes capacidades; para una planta de 100 Ton/Hora se utiliza una de 1.5 pulgadas y una de 2 pulgadas para una capacidad mayor. Estas bombas poseen una cámara externa, a través de la cual puede circular el aceite térmico para evitar el atascamiento de cemento asfáltico por endurecimiento.

Foto No 21 bomba dosificadora



3.2.9 Mezclador de agregados y cemento asfáltico



3.2.10 Cabina de control: el sistema de control está compuesto principalmente por el Hardware (componentes físicos) y Software. Parte de estos ubicados en una cabina de control, donde se encuentran todos los mandos de la planta y desde donde se pueden monitorear todas las operaciones de arranque, funcionamiento, acciones correctivas y paro de la misma. (ver Foto No. 22)

Foto No. 22. Cabina de control



3.2.11 Otros equipos:

Piscina para control de polvo



Planta Eléctrica



Zona de laboratorio



Chimenea de escape



Elevador De Material En Caliente



4. CONTROL DE CALIDAD Y EVALUACION DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE

La finalidad de establecer parámetros de control en los proyectos viales, es entregar al usuario final un producto de buena calidad. El Instituto Nacional de Vías – INVIAS, con la expedición de normas y especificaciones a establecido una conducta de mejoramiento continuo en las labores constructivas de una carretera, instando a las empresas involucradas a prestar mayor atención en la gestión del control de calidad en todos y cada uno de los procesos de producción y colocación de mezclas asfálticas.

La calidad de una obra es responsabilidad del Contratista y del Interventor. En lo que respecta al Contratista el control de calidad está orientado a realizar las pruebas requeridas para obtener un producto satisfactorio y en lo que respeta a la Interventoria el aseguramiento de la calidad está orientado a realizar las pruebas necesarias para aceptar o rechazar el producto terminado.

El Contratista debe encargarse de comprobar la calidad de los materiales que recibe y/o produce y documentar los resultados de las pruebas de laboratorio para la supervisión, la cual debe verificar mediante pruebas complementarias dentro de un programa de aseguramiento de la calidad. Es así como el Contratista implementa un control integrado de la obra y la Interventoria asegura la calidad. La

elaboración y colocación de una mezcla asfáltica es una producción a nivel industrial y como tal debe recurrirse a tratar de conseguir una calidad óptima, durable y permanente.

El proceso de producción y colocación de mezcla asfáltica en caliente supone un conjunto de actividades, que en teoría, permite crear un producto final de óptimas calidades para lo cual se debe analizar cada proceso involucrado en la producción y puesta en obra de la mezcla; el control integral se debe hacer sobre:

- ✓ Calidad del cemento asfáltico, de los agregados pétreos y del llenante mineral.
- ✓ Composición de la mezcla.
- ✓ Calidad de la mezcla.
- ✓ Calidad del producto terminado.

4.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES

4.1.1 Cemento asfáltico: a la llegada de cada carro tanque con cemento asfáltico a la planta, se deberá exigir una certificación original expedida por el fabricante del producto, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, el tipo de asfalto, así como los resultados de los ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega. El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será seleccionado en función de las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía y estarán en concordancia con las condiciones especificadas en el artículo 400 – 07, artículo 400.2.2 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

Los ensayos que se debe hacer para verificar la calidad del cemento asfáltico empleado, son:

- ✓ Penetración (25 °C, 100 g, 5 s)
- ✓ Índice de penetración
- ✓ Viscosidad absoluta (60 °C)
- ✓ Ductilidad (25 °C, 5 cm/min)
- ✓ Solubilidad en tricloroetileno
- ✓ Contenido de agua
- ✓ Punto de ignición mediante copa abierta de Cleveland
- ✓ Pérdida de masa por calentamiento en película delgada en movimiento (163 °C, 75 minutos)
- ✓ Penetración del residuo luego de la pérdida por calentamiento en % de la penetración original

- ✓ Incremento en el punto de ablandamiento luego de la pérdida por calentamiento en película delgada en movimiento

En el anexo No. 4.1, se indica el reporte de resultados de ensayos de laboratorio del cemento asfáltico empleado, expedido por ECOPEPETROL y que se ajustan a lo estipulado en el artículo 410 numeral 410.5.2 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

4.1.2 Agregados pétreos: de cada procedencia de los agregados pétreos y para cualquier volumen previsto, se tomarán cuatro (4) muestras y a cada fracción de ellas se le deberán realizar los ensayos que sean pertinentes de aquellos que se encuentran indicados en la Tabla 400.1 del artículo 400 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

Entre los ensayos rutinarios que se deben realizar, tenemos:

- ✓ Granulometría
- ✓ Desgaste en la máquina de los ángeles
- ✓ 10% de finos
- ✓ Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfato de sodio o magnesio
- ✓ Índice de plasticidad
- ✓ Equivalente de arena
- ✓ Partículas planas y alargadas
- ✓ Gravedad específica y absorción

4.1.3 Llenante mineral: para cada procedencia del llenante mineral y para cualquier volumen previsto, se tomarán dos (2) muestras y sobre ellas se determinará la densidad aparente según la norma INV E – 225 – 07.

4.2 COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA

A la salida del mezclador y/o sobre cada volqueta que transporte la mezcla asfáltica, se debe controlar su aspecto y la temperatura.

Cuantitativamente se debe realizar ensayos para determinar el contenido de asfalto y la granulometría de los agregados.

4.2.1 Contenido de asfalto: sobre tres (3) muestras de la mezcla elaborada correspondiente a un lote de una jornada de trabajo, se determina el contenido de asfalto residual de acuerdo a la norma INV E – 732 – 07.

El porcentaje de asfalto residual promedio del lote (ART%) tendrá una tolerancia de tres por mil (0.3%), por encima o por debajo, respecto del óptimo definido en la fórmula de trabajo (ARF%) producto del diseño Marshall.

$$ARF\% - 0.3\% \leq ART\% \leq ARF\% + 0.3\%$$

A su vez, el contenido de asfalto residual de cada muestra individual (ARI%), no podrá diferir del valor promedio (ART%) en más de medio por ciento (0.5%), admitiéndose un (1) solo valor fuera de ese intervalo.

$$ART\% - 0.5\% \leq ARI\% \leq ART\% + 0.5\%$$

Un porcentaje de asfalto residual promedio (ART%) fuera de tolerancia, así como un número mayor de muestras individuales por fuera de los límites implica el rechazo del lote salvo que, en el caso de exceso del ligante, se demuestre que no habrá problemas de comportamiento de la mezcla, ni de inseguridad para los usuarios.

4.2.2 Granulometría de los agregados: sobre las muestras utilizadas para hallar el contenido de asfalto, se determinará la composición granulométrica de los agregados según la norma de ensayo INV E – 782. La curva granulométrica de cada ensayo individual deberá ser sensiblemente paralela a los límites de la franja adoptada, ajustándose a la fórmula de trabajo con las tolerancias que se indican en la Tabla No. 4.6, pero sin permitir que la curva se salga de la franja.

Tabla No. 1
Tolerancias granulométricas de los agregados para mezclas densas, semidensas y gruesas en caliente y mezclas de alto módulo

TAMIZ	TOLERANCIA EN PUNTOS DE % SOBRE EL PESO SECO DE LOS AGREGADOS
4.75 mm (No. 4 y mayores)	± 4%
2.00 mm (No. 10) 425 µm (No. 40) 180 µm (No. 80)	± 3%

75 μ m (No. 200)	$\pm 1\%$
----------------------	-----------

Fuente: Artículo 450 – 07 de las especificaciones generales de construcción de carreteras. INVIAS

4.3 CALIDAD DE LA MEZCLA

Una vez elaborada la mezcla en planta, es necesario hacer los siguientes controles para verificar su comportamiento de acuerdo con los resultados obtenidos en el diseño Marshall.

4.3.1 Vacíos con aire de probetas compactadas: con un mínimo de dos (2) muestras de la mezcla elaborada, se compactarán dos (2) probetas por muestra a la temperatura apropiada según el asfalto empleado en la mezcla, para verificar en el laboratorio su estabilidad y flujo en el ensayo Marshall según la norma INV E – 748 – 07.

A dichas probetas se les determinarán previamente los vacíos con aire. El valor promedio de los vacíos con aire de las cuatro (4) probetas deberá encontrarse en el rango establecido en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, sin que ningún valor individual pueda alejarse en más de medio por ciento (0.5%) de los límites del rango.

El incumplimiento de alguna de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras, sin que sea necesario hacer verificaciones de estabilidad y flujo.

Si el requisito de vacíos con aire se cumple, se procederá a determinar la estabilidad y el flujo de las cuatro (4) probetas.

4.3.2 Estabilidad: la estabilidad media de las cuatro (4) probetas (E_m) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) de la estabilidad de la mezcla de la fórmula de trabajo (E_t).

$$E_m \geq 0.9 \times E_t$$

Ningún valor individual (E_i) podrá exceder en más de veinticinco por ciento (25%) el valor de estabilidad de la fórmula de trabajo (E_t), ni encontrarse por debajo del valor mínimo establecido en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

$$E_i \leq 1.25 \times E_t$$

$E_t \geq$ Valor mínimo establecido en la tabla anterior

Además, la estabilidad de cada probeta (E_i) deberá ser igual o superior al ochenta por ciento (80%) del valor medio de estabilidad (E_m), admitiéndose sólo un valor individual por debajo de ese límite.

$$E_i \geq 0.8 \times E_m$$

El incumplimiento de al menos una de estas exigencias implica el rechazo del lote representado por las muestras.

4.3.3 Flujo: el flujo medio de las probetas sometidas al ensayo de estabilidad (F_m) deberá encontrarse entre el ochenta por ciento (80%) y el ciento veinte por ciento (120%) del valor obtenido en la mezcla aprobada como fórmula de trabajo (F_t), pero no se permitirá que su valor se encuentre por fuera de los límites establecidos en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS.

$$0.80 \times F_t \leq F_m \leq 1.20 \times F_t$$

Si el flujo medio se encuentra dentro del rango establecido en la Tabla 450.4 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, pero no satisface la exigencia recién indicada en relación con el valor obtenido al determinar la fórmula de trabajo, el Interventor decidirá, al compararlo con las estabilidades, si el lote debe ser rechazado o aceptado.

4.3.4 Relación estabilidad / flujo: Se calculará esta relación para las cuatro (4) probetas elaboradas para el control de estabilidad y flujo en cada lote.

Los valores obtenidos se deberán encontrar dentro de los límites establecidos en la Tabla 450.5 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS, según el tránsito de diseño de la vía para la cual se está elaborando la mezcla. Si al menos uno de los valores calculados queda por fuera de dichos límites, se rechazará el lote, así los valores individuales de estabilidad y de flujo sean satisfactorios.

4.3.5 Susceptibilidad a la humedad: cada vez que el Interventor lo considere conveniente, de acuerdo con el aspecto y comportamiento de la mezcla colocada, se verificará en el laboratorio la susceptibilidad de la mezcla compactada a la acción del agua, empleando el ensayo de tracción indirecta descrito en la norma de ensayo INV E-725 - 07.

Al efecto, se moldearán seis (6) probetas con la mezcla que se está elaborando, tres (3) de las cuales se curarán en seco y tres (3) bajo condición húmeda, determinándose la resistencia promedio de cada grupo como lo establece la norma. La resistencia del grupo curado en húmedo deberá ser, cuando menos, ochenta por ciento (80%) de la resistencia del grupo curado en seco, para que se considere que la mezcla es resistente a la humedad.

El incumplimiento de este requisito implicará la realización del ensayo sobre núcleos tomados de los diferentes lotes cuya mezcla considere el Interventor que puede presentar este problema (seis núcleos por lote, tres curados en seco y tres bajo condición húmeda). Los lotes de material que no cumplan con el requisito serán rechazados.

Además, los trabajos se deberán suspender hasta que se estudien e implementen las medidas que garanticen el cumplimiento de este requisito, las cuales pueden comprender desde la incorporación de un aditivo hasta la definición de una nueva fórmula de trabajo y un nuevo diseño de la mezcla.

4.3.6 Contenido de agua: siempre que la apariencia de la mezcla indique la posible presencia de agua en ella, se determinará el contenido de agua en la mezcla asfáltica, según la norma de ensayo INV E-755.

El contenido de agua en cualquier mezcla asfáltica en caliente no podrá ser mayor que medio por ciento (0.5%). Los volúmenes de mezcla que no cumplan con este requisito serán rechazados.

4.3.7 Módulo resiliente: sobre las mezclas asfálticas de alto módulo, se deberá determinar el módulo resiliente, según la norma de ensayo INV E-749. La prueba deberá ser realizada por duplicado, sobre probetas tipo Marshall, compactadas con 75 golpes por cara, a la temperatura y frecuencia indicadas en el numeral 450.4.2.3 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS. El valor promedio obtenido deberá ser, como mínimo, de diez mil mega pascales (10.000 MPa).

Este control se realizará a razón de un juego de ensayos por:

- ✓ Cada quinientos metros cúbicos (500 m³) de mezcla compactada.
- ✓ El volumen total compactado, si la obra contempla la construcción de un volumen total inferior a dicha cantidad.

En el caso de estas verificaciones, el Interventor deberá conservar suficientes probetas adicionales para ulteriores ensayos de contraste, los cuales se realizarán en caso de que los resultados de las pruebas iniciales indiquen que no se cumple el valor mínimo de diez mil mega pascales (10.000 MPa), bajo las condiciones de ensayo recién descritas.

Los ensayos de contraste se realizarán sobre un número de probetas no inferior al doble de las utilizadas para la primera verificación y el valor promedio del módulo resiliente de ellas deberá ser mayor de diez mil mega pascales (10.000 MPa). Si este valor mínimo no se cumple, el volumen de mezcla objeto del control será rechazado y el constructor deberá fresarlo y retirarlo, a su costa, y reemplazarlo por otro de calidad satisfactoria. El material fresado será propiedad del constructor.

Si las especificaciones particulares establecen requisitos sobre módulos resilientes para otras mezclas del proyecto, se deberá seguir un proceso de verificación similar al mencionado para las mezclas de alto módulo.

4.4 CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

Se considerará como “lote” que se aceptará o rechazará en bloque, la menor área construida que resulte de los siguientes criterios, para una sola capa de mezcla asfáltica en caliente:

- ✓ Quinientos metros lineales (500 m) de mezcla en caliente colocada en todo el ancho de la calzada.
- ✓ Tres mil quinientos metros cuadrados (3500 m²) de mezcla en caliente colocada.
- ✓ La obra ejecutada en una jornada de trabajo.

Específicamente para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la definición de “lote” será como se indica en el inciso e. del numeral 440.5.2.6 del Artículo 440 de estas especificaciones.

La capa terminada de mezcla asfáltica en caliente deberá presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y pendientes establecidas. La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa que se esté construyendo, excluyendo sus chaflanes, no podrá ser menor que la señalada en los planos o la determinada por el Interventor.

La cota de cualquier punto de la mezcla asfáltica compactada en capas de base, no deberá variar en más de quince milímetros (15 mm) de la proyectada y la variación no podrá exceder de diez milímetros (10 mm) cuando se trate de capas intermedia y de rodadura.

Además, se deberá efectuar las siguientes verificaciones:

4.4.1 Compactación: la determinación de la densidad de la capa compactada se realizará, como mínimo, en cinco (5) sitios por lote. Tales sitios, para la toma de muestras o las mediciones in situ, se elegirán al azar según la norma de ensayo INV E – 730 – 07, pero de manera que se realice al menos una prueba por hectómetro.

La densidad de la capa compactada se deberá referir a la densidad máxima teórica (D_{mm}), determinada sobre una muestra representativa de la mezcla del lote y medida según la norma de ensayo INV E – 735 – 07, “Gravedad específica y densidad máxima teórica de mezclas asfálticas para pavimentos”

4.4.2 Espesor: Sobre la base del lote escogido para el control de la compactación y en los mismos puntos de verificación, se determinará el espesor promedio de la capa compactada (e_m), el cual no podrá ser inferior al espesor de diseño (e_d).

$$e_m \geq e_d$$

Además, el valor obtenido en cada determinación individual (e_i) deberá ser, como mínimo, igual al noventa por ciento (90%) del espesor de diseño, admitiéndose un (1) solo valor por debajo de dicho límite, siempre que este último valor sea igual o mayor al ochenta y cinco por ciento (85%) del espesor de diseño.

$$e_i \geq 0.90 \times e_d$$

4.4.3 Segregación térmica: el constructor deberá entregar al Interventor un registro fotográfico, tomado con cámara infrarroja, de las temperaturas de extensión y compactación de toda la mezcla colocada, debidamente referenciado.

Estas fotografías, que serán incluidas en el Informe final de Interventoría, servirán al Instituto Nacional de Vías como antecedente técnico si se presentan deterioros del pavimento durante el periodo de garantía, como consecuencia de la segregación térmica durante la construcción de las capas asfálticas.

4.4.4 Otras verificaciones: la superficie terminada debe cumplir todos los requisitos establecidos en los literales c., d., e., f., g., y h. del artículo 440, numeral

440.5.2.6 de las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS. Incluye:

- ✓ Lisura
- ✓ Resistencia al deslizamiento
- ✓ Regularidad superficial
- ✓ Construcción de capas de re-nivelación
- ✓ Correcciones por variaciones en el diseño
- ✓ Medidas de deflexión

Todas las áreas de mezcla asfáltica en caliente colocada y compactada, donde los defectos de calidad y terminación excedan las tolerancias de esta especificación, así como aquéllas en que se presente retención de agua en la superficie, deberán ser corregidas por el Constructor, a su costa, de acuerdo con las instrucciones del Interventor y a plena satisfacción de éste.

5. ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA PRODUCIDA POR “PLANTA DE ASFALTO PROPIETARIO INGENIERO RAUL POVEDA”

5.1 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS Y DE ENSAYO DE EXTRACCIÓN

5.1.1 Toma de muestras de mezclas asfálticas para pavimentos según la norma INV E – 731 – 07 En la Planta de Producción.

Objeto: la norma da procedimientos para la toma de muestras de mezclas de materiales asfálticos con agregados minerales tal como son preparados para el uso en pavimentación. Las muestras pueden usarse para los dos propósitos siguientes:

- ✓ Como muestra representativa de las características o condiciones promedio de la mezcla asfáltica producida.
- ✓ Para determinar las variaciones periódicas de las características de las mezclas con el fin de controlar su uniformidad.

Selección de muestras: la toma de muestras es tan importante como el ensayo, y el encargado debe tomar las precauciones necesarias para obtener unas muestras que sean realmente representativas de la mezcla asfáltica.

Se debe tener cuidado al hacer el muestreo para evitar la segregación del agregado grueso o de mezclas asfálticas; también, debe evitarse la contaminación por polvo u otras materias extrañas.

Las muestras de mezclas asfálticas sobre las cuales se va a basar la aceptación o rechazo del lote, deben ser de acuerdo con los procedimientos descritos en esta norma..

Tamaño de las muestras: está determinado por el tamaño máximo del agregado dentro de la mezcla. El tamaño mínimo de la muestra debe estar de acuerdo con los requisitos de la Tabla No.2.

TABLA No.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA

TABLA No.1

0 TAMAÑO DE LA MUESTRA

<u>Tamaño nominal máximo de los agregados que pasan por el tamiz</u>	<u>Peso mínimo de la muestra no compactada kg (lb)</u>	<u>Area mínima de la muestra de pavimento compactada</u> <u>2 cm² (pulg²)</u>
<u>4 2.36 mm (No.8)</u>	<u>12 1.8 (4)</u>	<u>20 232 (36)</u>
<u>5 4.75 mm (No.4)</u>	<u>13 1.8 (4)</u>	<u>21 232 (36)</u>
<u>6 9.5 mm (3/8")</u>	<u>14 3.6 (8)</u>	<u>22 232 (36)</u>
<u>7 12.5 mm (1/2")</u>	<u>15 5.4 (12)</u>	<u>23 413 (64)</u>
<u>8 19.0 mm (3/4")</u>	<u>16 7.3 (16)</u>	<u>24 645 (100)</u>
<u>9 25.0 mm (1")</u>	<u>17 9.1 (20)</u>	<u>25 929 (114)</u>
<u>10 37.5 mm (1½")</u>	<u>18 11.3 (25)</u>	<u>26 929 (114)</u>
<u>11 50.0 mm (2")</u>	<u>19 15.9 (35)</u>	<u>27 1453 (225)</u>

Toma de muestras en planta de mezclas asfálticas.

Muestras tomadas en vehículos transportadores: las muestras tomadas de vehículos transportadores se sacarán de no menos de seis (6) puntos diferentes, aproximadamente a 305 mm (12") por debajo de la superficie, distribuidos sobre el vehículo de tal modo que queden en los puntos medios de las secciones que representan cada una la sexta parte del área superficial del vehículo y que se logran suponiendo una línea media a lo largo y dos líneas transversales que dividen la superficie en tres partes iguales. En caso de que se requiera un número mayor de muestras para formar la acumulativa, se tomarán en puntos espaciados de acuerdo con un patrón geométrico satisfactorio. Estas porciones se mezclarán y reducirán por cuarteo al tamaño requerido de la muestra.

Nota: Se puede fabricar un toma muestras que sea satisfactorio para mezclas asfálticas tomando una pala de punta redondeada y doblándola para formar un tubo de aproximadamente 90 mm (3½") de diámetro.

Identificación de las muestras: cada muestra vendrá acompañada de una descripción con la siguiente información.

Trabajo en el cual se va a usar el material, indicando nombre de la vía y otras identificaciones geográficas exigidas.

Para muestras tomadas en planta, debe indicarse: nombre de la empresa, tipo, capacidad y ubicación de la planta; tipo de ligante asfáltico y agregados usados en la mezcla.

Para muestras tomadas en la vía debe indicarse el número de la estación y la localización transversal del pavimento; también, si la muestra es del pavimento terminado o de los cordones, etc.

- a) Cantidad representada
- b) Nombre y cargo de quien toma la muestra y quien la envía.
- c) Fecha del muestreo
- d) Ensayo requeridos
- e) Nombre y cargo de la persona a quien se le enviará el resultado
- f) Cuando se trate de mezcla en frío, indicar fecha del mezclado.

Correspondencia con otras normas:

MOP E 302 (Venezuela)
AASHTO - T-168

5.1.2 Metodología empleada: en la planta ubicada en el Municipio de Funes en la vereda San José, se tomaron muestras en los días señalados en la Tabla No 3, de las volquetas que se encuentran cargando de cada cochada se toman 4 muestras. en total se toman 16 muestras que corresponda a 4 cochadas.

TABLA No.3 MUESTRAS

ENSAYO No	FECHAS	MUESTRAS
1	7-junio de 2011	1
2		
3		
4		
5	20-junio de 2011	2
6		
7		
8		
9	4-julio de 2011	3
10		
11		
12		
13	18-julio de 2011	4
14		
15		
16		

La metodología para la toma de las muestras se realizaron de acuerdo a lo señalado en el numeral 3.4.1 Fuentes. y tomando en cuenta lo estipulado en la norma **TOMA DE MUESTRAS DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS I.N.V. E – 731** “ Las muestras tomadas de vehículos transportadores se sacarán de no menos de seis (6) puntos diferentes, aproximadamente a 305 mm (12”) por debajo de la superficie, distribuidos sobre el vehículo de tal modo que queden en los puntos medios de las secciones que representan cada una la sexta parte del área superficial del vehículo y que se logran suponiendo una línea media a lo largo y dos líneas transversales que dividen la superficie en tres partes iguales. En caso de que se requiera un número mayor de muestras para formar la acumulativa, se tomarán en puntos espaciados de acuerdo con un patrón geométrico satisfactorio. Estas porciones se mezclarán y reducirán por cuarteo al tamaño requerido de la muestra”.

EL transporte del la muestra se realizo desde la planta hasta el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil el mismo día de la toma de muestra,

cabe anotar que cada día de la toma de la muestra se anota el clima prevaleciente este se anotado en la Tabla No.4.

TABLA No.4 CLIMA

ENSAYO No.	CLIMA
1	lluvioso mañana
2	lluvioso mañana
3	seco tarde
4	seco tarde
5	seco tarde
6	Soleado
7	Soleado
8	Soleado
9	Soleado
10	Soleado
11	Soleado
12	Soleado
13	Soleado
14	Soleado
15	Soleado
16	Soleado

5.1.3 Ensayo de extracción de asfalto: una vez la muestra es entregada la muestra el geólogo de la facultad e ingeniería civil , este procede a realizar el cuarteo de la muestra y procede a la realización del ensayo de extracción cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos flexibles.

5.2 DIFICULTADES

En nuestro trabajo encontramos dificultades que se deben tener en cuenta, por las personas que lean este documento en el momento que quieran realizar este ensayo.

Muestreo incorrecto: es importante tomar las muestras en un punto que se encuentre a aproximadamente un tercio de la longitud de la caja del camión. Las muestras tomadas del centro de la caja del camión tienen mayor cantidad de materiales finos, por lo cual exhiben un mayor contenido de asfalto. Las muestras tomadas de los bordes de la caja del camión tienen materiales más gruesos y un menor contenido de asfalto. Es sumamente importante tomar las muestras consistentemente de un mismo lugar. El técnico debe utilizar una pala, a aproximadamente un tercio de la longitud de la caja del camión para excavar un agujero de aproximadamente 30 cm de profundidad para luego tomar la muestra.

No se debe tomar muestras de puntos intermedios en el proceso de una planta. En lugar de ello, tome las muestras del camión después que el mismo haya sido cargado por la tolva de compensación o la tolva de almacenamiento y se haya completado todo el proceso. El tomar muestras de la mezcla de asfalto caliente descargada por el mezclador de tambor puede producir mezclas no representativas, puesto que la mezcla se encuentra en un punto intermedio del proceso.

Cuarateado incorrecto: para reducir el volumen de la muestra a un tamaño adecuado para el procedimiento de extracción, usualmente es necesario cuartear la muestra. Si durante el proceso de cuarteado de mezclas con agregados gruesos la porción queda con una cantidad excesiva de materiales de tamaño grande, la misma tendrá un bajo contenido de asfalto. Una cantidad excesiva de materiales finos producirá un alto contenido de asfalto. La muestra entonces se divide en cuartas partes y se añade una cantidad proporcional del agregado grueso con los materiales finos para asegurar que el cuarteado produzca una muestra adecuada.

Segregación: la mezcla de asfalto y agregado, aunque esté debidamente mezclada, puede ser propensa a la segregación al descargarla directamente en un camión o al transportarla a través de una tolva de compensación hacia un camión. En tal caso, si se toma una muestra de materiales finos, se puede obtener un contenido de asfalto consistentemente alto. Si se toma una muestra de materiales gruesos, el contenido de asfalto puede resultar bajo.

Típicamente, cuando se produce segregación, el contenido de asfalto varía porque las muestras tomadas no son consistentes entre sí. Sin embargo, si la mezcla tiene una discontinuidad pronunciada en su granulometría y los camiones se cargan usando un mismo procedimiento, los agregados gruesos rodarán hacia los bordes exteriores de la caja y los materiales finos permanecerán en la parte central de la misma. Si el técnico toma las muestras cerca del centro, las mismas consistentemente tendrán un exceso de materiales finos.

6. ENSAYO DE EXTRACCIÓN DE ASFALTO

6.1 RESUMEN DEL MÉTODO PARA LA EXTRACCIÓN DE ASFALTO EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DEL ASFALTO EN MEZCLAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS APLICANDO EL MÉTODO A SEGÚN LA NORMA INV. E – 732 – 07.

El ligante de la mezcla se extrae con tricloroetileno, bromuro de n-propilo o cloruro de metileno, empleando el equipo de extracción aplicable al método particular. El contenido de asfalto se calcula por diferencias a partir de las masas del agregado extraído, del contenido de humedad, y del material mineral en el extracto. El contenido de asfalto se expresa como porcentaje en masa de las mezclas libres de humedad.

6.1.1 Objeto: esta norma describe métodos para la determinación cuantitativa del asfalto en mezclas asfálticas en caliente y en muestras de pavimentos. Los agregados obtenidos mediante estos métodos se pueden emplear para análisis granulométrico y otro tipo de ensayos.

Los valores establecidos en unidades SI deben ser considerados como la norma.

Este método no pretende dar directrices sobre aspectos de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad de quien lo emplee, establecer las medidas de seguridad y salubridad apropiadas y determinar la aplicación de las limitaciones regulatorias antes de su empleo.

Nota 1. Los resultados obtenidos con estos métodos se pueden afectar por la edad de los materiales ensayados; es así como las muestras más viejas tienden a producir contenidos ligeramente menores de asfalto. Se obtienen mejores resultados cuantitativos cuando el ensayo se efectúa sobre mezclas y pavimentos inmediatamente después de su preparación.

6.1.2 Uso y significado: se pueden emplear todos los métodos, para hacer determinaciones cuantitativas de asfalto en mezclas en caliente para pavimentos y en muestras de pavimento, para su aceptación, para su evaluación en servicio, para control de calidad y para investigaciones. Cada método prescribe el solvente o los solventes y cualquier otro reactivo que se pueda utilizar.

6.1.3 Equipo.

Para el Método A se requieren los siguientes:

- Horno de temperatura a $110^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, ($230^{\circ}\pm 9^{\circ}\text{F}$). (ver foto No.23)

Foto No 23. Horno



- Balanza de capacidad suficiente y con aproximación mínima de 0.1% de la masa de la muestra. (ver foto No 24)

Foto No. 24. Balanza electrónica



- Placa de calentamiento – Eléctrica, con velocidad de calentamiento ajustable. (ver foto No 25)

Foto No.25. Placa de calentamiento



- Cilindros graduados – De 1000 o de 2000 ml de capacidad. Opcionalmente, un cilindro de 100 ml de capacidad.
- Cápsula de porcelana – De 125 ml de capacidad. (ver foto No 26)

Foto No.26. Cápsulas



- Aparato de extracción consistente en una taza y un aparato en el cual se pueda rotar la taza a una velocidad variable y controlada hasta de 3600 rpm.

El aparato debe estar provisto de un recipiente para recoger el solvente que escapa de la taza y un desagüe para remover dicho solvente. Es deseable que el aparato disponga de accesorios protectores contra explosiones y estar

instala do bajo una campana o con un sistema de desfogue superficial efectivo para asegurar la ventilación. (ver foto No 27)

Foto No.27. Centrifugadora



- Anillos filtrantes de fieltro o de papel, para colocar sobre el borde de la taza. Se pueden emplear anillos filtrantes de papel de poca ceniza en lugar de anillos filtrantes de fieltro. Dichos anillos de papel de poca ceniza deberán conformarse a partir de una pila de papel de poca ceniza, de 1.27 ± 0.03 mm (0.05 ± 0.005 ") de espesor. La masa nominal del papel deberá ser de 150 ± 14 Kg (330 ± 30 lb) para una resma (500 hojas de 635x965 mm (25" x 35")). El contenido de ceniza del papel no deberá exceder de 0.2% (aprox. 0.034 g/anillo).(ver foto No. 28)

Foto No.28 Filtros



6.1.4. Reactivos

- Solución saturada de carbonato de amonio $[(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3]$, químicamente puro.
- Cloruro de Metileno, químicamente puro.
- Bromuro de n-propilo, conforme con la norma ASTM D6368.
- Tricloroetileno, de grado reactivo o conforme con la norma ASTM D4080.
- Terpeno debe ser no halogenado, no tóxico y debe disolver rápidamente el contenido de asfalto de HMA y colocarlo en solución. Este extractante, debe ser fácilmente enjuagado del agregado remanente sin que se forme un gel y el enjuague debe pasar fácilmente a través de la tierra diatomácea y el filtro.

Nota 2. Se puede requerir tricloroetileno grado reactivo cuando se recobre el asfalto a partir de la solución.

Nota 3. Cuando se use terpeno, solamente se pueden usar hornos ventilados.

6.1.5 Preparación de la muestra.

- Se obtienen las muestras de acuerdo con la norma INV E – 731.
- Preparación de especímenes de ensayo.
- Si la mezcla no es suficientemente blanda para separarla con una espátula o palustre, se la coloca en una bandeja grande y plana y se calienta en el horno a $110^\circ \pm 5^\circ \text{C}$ ($230^\circ \pm 9^\circ \text{F}$) hasta que se pueda manejar o disgregar. El material se parte o cuartea hasta que se obtenga la masa de material requerida para el ensayo (W1).
- La cantidad de la muestra para el ensayo se determinará según el tamaño máximo nominal del agregado en la mezcla, de acuerdo a:

Tamaño nominal máximo del agregado		Masa mínima de la Muestra
mm	pul	kg
4.75	No.4	0.5
9.5	3/8"	1.5
12.5	1/2"	1
19	3/4"	2
25	1"	3
37.5	1-½"	4

- A menos que la muestra se encuentre libre de agua, se necesita una muestra adicional para la determinación de la humedad, en las mezclas. Esta muestra se toma de la mezcla remanente inmediatamente después de obtener el espécimen para el ensayo de extracción.

Nota 4.- Si la finalidad del ensayo de extracción no es determinar el contenido de asfalto, sino recuperarlo de la mezcla para otros ensayos, no es necesario determinar la humedad de la mezcla asfáltica.

El método estadístico utilizado para la toma de muestras en planta será aleatorio y se establecerá un número de muestras a través de un muestreo piloto, que nos definirá el tamaño final de las muestras de tal forma, que sean representativas y se trabaje con un nivel de confianza igual al noventa y cinco por ciento de una distribución normal o de Gauss, lo cual nos garantiza que los parámetros obtenidos y las conclusiones finales, proporcionen a los diseñadores y constructores información para la optimización de los proyectos viales de pavimentación en concreto asfáltico, logrando de alguna manera evitar errores en los diseños y construcción beneficiando a las comunidades en donde se adelanten este tipo de proyectos.

6.1.6 Procedimiento: se determina la humedad del material. Se coloca la porción de ensayo en la taza y se cubre con tricloroetileno, cloruro de metileno, bromuro n-propilo o terpeno y se deja el tiempo suficiente para que el disolvente desintegre la porción de ensayo (no más de 1 hora). Se coloca la taza que contiene la porción de ensayo y el solvente en el aparato de extracción. Se seca a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{F}$) y se determina la masa del anillo filtrante y se a justa alrededor del borde de la taza. Se aprieta la tapa firmemente sobre la taza y se coloca un recipiente apropiado bajo el desagüe , para recoger el extracto.

Se inicia la centrifugación girando lentamente y aumentando gradualmente la velocidad hasta un máximo de 3600 rpm, hasta que deje de fluir el solvente por el desagüe. Se detiene la máquina y se agregan 200 ml (o más, según sea apropiado para la masa de la muestra) del solvente empleado, y se repite el procedimiento.

Se deben emplear suficientes adiciones de solvente (no menos de tres), hasta que el extracto no sea más oscuro que un color ligero de paja. Se recogen el extracto y las lavaduras en un recipiente apropiado, para determinar la materia mineral.

Se transfieren cuidadosamente el anillo filtrante y todo el agregado de la taza de la centrífuga a un recipiente metálico tarado. Se seca al aire bajo una campana hasta que se disipen los vapores y luego en un horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, hasta masa constante. La masa del agregado extraído (W3) es igual a la masa del contenido en el recipiente menos el peso seco inicial del anillo filtrante. Se desprende la materia mineral adherida a la superficie del anillo filtrante y se añade al agregado extraído para los ensayos posteriores.

El siguiente procedimiento alterno se debe aplicar cuando se usen anillos filtrantes que produzcan poca ceniza. Se coloca el agregado y los anillos de filtro en una cazuela metálica limpia y se secan como se especifica arriba. Se dobla cuidadosamente el anillo filtrante seco y se deja sobre el agregado. Se quema el anillo de filtro mediante ignición con un fósforo o un mechero bunsen. Se determina la masa del agregado extraído en la cazuela (W 3).

Nota 5. El filtro y el agregado se pueden dejar dentro de la taza, secándolos hasta masa constante en el horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y determinando posteriormente su masa.

Nota 6. El anillo filtrante se puede secar separadamente hasta masa constante en el horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, siempre y cuando se tenga cuidado de no perder nada del material adherido al filtro. Si se usa este procedimiento, el agregado deberá ser secado entonces hasta masa constante, ya sea en el horno o sobre una planta caliente a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Nota 7. Como el agregado seco absorbe humedad cuando se expone al aire húmedo, la masa del agregado extraído se determina inmediatamente después que ha enfriado a una temperatura apropiada.

Se determina la cantidad de material mineral en el extracto por medio del método siguiente:

6.1.7 Método de centrifugación: para este método se emplea cualquier centrifugadora adecuada de alta velocidad (de 3000 rpm o mayor) del tipo de flujo continuo.

A. Se determina la masa de una taza de centrifuga limpia y vacía con aproximación a 0.01 g y se coloca en la centrifugadora. Se coloca un recipiente en

el desagüe para recoger el efluente de la operación de la centrifugadora. Se transfiere todo el extracto (del Método A, B, D ó E, el que sea apropiado) a un recipiente debidamente equipado con un control de alimentación (válvula o abrazadera, etc.). Para garantizar la transferencia cuantitativa del extracto al recipiente alimentador, el recipiente que contiene el extracto se deberá lavar varias veces con pequeñas cantidades de un solvente limpio y agregar las lavaduras al recipiente alimentador. Se da inicio a la centrifugadora y se deja que alcance una velocidad constante (por ejemplo 9.000 revoluciones por minuto para las del tipo SMM y más de 20.000 revoluciones por minuto para las del tipo Sharples). Se abre la línea de alimentación y se alimenta el extracto dentro de la centrifugadora a una rata de 100 a 150 ml/min. Después de que haya pasado todo el extracto a través de la centrifugadora, se lava el mecanismo de alimentación (con la centrifugadora todavía funcionando) con varias adiciones de solvente limpio, permitiendo que cada incremento corra a través de la centrifugadora hasta que el efluente sea esencialmente incoloro.

B. Se deja que la centrifugadora se detenga, se remueve la taza y se limpia su parte exterior con solvente nuevo. Se deja evaporar el solvente residual en un embudo o en una caperuza para vapor y luego se seca el recipiente en un horno controlado a $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ}\text{F}$). Se deja enfriar el recipiente y se vuelve a determinar inmediatamente la masa. El incremento en masa representa la masa de materia mineral (W4) en el extracto.

6.1.8 Cálculo del contenido de asfalto: se calcula el porcentaje de asfalto en la porción de ensayo, en la siguiente forma:

$$\text{Contenido de asfalto, \%} = \frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{W_1 - W_2} \times 100$$

Contenido de asfalto donde:

W1 = masa de la porción de ensayo,

W2 = masa del agua en la porción de ensayo,

W3 = masa del agregado mineral extraído, y

W4 = masa de la materia mineral en el extracto.

Nota 8. Cuando no se usen anillos filtrantes sin ceniza, se debe agregar el aumento en masa del anillo del filtro a W4.

Nota 9. Cuando se desee expresar el contenido de asfalto como un porcentaje de la masa del agregado libre de humedad, sustitúyase $W_1 - W_2$ por $W_3 + W_4$ en el divisor de la ecuación anterior.

6.1.9 Resultados: para dar un análisis de los datos obtenidos nos permitamos dar un resumen de de la forma de obtención de la muestra desde la planta hasta el momento del ensayo en sí.

Para presentar los resultados de los ensayos se determinara la cantidad de asfalto de la mezcla asfáltica y la respectiva granulometría de esta, se realizó una descripción cuantitativa de los datos y una relación de las observaciones y sugerencias formuladas por los todas las personas actuantes en este trabajo, los cuales serán expuestos a propietario de la planta los cuales esperamos se tengan en cuenta en la formulación del plan de mejoramiento..

La realización de los ensayos se hicieron durante un mes, por medio de la utilización de la mezcla suministrada por la planta en mención pero la toma de esta se realizo por las autores de la tesis, los ensayos se realizaron en las instalaciones de los laboratorios de la Universidad de Narino incluido el personal de este laboratorio (geotecnista y un auxiliar de este).

Se toman 16 muestras. Los resultados de los ensayos de extracción por centrifugado se consignan en la Tabla No.5 indica que el contenido de bitumen de la mezcla asfáltica era en promedio igual a 5.13%, con un máximo de 5.35% y un mínimo de 4.92%.

Tabla No.5
CONTENIDO DE BITUMEN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

ENSAYO O No	% DE ASFALTO	FECHAS	COCHADA
1	5.22%	7-junio de 2011	1
2	4.96%		
3	4.92%		
4	5.01%		
5	5.24%	20-junio de 2011	2
6	5.12%		
7	5.08%		
8	5.35%		
9	5.15%	4-julio de 2011	3
10	5.19%		
11	5.28%		
12	4.97%		

13	5.29%	18-julio de 2011	ensyo4
14	5.01%		
15	5.28%		
16	4.97%		

	% DE ASFAL TO
PROME DIO	5.13%
MAXIMO	5.35%
MINIMO	4.92%

7. GRANULOMETRÍA DE LOS AGREGADOS

7.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS SEGÚN LA NORMA INV E – 782 – 07.

7.1.1 . Objeto.

- a) Esta norma describe el procedimiento que se debe seguir para determinar la granulometría de los agregados gruesos y finos recuperados de las mezclas asfálticas, empleando tamices con malla de abertura cuadrada.
- b) valores se deben expresar en unidades SI.

7.1.2 Uso y significado: esta norma se utiliza para determinar la gradación de los agregados extraídos de una mezcla asfáltica. Los resultados del ensayo sirven para determinar la conformidad de la granulometría con la especificación requerida y para proporcionar los datos necesarios en el control de la producción de los diferentes agregado usados en la fabricación de mezclas asfálticas.

7.1.3. Equipo.

- *Balanza* – La balanza debe tener una capacidad suficiente, debe leer con una exactitud de 0.1% de la masa de la muestra.

- *Tamices* – Los tamices empleados serán de mallas con aberturas cuadradas e irán montados sobre bastidores adecuados para evitar pérdidas de material durante el tamizado. Se debe disponer de la serie de tamices para obtener la información deseada de acuerdo con la especificación.
- *Horno* – Horno de temperatura regulable capaz de mantener la temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

7.1.4. Muestra: la muestra empleada será la totalidad del agregado de la mezcla asfáltica obtenida según las normas INV E – 729 e INV E – 732.

7.1.5. Procedimiento:

- Cuando se utiliza para la prueba de extracción la norma INV E – 732, los agregados se secan en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$) hasta conseguir una variación de masa inferior al 0.1%; se debe pesar con una precisión de 0.1. La masa total del agregado es la suma de la masa de los del material fino contenida en el solvente de extracción, esta última será la masa de la ceniza.
- La muestra del agregado secada y pesada, se coloca en un recipiente apropiado y se cubren completamente con agua. Se le debe añadir una cantidad suficiente de un agente humectante para facilitar el mojado de los agregados y asegurar una buena separación de las partículas finas, menores de $75 \mu\text{m}$ (No.200) de las partículas más gruesas. El material contenido en el recipiente se debe agitar vigorosamente para lograr una separación de la fracción fina y conseguir que la suspensión se mantenga mientras se realiza el proceso de vertimiento sobre los dos tamices, el de 2.0 mm o el de 1.18 mm (No.10 ó No.16) como protección y el de $75 \mu\text{m}$ (No.200). Durante esta operación, se procurará evitaren lo posible, la transferencia de material grueso en los tamices. Se ha encontrado que el empleo de una cuchara rígida de gran tamaño es muy útil para la agitación de la muestra de agregado en el agua de lavado.

Nota 1.- Los agentes humectantes pueden incluir cualquier agente dispersante como calgon, detergente o un jabón que promueva la separación de material fino de las partículas gruesas.

- Se deberá repetir la operación de agitado enérgico y vertido del líquido sobre el conjunto formado por un tamiz superior de 2.0 mm o el 1.18 mm (No.10 o No.16) y el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200), las veces necesarias hasta que el

líquido de lavado salga limpio y se garantice la separación total de las partículas finas.

- Todo el material retenido sobre el conjunto formado por los dos tamices se pasa de nuevo al recipiente de los agregados, el cual se secará en el horno a $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{ C}$ ($230^{\circ} \pm 9^{\circ} \text{ F}$) y se pesará finalmente con una aproximación de 0.1%.

- El agregado retenido seco y debidamente pesado se debe tamizar por los tamices requeridos por la especificación incluyendo el tamiz de $75 \mu\text{m}$ (No.200). Se insertan los tamices en orden descendente de tamaño y se coloca la muestra en el tamiz de mayor tamaño. Se tamiza manualmente o con el equipo mecánico un tiempo suficiente, establecido para la prueba o verificado por la medida de la muestra real, de acuerdo con el criterio de suficiencia del tamizado.

- Se debe limitar la cantidad de material en un tamiz dado para que todas las partículas tengan oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante el proceso de tamizado. Para los tamices con las aberturas más pequeñas que 4.75 mm (No. 4), la masa retenida en cualquier tamiz durante la realización del tamizado no debe exceder 6 kg/m^2 . Para los tamices con las aberturas de 4.75 mm (No.4) y mayores, la masa en kg no debe exceder el producto de $2.5 \times$ la abertura del tamiz en mm \times el área de la superficie del tamiz en m^2 . En ningún caso la masa debe ser tan grande que produzca deformación permanente en la tela del tamiz.

Nota 2. La carga de 6 kg/m^2 se alcanza con una cantidad de 194 g para tamices usuales de 203-mm de diámetro. La cantidad de material retenida en un tamiz se puede regular por (1) la introducción de un tamiz con las aberturas más grandes inmediatamente sobre el tamiz dado o (2) probando con varios incrementos de muestra.

Se continúa el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado, no pase más del 0.5% de la masa de la muestra total por ningún tamiz, durante un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: Se toma individualmente cada tamiz, con su tapa y un fondo que ajuste sin holgura, con la mano en una posición ligeramente inclinada. Se golpea secamente el lado del tamiz, con un movimiento hacia arriba contra la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, girando el tamiz aproximadamente $1/6$ de vuelta en cada intervalo de 25 golpes. En la determinación de la eficiencia del tamiza para tamaños de abertura mayores que los del tamiz de 4.75 mm (No.4), se debe limitar el

material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño de los tamices hace impracticable el movimiento de tamizado descrito, se deberán usar tamices de 203.2 mm (8") de diámetro para comprobar la eficiencia del tamizado.

- Se determina y registra la masa del material que pasa cada tamiz y es retenida en el más próximo y del material que pasa el tamiz de 75 μm (No.200). Se debe verificar que la suma de las masas acabadas de determinar corresponda a la masa seca total después del lavado $\pm 0.2\%$. Para determinar la cantidad total de material menor de 75 μm (No.200), se sumarán la masa de material tamizado en seco que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200), la masa perdida en el lavado, el aumento de masa en el papel filtro y la masa de la ceniza obtenida después de la calcinación. Las dos últimas se sumaran cuando en el ensayo de extracción se efectuó de acuerdo a la norma INV E – 732. Si se desea comprobar el material eliminado por lavado, se pueden evaporar a sequedad los líquidos de lavado o filtrar a través del papel de filtro con la masa previamente determinada ; después del filtrado, se debe secar y determinar la masa de este material. Las cantidades de las distintas fracciones retenidas en cada tamiz, así como la cantidad del material menor de 75 μm (No.200), se convierten en los respectivos porcentajes dividiéndoles por la masa total de agregados en la mezcla asfáltica y multiplicanda por 100.

7.2 METODOLOGÍA EMPLEADA

Una vez extraído el asfalto de la maquina centrifugadora, se procede al secado del material y posterior lavado de este material teniendo en cuenta que en el lavado se coloca una malla retenedora de material.

7.3 RESULTADOS

De los ensayos granulométricos de los agregados remanentes TABLA No 6, caracterizaron una mezcla con una fracción de grava promedio igual 90.5 %, partículas angulares y tamaño máximo igual a 1/2". La fracción arenosa promedio resultó igual a 59.1 %, siendo la fracción de finos pasantes la malla N°200 igual a 7.8 %, un promedio para las 28 muestras.

La combinación de agregados era en consecuencia predominantemente grava, con una marcada buena graduación de la grava, arena y finos, estando dentro en

primer lugar de la formula de trabajo y por otra parte dentro de los rangos de la especificación INVIAS ARTICULO 450 .2.1 en los ensayos realizados a las muestras 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11.

Por otra parte, la combinación de agregados en las muestras 12 ,13,14,15,16 , tiene una marcada buena graduación de la grava, arena , estando dentro en primer lugar de la formula de trabajo y por otra parte dentro de los rangos de la especificación INVIAS ARTICULO 450 .2.1 pero en los finos pasantes la malla N° 200 están por fuera del rango superior de la formula de trabajo e igualmente por fuera de la especificación INVIAS ARTICULO 450 .2.1. Para mayor ilustración se presenta la tabla No 5 y 7.

TABLA No 5

MUETRA	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No 80	No. 200
1	100	91.3	81.2	60.8	39.8	17.3	12.3	6.8
2	100	88.8	76.7	58.6	40.1	17.8	11.7	7
3	100	93.7	80.8	58.4	37	16.1	11.1	7.2
4	100	90.7	80.8	55.4	35.8	18.2	12.8	7.3
5	100	89.4	81.8	59.5	37	16.2	11.2	7.3
6	100	91.5	78.3	57.8	36.5	17.1	11.5	7.2
7	100	92.6	80.7	58.4	39.2	18.9	12.2	7.3
8	100	93.1	83.4	61.4	40.1	16.7	10.9	6.2
9	100	90.9	81.4	60.4	40.8	19.4	13.2	6.3
10	100	91.2	78.5	58.8	39.3	19.5	13	7.3
11	100	88.4	78.9	59.8	37.4	18.5	11.3	6.8
12	100	90.00	77.12	56.38	36.01	18.20	13.62	8.88
13	100	88.22	77.47	59.27	39.01	18.90	13.70	9.47
14	100	90.72	83.07	62.62	41.00	19.00	14.00	10.54
15	100	90.10	82.79	62.57	41.05	18.70	12.00	10.12
16	100	88.00	77.40	54.90	36.87	17.65	13.21	8.50

VARIACION	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No 80	No. 200
PROMEDIO	100.0	90.5	80.0	59.1	38.6	18.0	12.4	7.8
MAXIMO	100.0	93.7	83.4	62.6	41.1	19.5	14.0	10.5
MINIMO	100.0	88.0	76.7	54.9	35.8	16.1	10.9	6.2

Granulometría promedio e todos los 16 ensayos

GRAFICA No1 GRANULOMETRIA

- PROMEDIO
- ESPECI. LIMT INFERIOR
- ▲— ESPEC LIMT SUPERIOR
- - - x - - - FORMULA DE TRABAJO INF.
- - - o - - - FORMULA DE RABAJO SUP.
- MAXIMO
- ▲— MINIMO

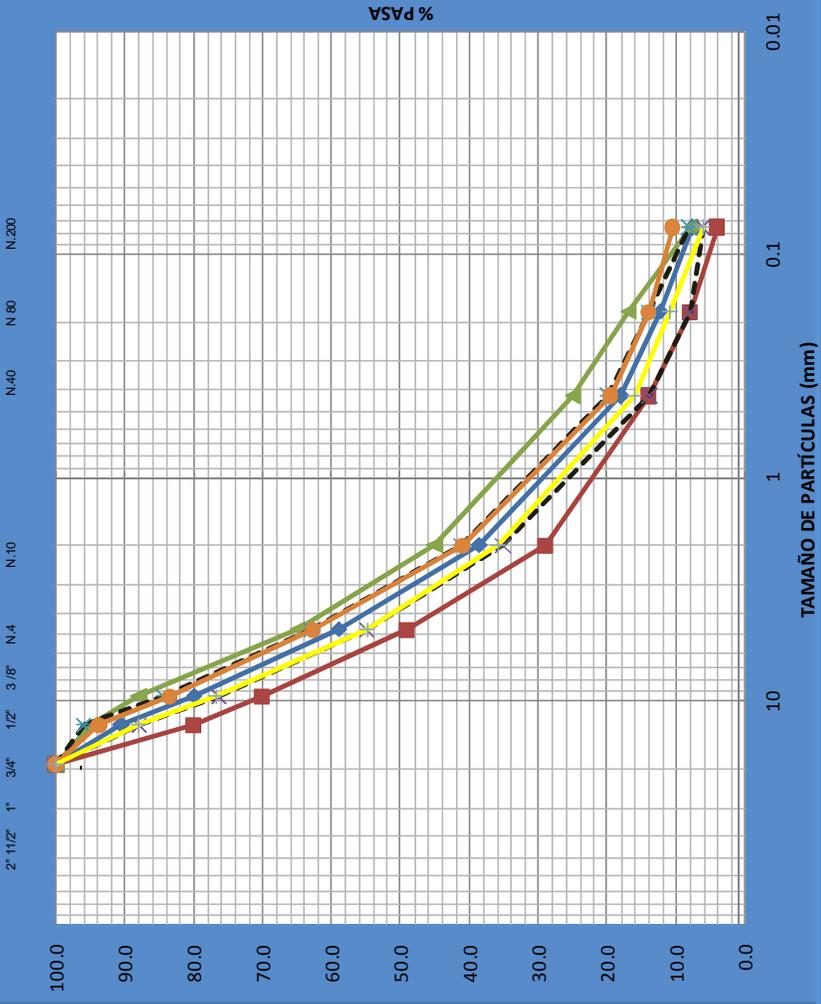


TABLA No7

MUESTRA	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 80	No. 200	FECHAS	MUESTRAS
1B	B	B	B	B	B	B	B	B	7-junio de 2011	1
2B	B	B	B	B	B	B	B			
3B	B	B	B	B	B	B	B			
4B	B	B	B	B	B	B	B	B	20-junio de 2011	2
5B	B	B	B	B	B	B	B			
6B	B	B	B	B	B	B	B			
7B	B	B	B	B	B	B	B	B	4-julio de 2011	3
8B	B	B	B	B	B	B	B			
9B	B	B	B	B	B	B	B			
10B	B	B	B	B	B	B	B	B	18-julio de 2011	4
11B	B	B	B	B	B	B	B			
12B	B	B	B	B	B	B	B			
13B	B	B	B	B	B	B	B	X		
14B	B	B	B	B	B	B	B	X		
15B	B	B	B	B	B	B	B	X		
16B	B	B	B	B	B	B	B	X		

8. CONTROL DE CALIDAD

8.1 CEMENTO ASFALTICO.

Es de procedencia de la destilación del petróleo y es de origen del complejo industria de Barrancabermeja. La penetración se define como la distancia, expresada en décimas de milímetro hasta la cual penetra verticalmente en el material una aguja normalizada en condiciones definidas de carga, tiempo y temperatura. Normalmente, el ensayo se realiza a 25°C (77°F) durante un tiempo de 5 s y con una carga móvil total, incluida la aguja, de 100 g, este asfalto tiene una penetración de 80-100 mm.

La extracción de asfalto que se realizo teniendo en cuenta lo estipulado en el capitulo 6 Extracción De Asfalto cuantitativa del asfalto en mezclas en caliente para pavimentos aplicando el método A según la norma INV E – 732 – 07. De este ensayo se tenemos los siguientes resultados.

El asfalto extraído a las 16 muestras y teniendo en cuenta el ART 440.5.2.4a el porcentaje de asfalto admisible del asfalto extraído puede estar $\pm 0.3\%$ (tabla No6) del porcentaje optimo dando por el diseño Marshall.

Tabla No. 6

ENSAYO No	COMPARACION % DE ASFALTO OBTENIDO CON RESPECTO A LA FORMUL DE TRABAJO
1	Mayor
2	Menor
3	Menor
4	Menor
5	Mayor
6	Menor
7	Menor
8	Mayor
9	Menor
10	Menor
11	Mayor
12	Menor

13	Mayor
14	Menor
15	Mayor
16	Menor

Los resultados de los ensayos fueron satisfactorios ya que el máximo porcentaje de asfalto obtenido fue de 5.35% y el mínimo fue de 4.92% porcentajes que están en el rango del porcentaje de asfalto óptimo dado por el diseño Marshall que es 5.2%. Anexo diseño Marshall. (ver Tabla No.4)

Tabla No. 4

ENSAYO No	% DE ASFALTO	FECHAS	MUESTRAS
1	5.22%	7-junio de 2011	1
2	4.96%		
3	4.92%		
4	5.01%		
5	5.24%	20-junio de 2011	2
6	5.12%		
7	5.08%		
8	5.35%		
9	5.15%	4-julio de 2011	3
10	5.19%		
11	5.28%		
12	4.97%		
13	5.29%	18-julio de 2011	4
14	5.01%		
15	5.28%		
16	4.97%		

	% DE ASFALTO
PROMEDIO	5.13%
MAXIMO	5.35%
MINIMO	4.92%

8.2 AGREGADOS PÉTREOS: UNA VEZ EXTRAÍDO EL ASFALTO, SE PROCEDE A DETERMINAR LA GRANULOMETRÍA PREVIO SECADO Y LAVADO DEL AGREGADO. DE LAS 16 MUESTRAS SE TUVIERON LOS SIGUIENTES RESULTADOS TABLA NO.8.

TABLA No 8

ENSAYO No	FECHAS	MUESTRAS	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No 80	No. 200
1	7-junio de 2011	1	100	91.3	81.2	60.8	39.8	17.3	12.3	6.8
2			100	88.8	76.7	58.6	40.1	17.8	11.7	7
3			100	93.7	80.8	58.4	37	16.1	11.1	7.2
4			100	90.7	80.8	55.4	35.8	18.2	12.8	7.3
5	20-junio de 2011	2	100	89.4	81.8	59.5	37	16.2	11.2	7.3
6			100	91.5	78.3	57.8	36.5	17.1	11.5	7.2
7			100	92.6	80.7	58.4	39.2	18.9	12.2	7.3
8			100	93.1	83.4	61.4	40.1	16.7	10.9	6.2
9	4-julio de 2011	3	100	90.9	81.4	60.4	40.8	19.4	13.2	6.3
10			100	91.2	78.5	58.8	39.3	19.5	13	7.3
11			100	88.4	78.9	59.8	37.4	18.5	11.3	6.8
12			100	90.0	77.1	56.4	36.0	18.2	13.6	8.9
13	18-julio de 2011	4	100	88.2	77.5	59.3	39.0	18.9	13.7	9.5
14			100	90.7	83.1	62.6	41.0	19.0	14.0	10.5
15			100	90.1	82.8	62.6	41.1	18.7	12.0	10.1
16			100	88.0	77.4	54.9	36.9	17.6	13.2	8.5

Las cuatro muestras de la primera cochada cumplen con las especificaciones generales de construcción de carreteras Artículo 450 mezcla densa en caliente (Concreto Asfáltico) y además están dentro del rango del diseño Marshall.

Las cuatro muestras de la segunda cochada cumplen con las especificaciones generales de construcción de carreteras Artículo 450 mezcla densa en caliente (Concreto Asfáltico), y además están dentro del rango del diseño Marshall.

Las cuatro muestras de la tercera cochada cumplen con las especificaciones generales de construcción de carreteras Artículo 450 mezcla densa en caliente (Concreto Asfáltico). y además están dentro del rango del diseño Marshall. Excepto la muestra No.12.)

Las cuatro muestras de la cuarta cochada NO cumplen con las especificaciones generales de construcción de carreteras Artículo 450 mezcla densa en caliente (Concreto Asfáltico), y además NO están dentro del rango del diseño Marshall. Incluido la muestra No.12.

La muestra No.12 el porcentaje de material pasante tamiz No 200 es de 8.9% que está por encima de la formula de trabajo y por encima del Art 450, la muestra No.13 el porcentaje de material pasante tamiz No 200 es de 9.5% que está por encima de la formula de trabajo y por encima del Art 450, la muestra 14 el porcentaje de material pasante tamiz No 200 es de 10.5% que está por encima de la formula de trabajo y por encima del Art 450, la muestra No.15 el porcentaje de material pasante tamiz No 200 es de 10.1% que está por encima de la formula de trabajo y por encima del Art 450 y la muestra No.16 el porcentaje de material pasante tamiz No 200 es de 8.9% que está por encima de la formula de trabajo y por encima del Art 450.

8.3 LLENANTE MINERAL

El exceso de material fino provocaría inestabilidad mezcla. La posibilidad de que la mezcla tenga segregación es una de las alternativas que se tienen por el exceso de finos si es así se debe considerar lo siguiente:

- **Muestreo incorrecto:** es importante tomar las muestras en un punto que se encuentre a aproximadamente un tercio de la longitud de la caja del camión. Las muestras tomadas del centro de la caja del camión tienen mayor cantidad de materiales finos, por lo cual exhiben un mayor contenido de asfalto. Las muestras tomadas de los bordes de la caja del camión tienen materiales más gruesos y un menor contenido de asfalto. Es sumamente importante tomar las muestras consistentemente de un mismo lugar. El técnico debe utilizar una pala, a aproximadamente un tercio de la longitud de la caja del camión para excavar un agujero de aproximadamente 30 cm de profundidad para luego tomar la muestra.

No se debe tomar muestras de puntos intermedios en el proceso de una planta. En lugar de ello, tome las muestras del camión después que el mismo haya sido cargado por la tolva de compensación o la tolva de almacenamiento y se haya completado todo el proceso. El tomar muestras de la mezcla de asfalto caliente descargada por el mezclador de tambor puede producir mezclas no representativas, puesto que la mezcla se encuentra en un punto intermedio del proceso.

- **Cuarteoado incorrecto:** para reducir el volumen de la muestra a un tamaño adecuado para el procedimiento de extracción, usualmente es necesario cuarteado la muestra. Si durante el proceso de cuarteado de mezclas con agregados gruesos la porción queda con una cantidad excesiva de materiales de tamaño grande, la misma tendrá un bajo contenido de

asfalto. Una cantidad excesiva de materiales finos producirá un alto contenido de asfalto. La muestra entonces se divide en cuartas partes y se añade una cantidad proporcional del agregado grueso con los materiales finos para asegurar que el cuarteado produzca una muestra adecuada.

- Segregación: la mezcla de asfalto y agregado, aunque esté debidamente mezclada, puede ser propensa a la segregación al descargarla directamente en un camión o al transportarla a través de una tolva de compensación hacia un camión. En tal caso, si se toma una muestra de materiales finos, se puede obtener un contenido de asfalto consistentemente alto. Si se toma una muestra de materiales gruesos, el contenido de asfalto puede resultar bajo.

Típicamente, cuando se produce segregación, el contenido de asfalto varía porque las muestras tomadas no son consistentes entre sí. Sin embargo, si la mezcla tiene una discontinuidad pronunciada en su granulometría y los camiones se cargan usando un mismo procedimiento, los agregados gruesos rodarán hacia los bordes exteriores de la caja y los materiales finos permanecerán en la parte central de la misma. Si el técnico toma las muestras cerca del centro, las mismas consistentemente tendrán un exceso de materiales finos.

Cuando se produce segregación, es posible que se haya añadido la cantidad debida de asfalto al agregado de modo uniforme. Sin embargo, durante el procesamiento del material a través del transportador de arrastre hacia la tolva de almacenamiento y hacia el camión, los materiales de la mezcla pueden haberse separado por tamaño. Si la muestra tiene una cantidad excesiva de materiales gruesos, el contenido de asfalto será bajo.

En una muestra con un exceso de materiales finos, se obtiene un alto contenido de asfalto.

Si la segregación fuera causa de la exceso de fino el contenido de asfalto se debe notar en el porcentaje de asfalto obtenido en la extracción de asfalto pero no es así ya que el contenido de asfalto esta dentro del rango permitido por las especificación y de la formula de trabajo, razón por la cual la segregación no sería la causa de exceso de finos, mas aun tenido encuentra que la toma de muestras fue tomada correctamente con los cuidados antes mencionados (ver tabla No.4).

Tabla No.4

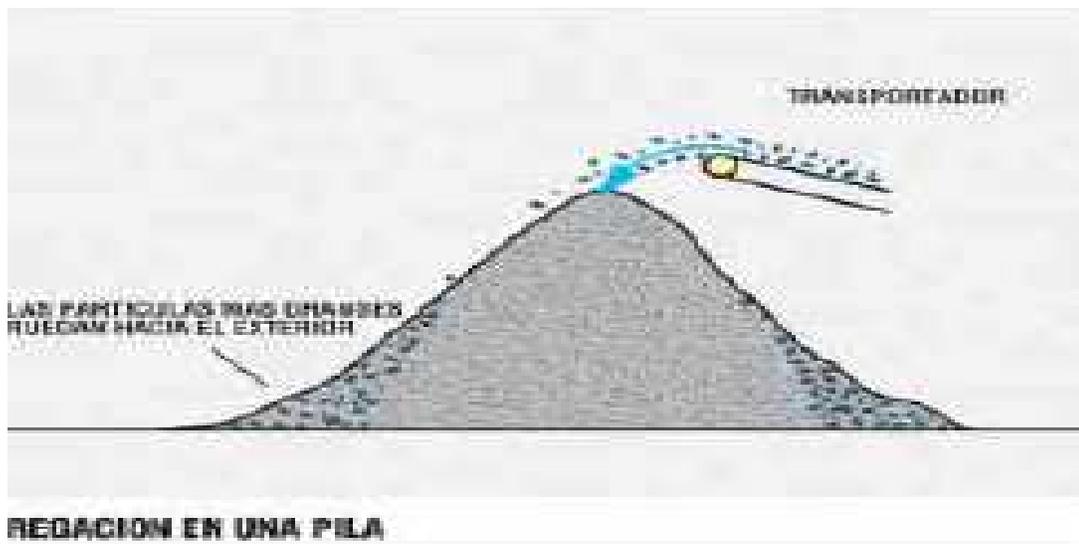
ENSAYO No	% DE ASFALTO	FECHAS	MUESTRAS
1	5.22%	7-junio de 2011	1
2	4.96%		
3	4.92%		
4	5.01%		
5	5.24%	20-junio de 2011	2
6	5.12%		
7	5.08%		
8	5.35%		
9	5.15%	4-julio de 2011	3
10	5.19%		
11	5.28%		
12	4.97%		
13	5.29%	18-julio de 2011	4
14	5.01%		
15	5.28%		
16	4.97%		

Es así, como en visita posterior a la planta en estudio se pudo determinar la causa del exceso de finos en unas muestras de la cuarta cochada el agregado que viene de la trituradora de AGRESURr que esta a una distancia de 300 mts de la planta de asfalto tritura el material que es traído del rio Tellez, esta tiene tres subproductos material 3/8, 3/4, y material fino este es recolectado y es transportado a la planta.

Foto No 29 planta de trituración AGRESUR



Figura No.7. Acopios de material



Las pilas de material de tamaño grande son sensibles a las mezclas de agregado sencillo. La Figura 7 muestra un ejemplo típico de una pila de material de gregado sencillo. En este ejemplo, la segregación se produce por el uso de un sistema de banda transportadora para formar la pila de material. Las partículas de mayor tamaño ruedan hacia el exterior de la pila, segregando así el material.

En consecuencia, el material alimentado a la planta se encuentra segregado. Cuando se trabaja con agregados de tamaños más grandes, puede ser beneficioso usar dos tolvas de alimentación en frío para alimentar el mismo tipo de material. Esta práctica tiende a reducir las variaciones amplias al alimentar cantidades más pequeñas de material desde dos puntos diferentes, aumentando las probabilidades de volver a mezclar el material. En general, los materiales de tamaños diferentes se apilan por separado antes de alimentarlos a una planta de asfalto. Esto reduce la probabilidad de segregación, porque el material de cada pila tiene un tamaño más uniforme. Sin embargo, la segregación puede producirse en agregados de tamaño más pequeño si existe una variación amplia en la granulometría. Las técnicas que se muestran en las Figuras 8 y 9 aseguran la uniformidad del material y reducen significativamente la segregación en la pila de material. El funcionamiento de los bulldozer debe controlarse para asegurar que no se esté produciendo degradación alguna. El control es particularmente importante al tratar con agregados de materiales más blandos.

Figura No. 8. Acopios de material

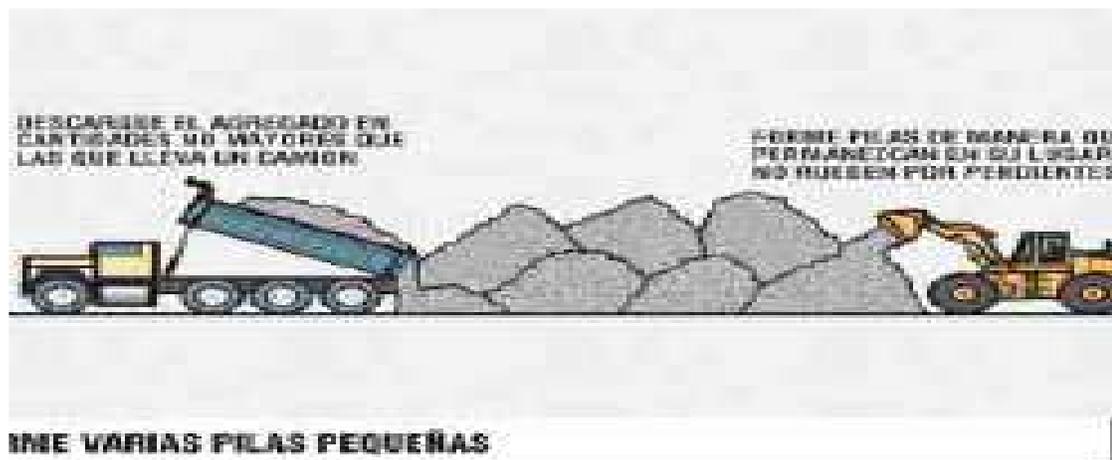
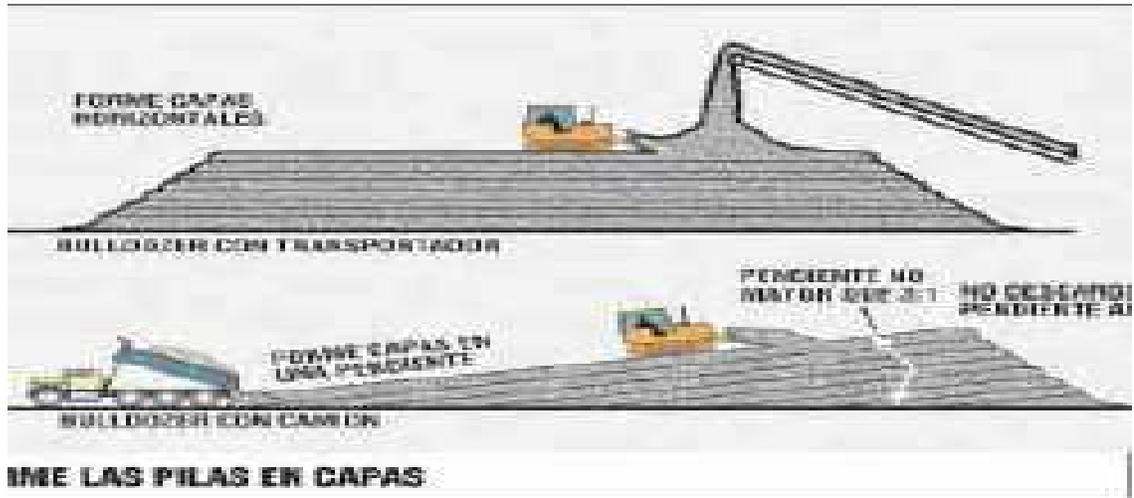


Figura No 9 acopios de material

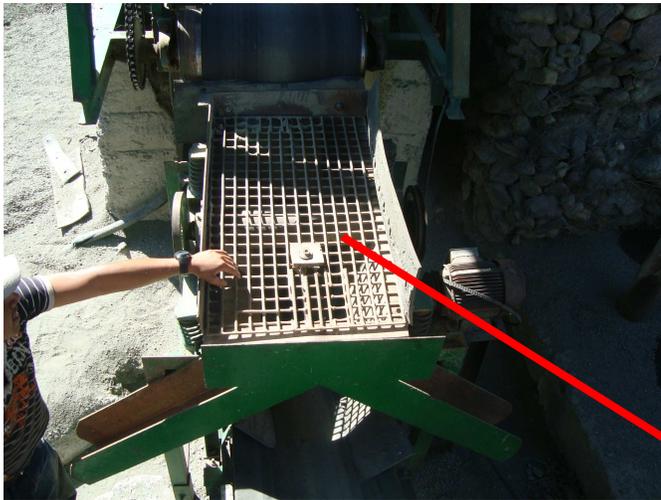


A continuación, como se indicó en la temática referente a la planta de producción de propiedad del Ingeniero Raúl Poveda se da una descripción de los procesos que se efectúan como la compuerta de alimentación en frío en la mayoría de sistemas de dosificación, este proceso se realiza pesando la cantidad de los agregados, esto se realiza por medio de un dispositivo de control, el elemento primario lo constituye una célula la cual es instalada en la parte inferior de la correa dosificadora. La unidad de medida puede ser Ton / hora. (ver foto No. 30)

Foto No.30. Tolvas en frio de agregado planta de estudio

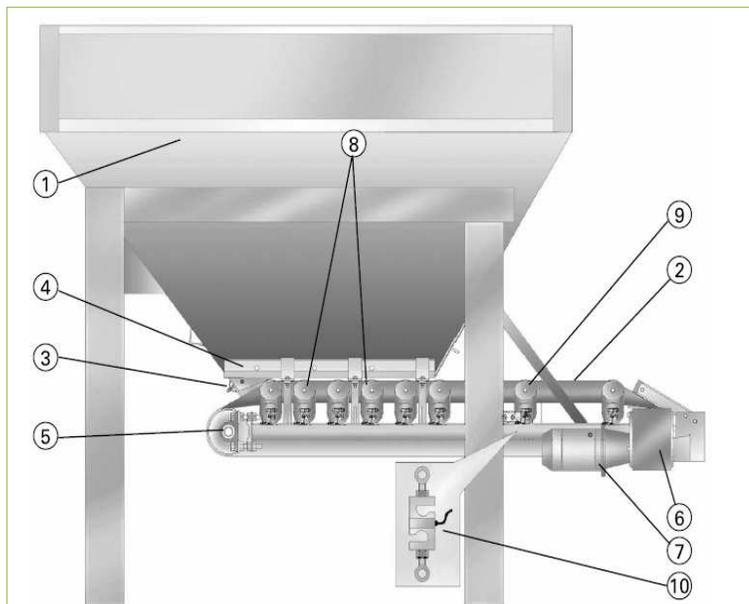


Célula dosificadora



Tamiz para retener sobre anchos

Identificación de componentes del sistema de alimentación y dosificación de agregados



1. Tolva
2. Correa dosificadora
3. Guía trasera
4. Guías laterales
5. Rodo guía tensor
6. Rodo accionador
7. Motoreductor
8. Rodos de carga
9. Rodo balanza
10. Célula de carga

Fuente: Manual de plantas RD - 2003

El funcionamiento de estas tolvas es el siguiente, un cargador alimenta a las tolvas con el agregado seleccionado en la primera tolva se deposita el material $\frac{3}{8}$ en la segunda tolva agregado $\frac{3}{4}$ y en la otra material fino.

Una vez cargadas las tolvas las células comienzan a vibrar y sale por las células, el material que cae es transportado por la banda, a un tamiz que retiene el material

grueso (sobreancho) que esta por fuera de la granulometría, el material que está dentro de la especificación y dentro de la formula de trabajo cae por este tamiz a otra banda la cual lleva el material al tambor secador y sigue su producción normal como ya es descrita.

La abertura de la celda está regulada desde la cabina de control. Se nota que existe material grueso (sobreancho). Comenzando la producción, la presencia de material en las tolvas que no está dentro de las especificadas, provoca el estancamiento de la célula y no permite la caída de material por exceso o por defecto. Otro fenómeno que sucede es el de tener concavidades de aire dentro de las tolvas la que causan tener una dosificación errada en el momento de caer el material en la banda o impidiendo la que caiga el material.

Para evitar uno u otro de los anteriores percances se coloca dos operara dores, los que tienen como función; el primero de vigilar en la parte superior de la tolva que no caiga material sobreancho o que se mezclen material de una tolva en otra, el otro operario en la parte inferior tiene como función la de evitar el atascamiento de la célula.

El operario de la parte superior aparte de vigilar el sobre ancho también tiene la función de picar con una varilla en las tolvas para evitar cavidades. La operación del operario en chuzar la tolva No3 provoco una excesiva caída de material fino en la tolva.

Foto No.31. Tolvas e frio de agregado planta de estudio por agregados



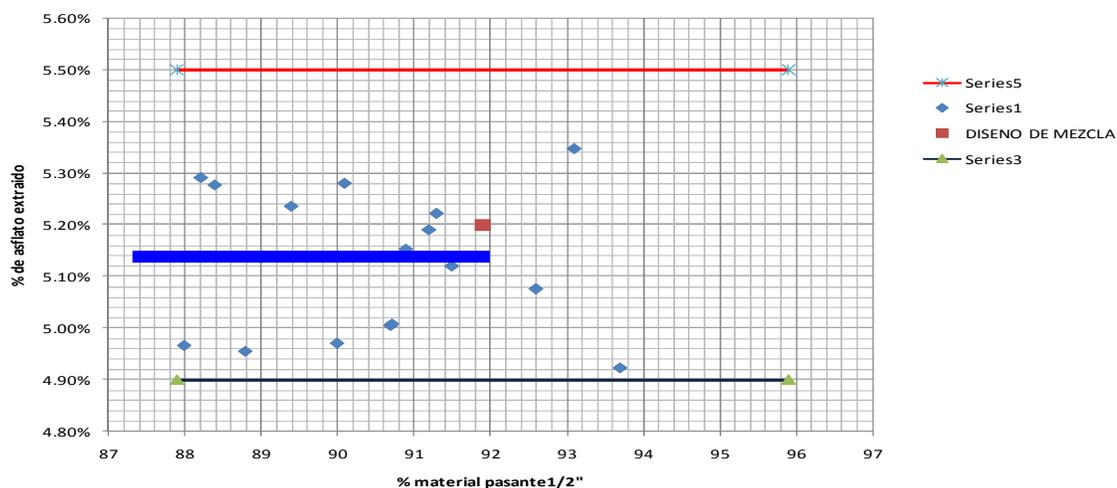
Los resultados de las pruebas de granulometría en el agregado extraído se pueden determinar gráficamente si existe alguno de los problemas de segregación. Para nuestros fines, el porcentaje de materiales que pasa por la criba indicadora (3/8",1/2",N° 4,N° 8,No200) varía de mod o considerable en el tamiz No200.

El porcentaje de materiales pasantes en función del contenido de asfalto se ilustra en la graficas No1-No2-No4. Si la curva es aproximadamente una línea recta, esto significa que se está produciendo una mezcla uniforme y que existe un espesor uniforme de recubrimiento. Cuando se produce una mezcla incorrecta, el porcentaje de materiales pasantes por la criba indicadora puede permanecer relativamente constante mientras que el contenido de asfalto varía (Gráficas No.3).

Los valores de prueba difieren, entonces se debe verificar el procedimiento de extracción de la manera descrita, lo cual esta causa queda descartada.

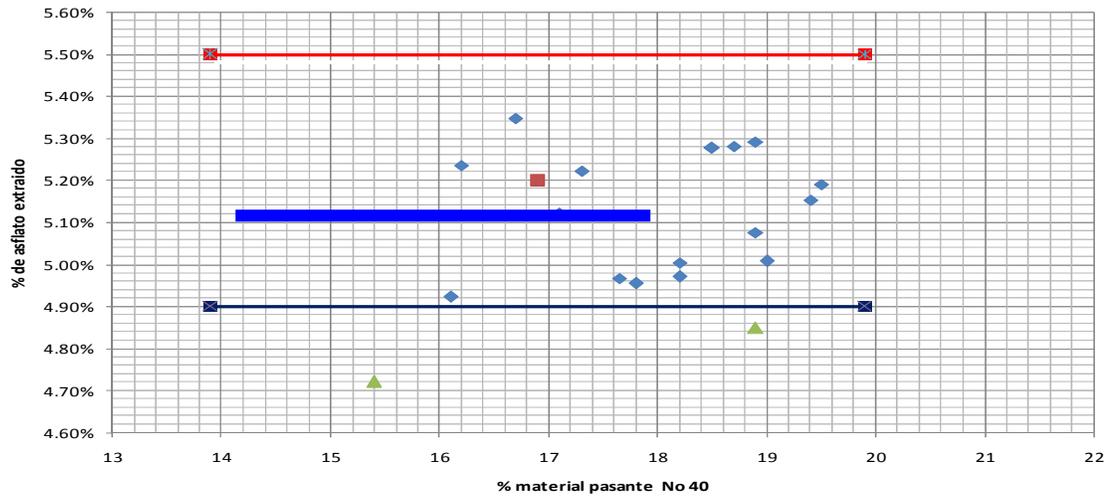
La mezcla incorrecta entonces se debe a la distribución desigual de materiales alimentados al mezclador esta es la causa probable de las discrepancias y sobre todo por ser en un tamaño específico del agregado la inconsistencia.

VARIACION DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A LA GRANULOMETRIA DE CADA ENSAYO EN LA PLANTA RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FUNES VEREDA DE SAN JOSE TAMIZ 1/2"



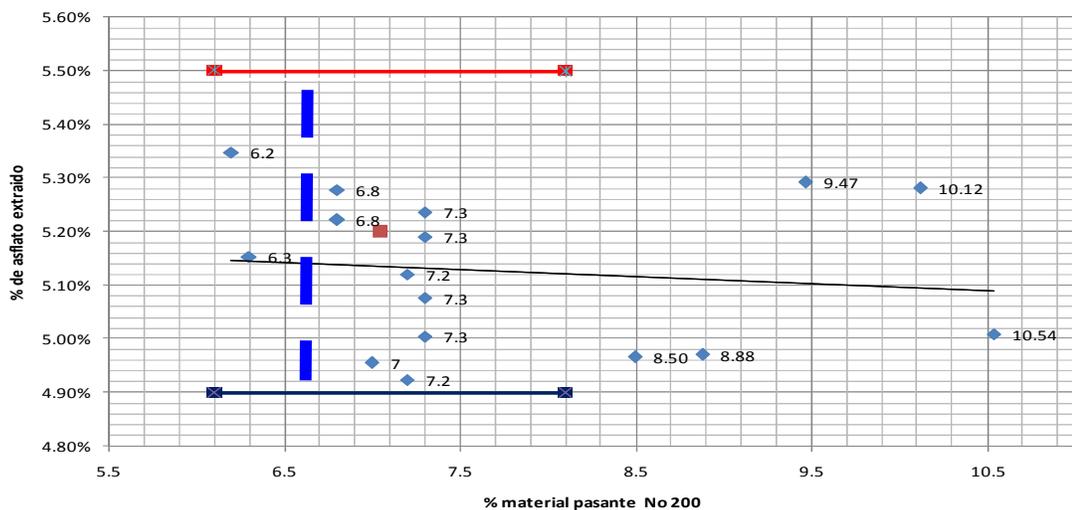
Gráfica No 1 variación del contenido de asfalto respecto a la granulometría fuente este estudio tamiz 1/2".

VARIACION DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A LA GRANULOMETRIA DE CADA ENSAYO EN LA PLANTA RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FUNES VEREDA DE SAN JOSE TAMIZ No.4



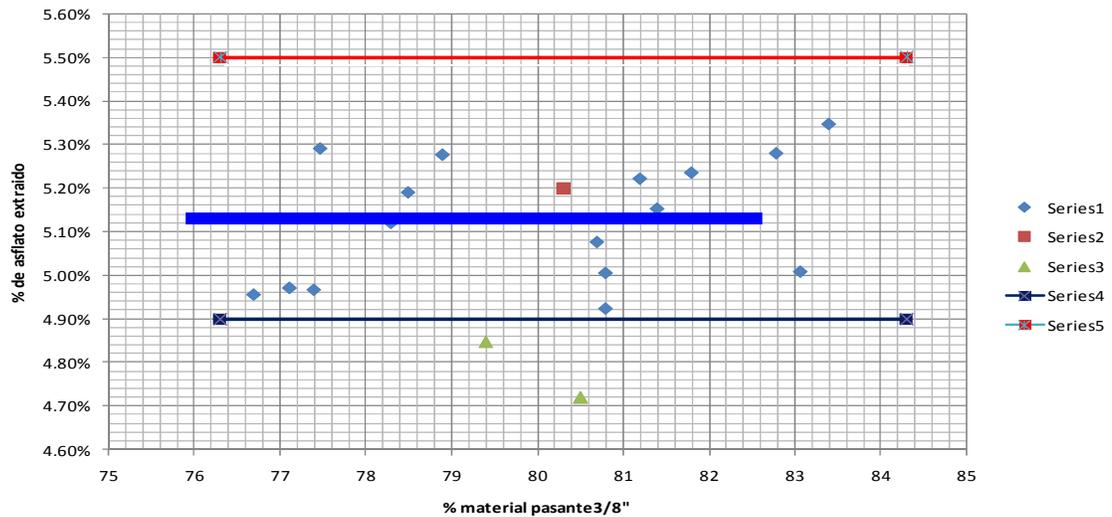
Grafica No.2. Variación del contenido de asfalto respecto a la granulometría fuente este estudio tamiz No.4.

VARIACION DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A LA GRANULOMETRIA DE CADA ENSAYO EN LA PLANTA RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FUNES VEREDA DE SAN JOSE No200



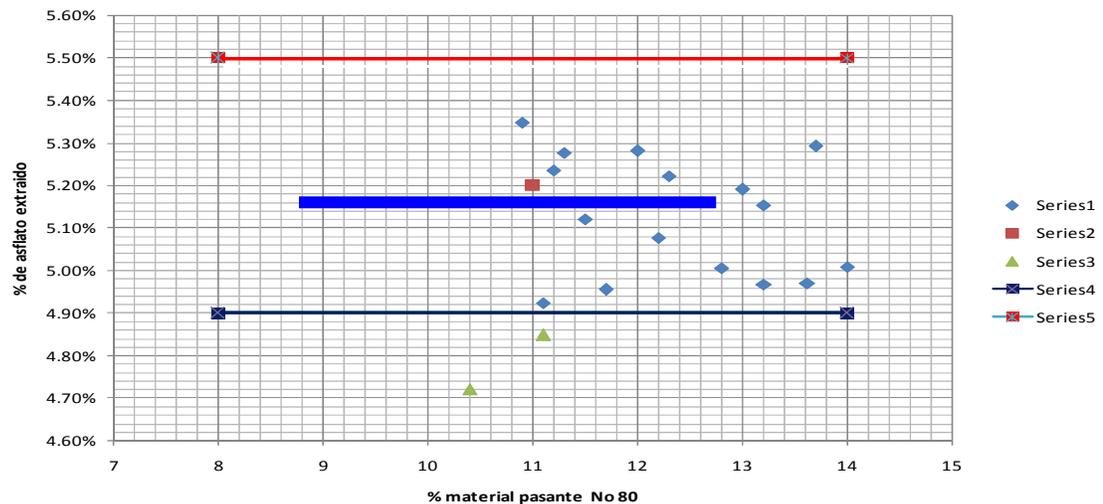
Gráfica No.3. Variación del contenido de asfalto respecto a la granulometría fuente este estudio tamiz No200.

VARIACION DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A LA GRANULOMETRIA DE CADA ENSAYO EN LA PLANTA RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FUNES VEREDA DE SAN JOSE TAMIZ 3/8"



Gráfica No. 4. Variación del contenido de asfalto respecto a la granulometría fuente este estudio tamiz 3/8".

VARIACION DEL CONTENIDO DE ASFALTO RESPECTO A LA GRANULOMETRIA DE CADA ENSAYO EN LA PLANTA RAUL POVEDA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE FUNES VEREDA DE SAN JOSE TAMIZ No 80



Gráfica No. 4. Variación del contenido de asfalto respecto a la granulometría fuente este estudio tamiz No.80.

9. AUTOCONTROL LABORATORIO

La planta cuenta con un laboratorio, controlado por personal idóneo para tal labor, esto permite realizar las pruebas de control de calidad exigidas por las presentes especificaciones.

El autocontrol a la mezcla mediante pruebas de laboratorio, el estricto cubillaje por peso y volumen a la salida de la planta la caracterización de los agregados granulometría y gradación, desgaste, solidez, índice de alargamiento, aplanamiento y de caras fracturadas de la mezcla asfáltica, peso específico, estabilidad y flujo, contenido de asfalto y gradación.

La planta cuenta con las instalaciones adecuadas para laboratorio para realizar su autocontrol.

Foto No.32. Centrifuga manual para extracción de asfalto laboratorios planta en estudio



Foto No.33. Centrifuga mecánica para extracción de asfalto laboratorios planta en estudio



Foto No.34. Tamices



10. CONCLUSIONES

El exceso de finos se debe a la segregación que se produce en las tolvas de frío.

La granulometría con la que se está trabajando el 68.75% de las muestras tomadas están dentro de la especificación de construcción de carreteras y además dentro de la fórmula de trabajo del diseño Marshall y el 31.25% no cumple las especificaciones en el rango de material fino pasante No 200

El proceso de producción está bajo la observación de una cabina de control, en la que se controla temperatura del secado de agregado, temperatura de cemento asfáltico y tiempo de mezclado, pero la supervisión permanente por personal idóneo y permanente es necesario.

La gradación como conclusión se debe inspeccionar antes de la colocación en las tolvas, y la malla en la planta trituradora para gradar el material debe ser inspeccionada permanentemente.

Durante la carga de las tolvas de alimentación en frío deben tomarse las precauciones para reducir al mínimo la segregación y degradación de los agregados y colocar una persona en la parte superior de la tolva para tal efecto.

El porcentaje de asfalto obtenido por atreves del ensayo de extracción de asfalto cuantitativa esta dentro de la especificación de construcción de carreteras es así como el 100% de las muestras están dentro del rango permitido por las especificaciones INVIAS y por dentro de la fórmula de trabajo dada por el ensayo Marshall.

La verificación de la abertura de las compuertas de salida de materiales de tolvas de agregados fríos, deben ser determinadas por cada calibración de material, y si el cambio de posición se da involuntariamente, se produce un desajuste a la calibración de la granulometría de diseño.

La manera de cómo debe ser almacenado los agregados durante el acopio, depende la naturaleza misma de la mezcla, los agregados finamente graduados (arenas y materiales finos) y los de granulometría uniforme no requieren un especial cuidado en su manejo, pueden ser almacenados de cualquier manera.

Los materiales que se retienen en la malla número cuatro requiere un manejo especial, debido a que los materiales contiene partículas finas y gruesas que al ser colocadas en pila de forma de cono, es probable que presente segregación debido

a que las partículas grandes van a rodar por la pendiente por tener mayor peso y diámetro que las partículas que pasan la malla número cuatro.

RECOMENDACIONES

Usar técnicas correctas para formar las pilas de materiales para asegurarse que los materiales alimentados a la planta de mezcla caliente sean de tamaño uniforme.

Inferir en que la segregación también se disminuye manteniendo las tolvas llenas de agregados frío para evitar los conos invertidos al desalojar la tolva.

Analizar la función del operario superior del silo también tiene la función de disminuir la segregación del agregado al dejarlo caer al silo de almacenamiento.

Recomendar de no vaciar el silo debajo de su nivel mínimo de operación, también obedece al control de la segregación del agregado.

Tener en cuenta que el relleno mineral o filler, no está almacenado en depósitos, silos o bolsas para prevenir que sean arrastrados por el viento y que sean expuestos a la humedad lo cual los puede aglutinar y endurecer.

Establecer que el manejo del agregado degrada hasta cierto punto las partículas individuales del agregado y causa segregación cuando se trata de partículas que presentan diferentes tamaños, por lo tanto el manejo debe ser mínimo. El manejo mínimo consiste en apartar el agregado de las reservas para que pueda ser procesado adicionalmente para luego ser mezclado en la planta de producción de mezcla asfáltica.

Realizar un buen procedimiento de control de calidad de los agregados, se requiere de pruebas durante los procesos de producción, acopio y manejo para asegurar que solamente se usa material satisfactorio en la mezcla, además se debe proporcionar un registro permanente como evidencia de que los materiales cumplen con las especificaciones de la mezcla.

Inspeccionar las tolvas es necesario para evitar tapamientos por causa de agregados que están por fuera de la gradación.

BIBLIOGRAFIA

ARENAS LOZANO, Hugo León. Teoría De Los Pavimentos: Universidad Del Cauca, 1990. 519 p.

ESPECIFICACIONES Y NORMAS INV-07. Normas de Ensayo. Tomo III. Materiales y mezclas asfálticas. Bogotá (Colombia). Abril de 2007.

ICONTEC. Normas técnicas Colombianas para el Sector de la Construcción – 1. Bogotá (Colombia): Legis Editores s.a. 1.989.

MERRITT, Frederick. Manual del Ingeniero Civil. México. Editores UTHEA. 1987.

REFERENCIA NETGRAFIA

http://www.invias.gov.co/invias/hermesoft/portallG/home_1/recursos/informacion_institucional/20122007/documento_tecnico.jsp.

<http://www.slideshare.net/UCGcertificacionvial/porcentaje-de-extraccin-del-asfalto-1470658>.

ANEXOS LABORATORIOS

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 1 de 16

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 2 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 3 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 4 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 5 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 6 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 7 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda De San José 8 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el Municipio de Funes, Vereda de San José 9 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 10 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 11 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 12 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 13 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 14 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 15 de 16.

Ensayo de extracción cuantitativa de asfalto de mezclas en caliente 2 planta Raúl Poveda ubicada en el municipio de Funes, Vereda de San José 16 de 16.