

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ECUELA DE CIVIL

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS
ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS “ZYCOTHERM Y
CERA CARNAUBA WAX”. CASO MINA-PLANTA ASFÁLTICA
ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO
PROVINCIA DE ESMERALDAS**

AUTORES:

JOHANNA JANETH RIVERA OREJUELA

FRANCISCO SAMMYR VILLARRUEL MEYTHALER

DIRECTOR: ING. WILSON CANDO

QUITO, 2020

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios, que con su amor y bondad me ayudado a que llegue a esta etapa tan importante de mis estudios y pueda cumplir mi meta. A mi madre, Cynthia Orejuela, que siempre me ha brindado su apoyo y amor incondicional, a lo largo de estos años por enseñarme cada día que el esfuerzo y sacrificio son el camino al éxito. A mi abuela, Viola Arroyo, que ha sido un pilar muy importante en nuestra crianza y educación, por confiar y estar a mi lado en todos los momentos de mi vida. A Manuel Martínez, por darnos su apoyo y amor incondicional siempre hacia nosotras. A mis hermanas Paola, Giorgia, Giulia, mi tío Carlos por siempre estar a mi lado en todo momento y preocuparse por mi bienestar.

Agradezco a mis profesores de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, en especial a nuestro director de tesis, Ing. Wilson Cando por su asesoría y ayuda en el desarrollo de nuestro trabajo de tesis.

A nuestros lectores Ing. Gustavo Yáñez e Ing. Patricio Castro, por sus correcciones y recomendaciones, en esta tesis.

Y finalmente, un especial agradecimiento a la Prefecta de Esmeraldas, Abg. Roberta Zambrano Ortiz, por su ayuda y colaboración al prestarnos las instalaciones del laboratorio de la Planta Asfáltica ECODEP, para poder realizar los ensayos de estudios de la tesis.

Johanna Rivera

AGRADECIMIENTO

Con mucho respeto me permito realizar un gran agradecimiento a Dios creador y generador del TODO.

A mis padres, hermanos y familia en general, quienes con su gran esfuerzo y amor me han apoyado cada día a cumplir mis metas y mis objetivos de vida; siempre preocupándose por mí y expresando su amor incondicional.

A mi amada novia, por su eterno cariño y amor, por apoyarme en todos mis planes de vida, estar a mi lado en mis fracasos y ser la fuerza motor para levantarme y continuar adelante.

A todos mis amigos, con quienes he disfrutado mucho de la vida.

Un especial agradecimiento a mi gran amigo Miguel León, por ser un gran apoyo y mentor en mi profesión, enseñándome y exigiéndome cada día a superarme a mí mismo.

Expreso mi agradecimiento a todos mis profesores de la facultad, con especial agradecimiento a los ingenieros Wilson Cando, Patricio Castro y Gustavo Yáñez, quienes me han brindado su ayuda y guía a lo largo del ciclo estudiantil en la carrera de civil, compartiendo sus conocimientos y experiencias.

Francisco Villarruel

DEDICATORIA

Este trabajo y fruto de mi esfuerzo quiero dedicarlo con todo el amor, a mi hijo Manuelito, hijo mío eres lo más importante de mi vida, él que me da fuerzas y un motivo para nunca bajar los brazos, tú me impulsas a seguir cada día, a querer salir adelante y ser mejor persona, ser un ejemplo para ti. El niño de mis ojos, mi compañerito de clases, gracias por ser la razón que necesitaba para alcanzar mis metas.

Te amo mi Manu.

Johanna Rivera

DEDICATORIA

Con gran cariño dedico esta tesis a mis queridos padres, Adriana y Ramiro; quienes con un infinito amor y una eterna paciencia han forjado de mí, un hombre responsable, seguro y positivo.

A mis entrañables hermanos Ramiro y Christian; con quienes aprendí a disfrutar y agradecer por los placeres de la compañía de un mejor amigo en la vida, con un sin fin de experiencias y vivencias.

A mi amada novia Sheilly; quien es el AMOR DE MI VIDA.

Francisco Villarruel

RESUMEN

Las necesidades del planeta Tierra a con sus habitantes, ha generado nuevas tendencias de pensamiento hacia la protección del medio ambiente, últimamente y a nivel mundial se ha iniciado la investigación de nuevas tecnologías que sean amigables, beneficiaria y útiles para el óptimo uso de recursos de la población, optando con el uso de nuevas técnicas que buscan optimizar energía y brindan mejores experiencias al momento de la interacción entre los obreros y la materia prima. Uno de los mayores consumidores de recursos son la construcción de carreteras, ya que son líneas de conducción del mercado y el comercio.

La red vial de un país permite satisfacer las necesidades básicas de educación, trabajo, alimentación y salud; estas necesidades son las principales actividades de un país. Por ello, para un país es estratégico desarrollar su sistema vial porque es el único modo con el que logra satisfacer no solo la obligación de viajar, sino también las necesidades esenciales de la población.

El presente trabajo de titulación, de carácter investigativo y exploratorio, tiene como finalidad de determinar las características físicas y mecánicas de mezclas WMA con los aditivos “Zycotherm y Cera Carnauba Wax”. Con el objetivo de incentivar el uso de nuevas tecnologías en el diseño y elaboración de mezclas asfálticas en nuestro país.

La incorporación del aditivo será mediante el protocolo de laboratorio entregado por la empresa encargada de la distribución en el país, obteniendo un cemento asfáltico modificado que permite disminuir la temperatura de mezcla y compactación del asfalto para así lograr mezclas asfálticas tibias (WMA).

Existen investigaciones, estudios y ensayos de laboratorio que respalden el buen uso de esta tecnología en otros países, sin embargo, en Ecuador no se tiene una base sobre el comportamiento que pueden tener los materiales comúnmente utilizados, para la realización de cemento asfáltico modificado con nanotecnología (aditivos).

Nuevas tendencias tecnológicas aparecen, nuevos estudios e investigaciones día a día surgen, respondiendo a la necesidad de la población en generar mayor conciencia cuando del uso de recursos se trata, en el área de la construcción o elaboración de cementos asfálticos no es la excepción, el uso de polímeros, es cada vez más frecuente, generando la mejora en propiedades y desempeño a lo largo de la vida útil de carpetas asfálticas, además una mínima incidencia de factores como el agrietamiento térmico, la deformación permanente, la adhesividad, la fatiga y el daño por humedad.

El prefijo nano, del griego *nannos* (muy pequeño), se convirtió al latín como *nanus*, que significa enano. Este prefijo se aplica para indicar que es mil millones de veces menor que

la unidad de referencia. En este sentido la nanotecnología da la posibilidad de modificar microscópicamente el comportamiento mecánico y geológico del asfalto, llegando a realizar cambios microscópicos con el fin de poder mejorar y controlar la actuación del asfalto a las condiciones necesarias para su desempeño, generando menor impacto ambiental y tomando conciencia del uso de los recursos naturales.

ABSTRACT

The use of modified asphalt mixtures covers a very large field in terms of the properties of the materials to be modified; there are several models that allow a new positive feature to asphalt mixtures to be able to generate greater efficiency in performance throughout its useful life. Conventional hot asphalt mixtures are the most used on the roads of our country, these are economical compared to a modified mixture due to the type of preparation, the materials used, including labour and studies that are carried out to design them. Such reasons make using something conventional the fastest and most appropriate way to design roads.

However, with the environmental trend, that has been taking place in the region, we have looked for ways to produce asphalt mixtures that use fewer resources, but at the same time maintain the same characteristics in terms of performance and durability. This is why WMA asphalt mixtures have gained ground in road project implementation. A warm asphalt mixture (WMA) consists of lowering the mixing and compaction temperatures without the characteristics of the mixture being significantly affected.

By having to heat the asphalt less to make the asphalt mixture, we save fuel consumption by reducing the emissions of various gases, the main one being Carbon Dioxide that is responsible for global warming. In the USA, the approximate production of Carbon Dioxide in hot asphalt mixing plants is approximately 2,500 tons per year, with the use of asphalt mixtures it is possible to reduce this amount to 1700 tons. In the case of our country, no research has yet been carried out on these typologies that allow us to reliably determine its applicability for projects that use the aggregates of the area.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar ensayos necesarios para proceder a comparar porcentualmente el mayor y menor de aditivo respecto a lo que el fabricante estipula, para la mezcla asfáltica tibia utilizando materiales de la Mina Planta Asfáltica – ECODEP(GADPE) ubicado en el Recinto de San Mateo provincia de Esmeraldas.

Objetivos Específicos

- Determinar las características físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas WMA, mediante ensayos de laboratorio.
- Analizar el costo - beneficio, del uso de aditivo en mezclas asfálticas WMA (mezcla asfáltica tibia).
- Verificar que una mezcla asfáltica WMA es más flexible que una mezcla asfáltica convencional en caliente (HMA).
- Determinar la inclusión de un aditivo en un porcentaje óptimo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	17
1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	17
1.1 AGREGADOS	17
1.1.1 Rocas Sedimentarias.....	17
1.1.2 Rocas Ígneas.....	17
1.1.3 Rocas Metamórficas	18
1.2 LIGANTES	18
1.2.1 Propiedades del Asfalto	18
1.2.1.1 Propiedades Químicas	18
1.2.1.2 Propiedades Físicas	19
1.2.2 Cementos Asfálticos	22
CAPÍTULO II.....	23
2. MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	23
2.1 Mezclas Asfálticas Convencionales.....	23
2.1.1 Definición	23
2.1.2 Composición	23
2.1.3 Características volumétricas de las mezclas asfálticas calientes (HMA)	24
2.1.3.1 Densidad de la mezcla	27
2.1.3.2 Porcentaje de vacíos o vacíos de aire	27
2.1.3.3 Vacíos en el agregado.....	27
2.1.3.4 Vacíos llenos de asfalto.....	29
2.1.3.5 Volumen de agregado en porcentaje.....	30
2.1.3.6 Porcentaje en volumen del cemento asfáltico.....	30
2.1.3.7 Porcentaje de vacíos con aire respecto al volumen total de la probeta.....	30
2.1.3.8 Gravedad específica de masa	31
2.1.3.9 Contenido de asfalto efectivo, (Pbe)	31
2.2 Mezclas Asfálticas Tibias	32

2.3 Aditivos	33
2.3.1 Aditivos Químicos	34
2.3.2 Aditivos Orgánicos	35
2.3.2.1 Zycotherm	37
CAPÍTULO III.....	39
3. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	39
3.1 Ensayo de los agregados pétreos	39
3.1.1 Granulometría de los materiales	39
3.1.2 Gravedad Específica, seca, saturada y Absorción del agregado grueso	39
3.1.3 Gravedad Específica, seca, saturada y Absorción del agregado fino	39
3.1.4 Abrasión en la máquina de los ángeles.....	40
3.1.5 Peso Unitario de los agregados	40
3.1.6 Desgaste a los sulfatos	41
3.1.7 Equivalente de arena	41
3.2 Ensayo de asfalto.....	43
3.2.1 Viscosidad cinemática de cementos asfálticos, asfaltos diluidos.....	43
3.2.2 Penetración en materiales bituminosos de cementos asfálticos.....	43
3.2.3 Punto de ablandamiento de cementos asfálticos	43
3.2.4 Viscosidad 60 ° C RTFO	43
3.2.5 Punto de chispa / Llama de Cleveland de cementos asfálticos	43
3.2.6 Ductilidad de cementos asfálticos.....	43
CAPITULO IV	45
4. DISEÑO MARSHAL	45
4.1 Diseño de Mezclas Asfálticas en caliente Método Marshall.....	45
4.1.1 Selección de los porcentajes de agregados y de la franja para el diseño de las Mezclas Asfálticas.	45
4.1.2 Determinación del porcentaje de asfalto óptimo teórico para el diseño de mezclas asfálticas.....	48

4.1.3 <i>Análisis de los vacíos</i>	49
4.1.3.1 Gravedad específica Bulk.....	49
4.1.3.2 Cálculo de la gravedad específica máxima teórica	50
4.1.4 <i>Estabilidad y flujo Marshall</i>	51
4.2 Diseño Original.....	52
4.2.1 <i>Densidad Bulk</i>	52
4.2.2 <i>Gravedad máxima teórica</i>	53
4.2.3 <i>Cálculo de Gravedad Específica Máxima Teórica</i>	53
4.2.4 <i>Diseño Marshall</i>	53
4.2.4.1 Gráficos.....	55
4.2.4.2 Análisis de resultados.....	58
4.3. Diseño con aditivo Zycotherm	58
4.3.1 <i>Mezclas Asfálticas en tibio con aditivo Zycotherm</i>	58
4.3.1.1 Primer Diseño de Mezclas Asfálticas con Zycotherm	58
4.3.1.1.1 Densidad Bulk	59
4.3.1.1.2 Estabilidad y flujo.....	60
4.3.1.2 Segundo Diseño de Mezclas Asfálticas con Zycotherm.....	60
4.3.1.2.1 Diseño Marshall.....	60
4.3.1.2.2 Gráficos.....	62
4.3.1.2.3 Análisis de resultados (AC20 modificado - zycotherm)	65
4.3.1.3 Comprobación del Asfalto óptimo del diseño con Ac20 modificado con Zycotherm	65
4.3.1.3.1 Resumen de cálculos Comprobación 0.03 Zycotherm al porcentaje óptimo (AC 20 modificado con zycotherm)	65
4.4 Mezcla asfáltica en tibio con aditivo Cera Carnauba Wax	67
4.4.1 <i>Resumen de cálculos AC 20 modificado con cera Carnauba Wax al 3%</i>	67
4.4.2 <i>Resumen de cálculos AC 20 Modificado con cera Carnauba WAX al 5%</i>	69
4.4.3 <i>Resumen de cálculos AC 20 modificado con cera Carnauba Wax al 8%</i>	70

CAPÍTULO V	75
5. ANÁLISIS ECONÓMICO	75
5.1 Ventaja 1: Disminución de temperatura	76
5.2 Ventaja 2: Reducción del contenido óptimo de betún	77
5.3 Ventaja 4: Mejorar la trabajabilidad de la mezcla.....	78
5.4 Ventaja 5: Incremento del RAP	78
CAPITULO VI	83
6.1 Conclusiones.....	83
6.2 Recomendaciones.....	90
Bibliografía.....	92
Anexos	93

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1: Bitumen	19
Imagen 1.2: Variación de la viscosidad con la temperatura	21
Imagen 2.1: Gradaciones representativas para los tipos de HMA densas	25
Imagen 2.2: Gradaciones representativas para los tipos de HMA abiertas o porosas (open-graded)	26
Imagen 2.3: Gradaciones representativas para los tipos de HMA de granulometría incompleta (gap-graded)	26
Imagen 2.4: Representación del VAM en una probeta de mezcla asfáltica compactada..	28
Imagen 2.5: Mejora el ángulo de contacto mediante el uso de tensoactivos	35
Imagen 2.6: Curva viscosidad vs temperatura con aditivo orgánico	36
Imagen 3.1: Ensayo granulometría agregado fino	39
Imagen 3.2: Ensayo absorción arena.....	40
Imagen 3.3: Ensayo abrasión.....	40
Imagen 3.4: Ensayo peso unitario	41
Imagen 3.5: Ensayo desgaste a los sulfatos.....	41
Imagen 4.1: Muestra briquetas.....	45
Imagen 4.2: Ensayo de densidad Bulk.....	50
Imagen 4.3: Ensayo Rice	51
Imagen 4.4: Baño María briquetas a 60 °C	51
Imagen 4.5: Ensayo de estabilidad y flujo	52
Imagen 4.6: Briquetas con Zycotherm (0.03%; 0.05%; 0.07%)	59
Imagen 4.7: Briquetas con aditivo cera carnauba wax.....	67
Imagen 5.1: Disminución de temperatura.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Prcentage mínimo de VAM.....	29
Tabla 2.2: Cera tipo CARNAUBA WAX	37
Tabla 2.3: Especificaciones del Zycotherm.....	37
Tabla 3.1: Resumen de resultados de los agregados pétreos.....	42
Tabla 3.2: Resumen de resultados ensayos de cemento asfáltico AC 20	44
Tabla 4.1: comparación del porcentaje óptimo de AC 20 vs. Zycotherm y Cera Carnauba Wax.....	71
Tabla 5.1: Ventajas de las mezclas asfálticas	75
Tabla 5.2: Costo de la mezcla asfáltica por m3.....	76
Tabla 5.3: Análisis de precios unitarios, Mezcla asfáltica en caliente sin aditivo.....	79
Tabla 5.4: Análisis de precios unitarios, Mezcla asfáltica en caliente con Zycotherm	80
Tabla 5.5: Análisis de precios unitarios, Mezcla asfáltica en caliente con Carnauba Wax.....	81
Tabla 5.6: Presupuesto Porcentaje mínimo de VAM.....	82

ÍNDICE ECUACIONES

Ecuación 2.1: Vacíos de agregado mineral.....	28
Ecuación 2.2: Vacíos llenos de asfalto	29
Ecuación 2.3: Volumen de agregado en porcentaje	30
Ecuación 2.4: Volumen del cemento asfáltico	30
Ecuación 2.5: Vacíos con aire	30
Ecuación 2.6: Gravedad específica de masa promedio.....	31
Ecuación 2.7: Contenido de asfalto efectivo.....	31
Ecuación 4.1: Superficie específica de los áridos	48
Ecuación 4.2: Porcentaje del asfalto	49
Ecuación 4.3: Densidad específica Bulk.....	49
Ecuación 4.4: Gravedad específica máxima teórica.....	50

CAPÍTULO I

1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

1.1 AGREGADOS

Un árido es definido como un material inerte, sólido utilizado en la fabricación de productos resistentes con las granulometrías adecuadas mediante su mezcla con materiales como: cal, cemento, ligante bituminoso, etc. (López, 1994).

Los agregados provenientes del petróleo y usados para realizar pavimentos se refiere a materiales de grava, arena, y materiales finos ya sean de origen natural o triturados con maquinaria externa. Este tipo de material se usa comúnmente en el ámbito de la construcción ya sea en el área vial, estructural entre otras. (Rondón & Reyes, 2015).

1.1.1 Rocas Sedimentarias

Este tipo de rocas son formadas por mucho material sedimentado, es decir una gran cantidad de material fino asentado en el agua, este sedimento está lleno de varios tipos de materiales, que pueden ser minerales, restos de animales muertos, productos químicos existentes por evaporaciones o combinaciones de minerales, etc. Adicionalmente se sabe que este tipo de rocas tienen una buena adherencia al bitumen y se suelen añadir a mezclas con agregados poco adherentes para poder mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica (Bustillo, Durán, & Fueyo, 2014).

1.1.2 Rocas Ígneas

Estas rocas ígneas son provenientes de material de magma enfriado rápida o lentamente, existen dos clases de rocas ígneas: las extrusivas y las intrusivas.

Las extrusivas son las que después de fenómenos naturales en los cuales interviene magma de volcanes o movimiento geológicos en el planeta, y quedan en el exterior de la superficie terrestre y por esta razón se enfría en menor tiempo, mientras que las intrusivas son las que después de fenómenos naturales se quedan en el interior de la superficie y proceden a bajar su temperatura en un mayor tiempo. (Bustillo, Durán, & Fueyo, 2014).

1.1.3 Rocas Metamórficas

Este tipo de rocas metamórficas son en general rocas sedimentarias e ígneas pero estas sometidas a grandes presiones y temperatura al interior de la superficie terrestre. No se conoce exactamente la iniciación de este tipo de rocas por las complejidades en sus formaciones. (Bustillo, Durán, & Fueyo, 2014).

Los agregados que mejor desempeño registran en carpetas de rodadura son las rocas ígneas y metamórficas. Por su alta resistencia al pulimento son recomendadas para vías con tráficos pesados; es por eso por lo que comúnmente se usa esta variedad de agregados para la creación de mezclas asfálticas, como los granitos, cuarcitas, basaltos y andesitas.

Los materiales para usar como agregados para mezclas podremos ubicarlos y separarlos dependiendo de su origen y fuente, y estos pueden ser: artificiales, procesados o naturales.

1.2 LIGANTES

Esto ligantes son materiales bituminosos o pegajosos de gran viscosidad, generados por petróleo o hidrocarburos naturales que tienen propiedades capaces de unir o adherir varios materiales dando una cohesión significativa al conjunto de materiales. Generalmente tienen un color negro, y se tienen 3 tipos de este material.

- Básicos (alquitranes y betunes).
- Derivados (varios betunes modificados).

1.2.1 Propiedades del Asfalto

1.2.1.1 Propiedades Químicas

El asfalto es un material negro viscoso, obtenido natural o artificialmente de la destilación del petróleo, si se lo disuelve a altas temperaturas en combinación de un hidrocarburo saturado como el heptano, este asfalto se dividirá en asfaltenos y maltenos.

Los asfaltenos generalmente se definen como la porción orgánica del crudo de petróleo, este difícilmente se disuelve con el heptano, mientras que, los maltenos generalmente en el asfalto son la mayor porción, y estos se disuelven fácilmente en estos hidrocarburos saturados (Asphalt Institute, 1982).

Esto nos permite tener una idea de la complejidad química que tienen los ligantes asfálticos y cómo podríamos hacer uso de estas variables para lograr sustancias aditivas que mejoren estas características.

Imagen 1.1: Bitumen



1.2.1.2 Propiedades Físicas

Dentro de los trabajos a realizarse con asfalto debemos tener en cuenta las principales propiedades físicas existente con este tipo de material, y estos son: la durabilidad, la cohesión, la reacción al exponerse a la temperatura, el deterioro con el tiempo y la obtención de dureza al momento del cambio de temperatura.

- Durabilidad

Es una propiedad medible, indicador de la capacidad del asfalto para retener las propiedades iniciales cuando le sometemos a procesos de uso; es decir, es el aspecto medible de cómo cambia el asfalto con el tiempo y sus propiedades físicas, esta propiedad se puede juzgar a través del comportamiento del pavimento.

Es la máxima capacidad resistente que tiene el asfalto sometido a agentes externos y procesos de degradación por intemperización. Es una peculiaridad analizada principalmente a través del comportamiento del pavimento, esto lo vuelve difícil de definir sin aislar el asfalto del pavimento. El comportamiento del pavimento es producto de las características de agregado y bitumen, además existen otros parámetros externos como la

mano de obra en la construcción, las condiciones climáticas al momento de fabricarse. (The Asphalt Institute,1982).

Los organismos de control han creado métodos de ensayo destinados a cuantificar la calidad de los materiales. Para el caso del asfalto ASHTO ha creado la prueba estándar llamada “Prueba de película delgada en horno rotatorio”, prueba con la cual se determinará el deterioro con el tiempo y durabilidad.

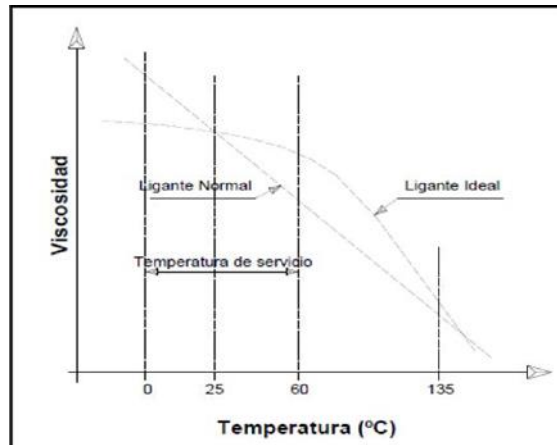
- Cohesión y adhesión

Adhesión es la propiedad del asfalto para envolver las partículas de los agregados y permanecer adherido a ellas, mientras que la cohesión permitirá evaluar la capacidad de este para obtener una gran fuerza para tenerlas a las partículas sin separarse. Los ensayos para su evaluación son del tipo cualitativos, como el de peladura por el método del hervido que permiten identificar si el asfalto es apto o no. (The Asphalt Institute,1982).

- Susceptibilidad a la temperatura

La susceptibilidad térmica del asfalto permite determinar su comportamiento ante las variaciones de temperatura, pues al ser un material viscoelástico presenta consistencia dura (alta viscosidad) a bajas temperaturas, mientras que al aumentar la temperatura su consistencia es blanda (baja viscosidad). La importancia de evaluar la susceptibilidad a la temperatura, se vuelve relevante principalmente durante los procesos de construcción y mezcla, pues es necesario que el asfalto tenga adecuada fluidez a temperaturas que no afecten su calidad, logrando que cubra las partículas del agregado y a la vez les permita acomodarse unas respecto a otras, por otro lado, luego de finalizada la etapa de construcción, el asfalto deberá presentar alta viscosidad para mantener unidas a las partículas de agregado y adecuada dureza capaz de aportar elasticidad a la capa de rodadura. Los ensayos que permiten su evaluación son aquellos que caractericen su viscosidad, dureza y punto de ablandamiento (The Asphalt Institute,1982).

Imagen 1.2: Variación de la viscosidad con la temperatura



Fuente: Caracterización del asfalto para mezclas

- Endurecimiento y envejecimiento

El envejecimiento del asfalto permite evaluar su comportamiento ante la exposición a condiciones normales pero desfavorables que aparecen durante los procesos de mezcla y construcción, en el caso más crítico, el asfalto puede estar expuesto a condiciones altas de temperatura por largo tiempo, este escenario es evaluado por los laboratorios de “pruebas de película delgada en horno (TFO) y horno giratorio (RTFO)”. Una respuesta inadecuada del asfalto hará que este se endurezca a causa de la combinación del asfalto con el oxígeno (procesos de oxidación), y que ocurre a temperaturas altas y en las películas delgadas que cubren a los agregados. Un asfalto endurecido aumentará su viscosidad; es decir, su endurecimiento, respecto al ligante original y por consiguiente modificará las propiedades de la mezcla diseñada. Por lo tanto, la determinación de esta propiedad permitirá ajustar las técnicas de construcción y mezcla capaz de provocar el menor endurecimiento (Asphalt Institute, 2001).

Una respuesta inadecuada del asfalto hará que este se endurezca a causa de la combinación del asfalto con el oxígeno (procesos de oxidación), y que ocurre a temperaturas altas y en las películas delgadas que cubren a los agregados. Un asfalto endurecido aumentará su viscosidad respecto al ligante original y por consiguiente modificará las propiedades de la mezcla diseñada. Por lo tanto, la determinación de esta propiedad permitirá ajustar las técnicas de construcción y mezcla capaz de provocar el menor endurecimiento (Asphalt Institute, 2001).

- Ductilidad del asfalto

La ductilidad del asfalto evalúa su resistencia a la rotura, por medio del alargamiento máximo de la muestra, lo que, de manera tentativa, permitirá calificar si el material se comporta elásticamente ante las extenuantes deformaciones provocadas por las cargas de tránsito, sin embargo, lo más relevante es calificar la existencia o ausencia de elongación, pues un asfalto dúctil presenta mejores propiedades de aglomeración.

Si la ductilidad es excesiva, el asfalto puede ser susceptible a la variación térmica y por consiguiente más deformable (Montejo, 2002).

Existen otro grupo de propiedades, que no están directamente relacionadas con el comportamiento reológico del asfalto, pero son igual de importantes, así tenemos el punto de inflamación, que es relevante, porque permite identificar la máxima temperatura a la que aún se puede manipular el asfalto, antes de iniciar un proceso de inflamación. Otro tipo de propiedades permiten evaluar las características volumétricas del asfalto, como el peso específico, y que fundamentalmente influirá en la obtención del dato definitivo del % de vacíos en una mezcla compactada (Asphalt Institute, 2001).

1.2.2 Cementos Asfálticos

El cemento asfáltico es un material que se manifiesta con una consistencia sólida, semisólida o líquida, presenta un color negro o pardo oscuro. El bitumen es un material que nos ayuda a unir los agregados existentes en la mezcla asfáltica, y este material tiene propiedades adhesivas, impermeables y resistentes.

Los cementos asfálticos se caracterizan bajo 3 propiedades de gran importancia.

Principalmente se debe asemejar cuáles son las características de viscosidad una vez colocado el asfalto en la mezcla ya creada es decir el pavimento; y así, poder simular el envejecimiento que ocurrirá en la mezcla cuando estamos en proceso de mezclado dentro de la planta de asfalto, este asfalto deberá ser ensayado en laboratorio, y posteriormente el asfalto residual sobrante posterior al tiempo transcurrido, deberá clasificarse de acuerdo con su resultado de viscosidad (The Asphalt Institute, 1982).

CAPÍTULO II

2. MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.1 Mezclas Asfálticas Convencionales

2.1.1 Definición

Se define como el resultado de la composición de agregados pétreos con ligantes asfálticos usualmente elaborados en plantas asfálticas, aunque en ciertas ocasiones también son producidas en situ (Rondón & Reyes, 2015).

Según la teoría existente de estudios realizado durante ya varios años se define como mezcla asfáltica: “Un aglomerado asfáltico, es una mescolanza o unión en proporciones del material bituminoso o asfalto y material de diferentes granulometrías dependiendo el diseño de cada pavimento.

Esta mezcla deberá tener las proporciones debidamente calculadas de cada uno de sus componentes, lo cual dependerá de las necesidades presentes antes de realizar un diseño óptimo de pavimento, por otra parte, la resistencia u otras características se buscará alcanzar como objetivo primordial en el diseño. En carreteras o vías se desea obtener una buena respuesta estructural, lo cual significa, que sea capaz de resistir la sollicitación del tráfico obtenido mediante un estudio o conteo vehicular de la zona para cada proyecto, y obviamente producir bajas deformaciones (The Asphalt Institute, 1982).

2.1.2 Composición

La composición de las mezclas asfáltica comúnmente se encuentra en distribuciones porcentuales del, 90% para un agregado de material pétreo grueso, y en ciertos casos material intermedio, dependiendo de las necesidades al momento de realizar el diseño óptimo de la mezcla, adicionalmente, un 5% de polvo mineral o filler que pase el tamiz #200, y finalmente, un 5% de bitumen o cemento asfáltico, que actuará como un ligante en la mezcla (Rondón & Reyes, 2015).

La relación de cantidades entre el ligante y polvo mineral serán los datos que mayor influencia tendrán para realizar una mezcla muy resistente como en el económica.

Si la mezcla contiene mucho agregado fino se requerirá mayor cantidad de ligante y viceversa, ya que dependerá de su mayor o menor área superficial de sus partículas.

2.1.3 Características volumétricas de las mezclas asfálticas calientes (HMA)

Estos diseños de mezclas asfálticas en caliente, se clasifican en 4 grupos: mezclas de gradación densa, semidensas, mezclas abiertas (open-graded), y mezclas porosas (Según Minaya y Ordoñez, 2006). Por otro lado, si se considerará una clasificación más particular en base a la cantidad de vacíos de aire (V_a) que presenta la mezcla luego de ser compactada, se clasificarían en:

- Mezclas densas $V_a < 6\%$
- Semidensas $6\% < V_a < 12\%$.
- Abiertas $12\% < V_a < 18\%$
- Porosas $V_a > 20\%$

Las mezclas de gradación densa están formadas por asfalto y agregados de varios tamaños bien distribuidos (gradación continua). Si la mezcla está formada, por agregados de tamaño de (1/2"), o (3/4"), se las conoce como mezclas asfálticas convencionales de gradación densa, por otro lado, existen también las mezclas densas tipo Large-stone, que se forman con agregados de tamaño máximo nominal superior a 25mm (1"), y son utilizadas por su alta resistencia a los esfuerzos de compactación. Cuando la mezcla asfáltica se forma solo con agregados sobre pasantes del tamiz (3/8"), son mezclas tipo Asfalto-Arena, generalmente llevan mayor contenido de asfalto debido al aumento de vacíos en comparación con las mezclas convencionales, además, presentan muy baja resistencia, principalmente a la deformación permanente. La Imagen 1.3, indica las curvas granulométricas representativas, con los porcentajes que, en cada tamiz, pasa el agregado para formar los diferentes tipos de mezclas asfálticas de gradación densa, se observa también, la diferencia de los tamaños nominales máximos, que corresponden a los puntos de las curvas, con el cien por ciento de porcentaje, que pasa el agregado (Asphalt Institute, 2014).

Las mezclas asfálticas abiertas o porosas (open-graded), están formadas por tamaños del agregado relativamente uniformes, son usadas principalmente por su característica drenante y se usan para conformar la capa superficial del pavimento o las capas estructurales interiores. Las mezclas utilizadas para construir las capas superficiales, se conocen como mezclas asfálticas en caliente tipo open-graded friction course (OGFC), tienen una estructura porosa para formar superficies gruesas que faciliten el drenaje en el exterior y evitan encharcamientos, por otro lado, las mezclas utilizadas para construir las capas estructurales interiores, se las conoce como bases permeables tratadas con asfalto, y se forman al igual que el tipo de mezcla anterior con agregados de gradación uniforme,

pero con mayor tamaño máximo nominal, que para este caso está entre 19mm (3/4”) a 25mm(1”) (Asphalt Institute, 2014).

En la Imagen 2.3 se indican las curvas granulométricas representativas, con los porcentajes que, en cada tamiz, pasa el agregado, para formar los diferentes abierta o porosa.

Estas porosas están formadas de agregado grueso y fino, con disminución de los agregados de tamaños intermedios, permitiendo obtener con una apropiada compactación capas densas e impermeables. Un tipo particular de estas son las mezclas stone mastic asphalt (SMA), que se caracterizan principalmente por su alto contenido de agregado mineral o filler (agregado fino que pasa el tamiz N° 200), que está entre el 8 y 10%. La Imagen 1.5, indica las curvas granulométricas representativas, con los porcentajes que en cada tamiz pasa el agregado, para formar los diferentes tipos de mezclas asfálticas de gradación incompleta (Asphalt Institute, 2014).

Imagen 2.1: Gradaciones representativas para los tipos de HMA densas

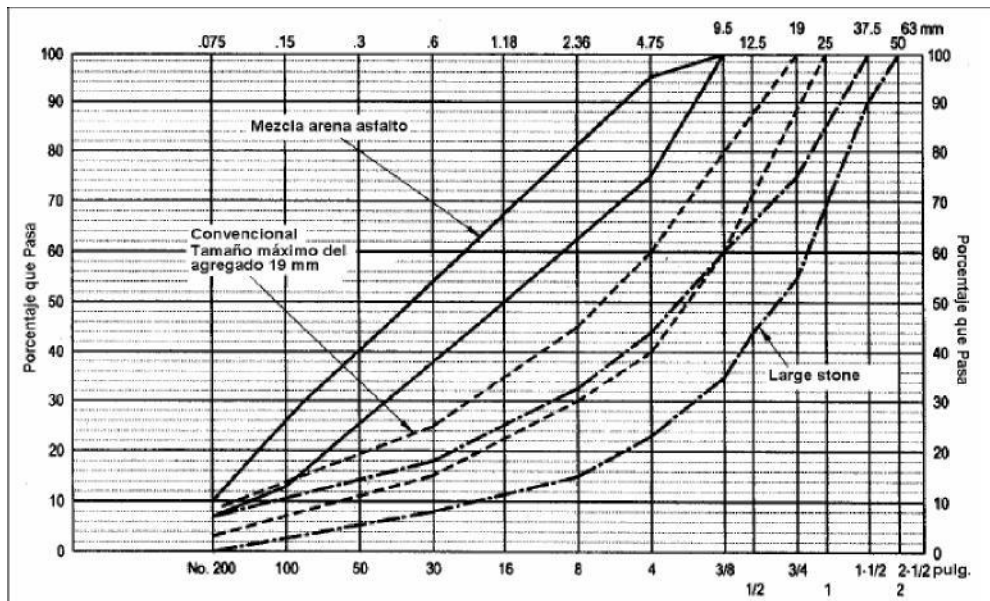
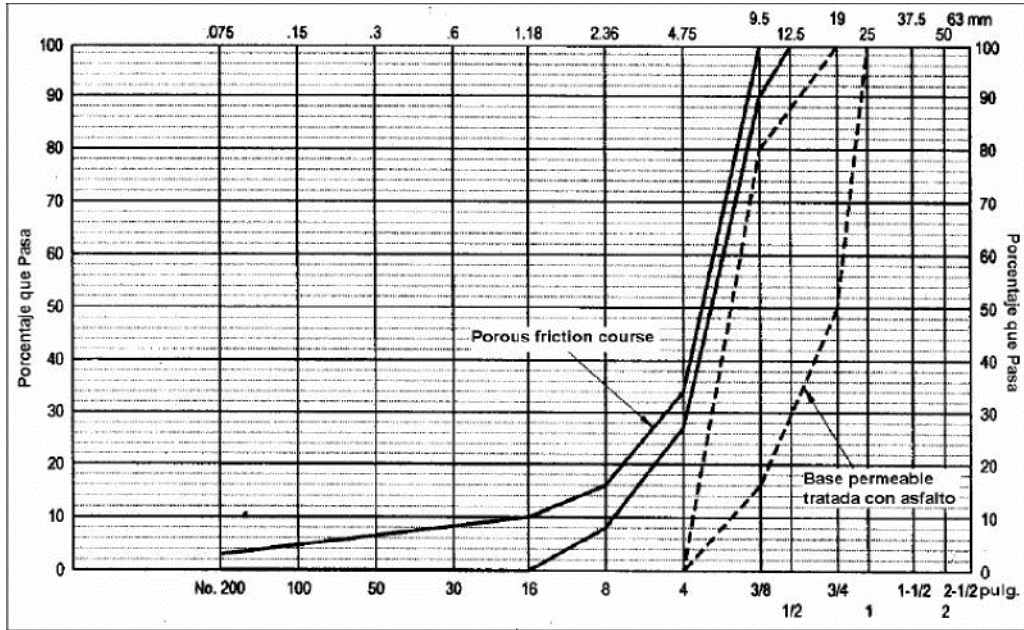
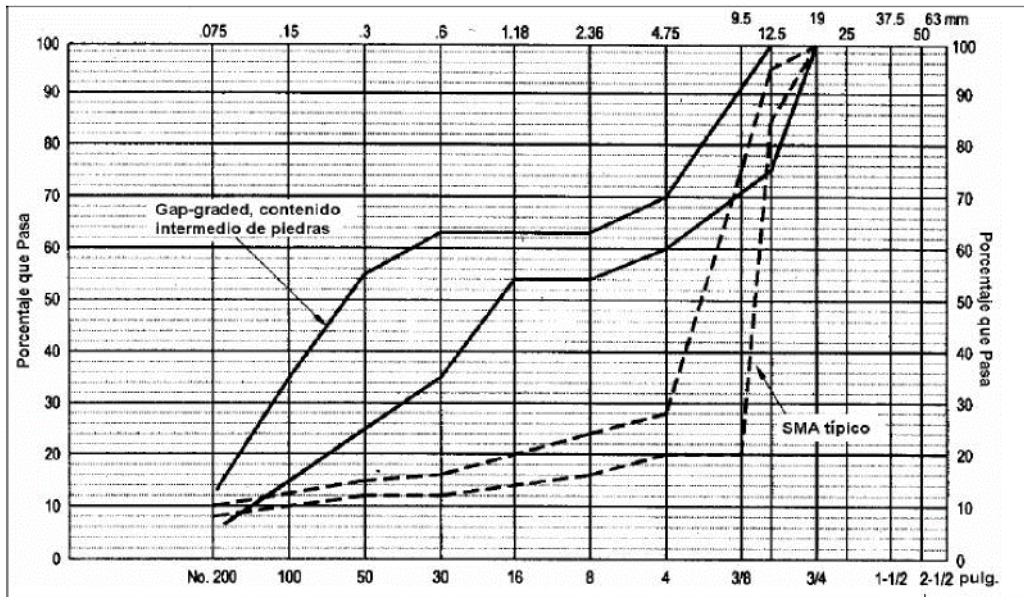


Imagen 2.2: Gradaciones representativas para los tipos de HMA abiertas o porosas incompleta (open-graded)



Fuente: Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas, 2006

Imagen 2.3: Gradaciones representativas para los tipos de HMA de granulometría incompleta (gap-graded)



Fuente: Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas, 2006

2.1.3.1 Densidad de la mezcla

Corresponde a la proporción calculada del peso ya compactado con relación a la unidad de volumen. Es determinada en el laboratorio y para usar ese valor como patrón e identificar y controlar la compactación de la mezcla en el pavimento terminado. Las mezclas asfálticas compactadas y con valores altos de densidad son fundamentales para conseguir un rendimiento duradero del pavimento terminado. (Asphalt Institute, 2001).

Son necesarias dos densidades la densidad Bulk y la máxima densidad son medidas durante proceso de diseño de la mezcla, con estos dos valores se obtendrá el valor definitivo de espacios de aire en modelos ya compactados.

2.1.3.2 Porcentaje de vacíos o vacíos de aire

Son zonas que contiene aire que quedan atrapados en los modelos ya compactados, y se relacionan directamente con la permeabilidad y densidad de la capa terminada. Las mezclas con alto contenido de vacíos serán porosas y menos densas, mientras que bajos porcentajes de vacío permiten obtener mezclas más densas y menos permeables.

Los modelos convencionales de graduación densa aplicadas en bases y capas superficiales deben contener porcentajes de vacíos determinados en muestras de laboratorio entre el 3 y 5 por ciento, mientras que en la verificación en obra deben ser porcentajes inferiores al 8 por ciento, de esta manera se permite que la carpeta pueda compactarse bajo las cargas de tránsito (Asphalt Institute ,2001).

Controlar y obtener el % necesario de vacíos de aire, mejorará la durabilidad de la mezcla, dado que cuando los porcentajes de vacío son altos, existe mayor cantidad de poros, donde circula ya sea agua o aire, causando la oxidación y desgaste de la superficie. Por otro lado, cuando los porcentajes de vacíos son bajos, al comprimir la carpeta se restringe la posibilidad que el asfalto se acomode en los vacíos de aire, provocando que el asfalto se exprima hacia la superficie (exudación del asfalto).

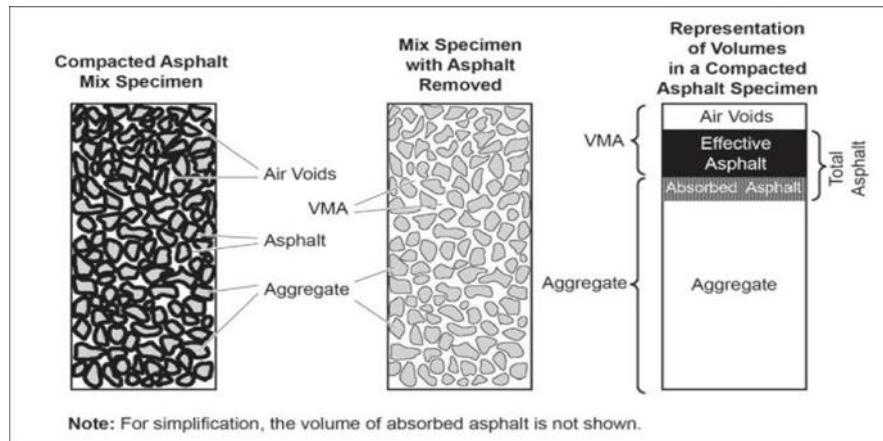
2.1.3.3 Vacíos en el agregado

Es el volumen que ocupan los vacíos de aire, y los espacios llenos por el asfalto, incluyendo el volumen de la película que rodea a los agregados, pero excluyendo la porción que es absorbida por ellos, este volumen de asfalto se conoce como asfalto efectivo. La Imagen 2.4, permite identificar de mejor forma, cada uno de los volúmenes que conforman el VAM, ya sean vacíos de aire (Air Avoinds), como asfalto real (Effective Asphalt).

$$\text{VAM} = 100 - \text{Vagr}$$

Ecuación 2.1: Vacíos de agregado mineral

Imagen 2.4: Representación del VAM en una probeta de mezcla asfáltica compactada



Fuente: Asphalt Institute, 2014

La cantidad de vacíos de agregado mineral, depende la durabilidad de la mezcla asfáltica, puesto que cuando los porcentajes de VAM son altos, existirá mayor espacio para que la película que cubre a los agregados sea más gruesa, mientras que cuando los porcentajes de VAM son inferiores a los mínimos recomendados, especialmente en mezclas excesivamente densas, la película que cubre a los agregados será demasiado fina, produciendo mezclas de baja durabilidad y con apariencia seca (Asphalt Institute, 2001).

Los porcentajes de VAM, mínimos recomendados para mezclas densas, se indican en la Tabla N°5, los cuales se encuentran en relación directa de los agregados (tamaño máx.) y del porcentaje de vacíos de aire de diseño.

Tabla 2.1: Prcentaje mínimo de VAM

Tamaño Máximo de partículas nominal	VAM mínimo, porcentaje			
	Porcentaje de Vacíos de Aire de Diseño			
<u>mm</u>	<u>pulg</u>	<u>3,0</u>	<u>4,0</u>	<u>5,0</u>
1,18	N° 16	21,5	22,5	23,5
2,36	N° 8	19	20	21
4,75	N° 4	16	17	18
9,5	3/8"	14	15	16
12,5	1/2"	13	14	15
19	3/4"	12	13	14
25	1	11	12	13
37,5	1,5	10	11	12
50	2	9,5	10,5	11,5
63	2,5	9	10	11

Notas:

1. Especificación estándar para tamices de tela metálica para fines de ensayo, ASTM E11 (AASHTO M 92)
2. El tamaño de partícula máximo nominal es un tamaño mayor que el primer tamiz para retener más del 10 por ciento.
3. Interpolar el VAM mínimo para los valores de vacíos de diseño que se encuentran entre los que están citados.

Fuente: Asphalt Institute, 2014

2.1.3.4 Vacíos llenos de asfalto

La cantidad de asfalto a incorporar en el modelo deberá ser fijado exactamente en base a pruebas en laboratorio, para luego realizar su verificación en el sitio de construcción. Se deberá obtener el mejor % de asfalto y para esto existen varios métodos, mismos que establecen sus propios criterios y procedimientos. Algunos de los factores determinantes en el porcentaje, son la granulometría y su capacidad de absorción (Asphalt Institute, 2014).

Las mezclas con mayor contenido de agregado grueso necesitan menor cantidad de asfalto, en razón que existe menor superficie total para recubrir, mientras que las mezclas con mayor contenido de agregados finos generan mayor superficie para ser recubierta por el asfalto, además seguirá aumentando conforme crezca el contenido de relleno mineral o filler (agregado delgado que pase por tamiz N°200). Al mismo tiempo, de la capacidad de absorción de los agregados, depende la determinación del contenido total de asfalto que requiere la mezcla, tanto para recubrir a los agregados, como para garantizar que exista el contenido que estos absorben (Asphalt Institute, 2001).

$$VAF = \left(\frac{VAM - Vv}{VAM} \right) * 100$$

Ecuación 2.2: Vacíos llenos de asfalto

2.1.3.5 Volumen de agregado en porcentaje

$$V_{agr} = \frac{\%agregados * G_b}{G_{agr}}$$

Ecuación 2.3: Volumen de agregado en porcentaje

Donde:

Vagr = Volumen de agregado en porcentaje.

G_b = Densidad específica del cemento asfáltico.

G_{agr} = Gravedad específica de los agregados.

2.1.3.6 Porcentaje en volumen del cemento asfáltico

$$V_{ca} = 100 - V_{agr} - V_v$$

Ecuación 2.4: Volumen del cemento asfáltico

Donde:

V_{ca} = Volumen de cemento asfáltico.

Vagr = Volumen de agregado en porcentaje.

V_v = Volumen de vacíos llenos de aire.

2.1.3.7 Porcentaje de vacíos con aire respecto al volumen total de la probeta

$$V_v = \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right) * 100$$

Ecuación 2.5: Vacíos con aire

Donde:

V_v = Volumen de vacíos llenos de aire.

Gmb= Gravedad específica “bulk” promedio de las briquetas.

Gmm= Gravedad específica teórica máxima de la mezcla (RICE).

2.1.3.8 Gravedad específica de masa

$$Gsb = \frac{P1+P2+\dots+Pn}{\frac{P1}{G1} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}}$$

Ecuación 2.6: Gravedad específica de masa promedio

Donde:

Gsb = Gravedad específica de masa promedio.

G1,G2,.....Gn = Valores de gravedad específica por fracción 1,2,....., n.

P1,P2,.....Pn = Porcentaje en pesos de la fracción 1,2,....., n.

2.1.3.9 Contenido de asfalto efectivo, (Pbe)

$$Pbe = Pb - \left(\frac{Pba * Ps}{100} \right)$$

Ecuación 2.7: Contenido de asfalto efectivo

Donde:

Pbe= Contenido de asfalto efectivo, porcentaje por peso total de la mezcla.

Pb= Contenido de asfalto, porcentaje del peso total de la mezcla.

Ps= Contenido de agregado, porcentaje por peso total de la mezcla.

Pba= Asfalto absorbido, porcentaje por peso del agregado.

2.2 Mezclas Asfálticas Tibias

Este tipo de modelos, son nuevos tipos de mezclas que durante el proceso de elaboración y colocación se autoriza el uso de materiales externos como aditivos para reducir la temperatura de trabajo; es decir, se puede trabajar a temperaturas entre 100 °C y 135 °C, todas las nuevas tecnologías involucradas en su producción se concentran en poder colocar asfaltos a temperaturas sensiblemente inferiores a las técnicas tradicionales utilizadas (Asphalt Institute, 2014).

Existe indicios de estudios e investigación de información en países sobredesarrollado en los años 1980, países en los cuales se desarrolló la indagación de esta metodología nueva, a favor de la reducción del uso de materiales contaminantes para el medio ambiente y así ganar una pequeña batalla a favor de la naturaleza (Lopera, 2011).

En cuanto a las investigaciones realizadas al respecto sobre mezclas tibias se presentan a continuación las más relevantes en el continente

Americano:

USA: existe un enorme interés respecto de las Mezclas Tibias, prácticamente todos los estados tienen un programa para investigar y estimular el uso de mezclas tibias. Texas lidera las aplicaciones comerciales de mezclas tibias. California también está promoviendo fuertemente este tipo de aplicaciones. En el futuro todas las Mezclas en caliente serán transformadas a mezclas tibias.

En Sudamérica ya hay aplicaciones a escala comercial en Brasil y Argentina. En Colombia existe una investigación realizada por muy importantes profesionales entre uno de ellos el ingeniero magister Conrado Hernando Lopera Palacio.

Especialistas de los Estados Unidos a partir del 2002 empezaron a investigar esta técnica que rápidamente sería adoptada por ese país. Se empezó a investigar en Brasil y para luego adaptarlas a las condiciones de trabajo locales. Cada país tiene condiciones y recursos existentes distintos, entonces cada técnica desarrollada se debe adaptar a las mismas. (Lopera, 2011)

En Ecuador hemos realizado el acercamiento a la empresa BREM, con el Ingeniero Patricio Burbano, dueño de la empresa, quien nos supo explicar que esta nueva tecnología ha iniciado a usarse en este país y en empresas grandes productoras de asfalto como Naranjo López, Herdoiza Crespo, Panavial, Hidalgo & Hidalgo, ya hace un par de años; adicionalmente, nos expresó su criterio personal, el cual el dueño de empresa ve el uso de los asfaltos tibios no con la idea de disminuir resistencia, sino, por el contrario mantener o

subir la resistencia y en conjunto obtener una holgura en lo referente a tiempo de espera de la mezcla asfáltica antes de colocarla en obra, pues así es como estas grandes empresa usan los aditivos químicos para asegurarse que la resistencia de su mezcla no baje, pero que el tiempo de recorrido aumente, teniendo así, un tiempo extra y así evitar pérdidas comunes al momento de colocar mezclas asfálticas en campo.

2.3 Aditivos

Para que los pavimentos duren, deben estar contruidos adecuadamente. Lograr la densidad requerida a menudo se considera el factor más importante que afecta el rendimiento final de cualquier pavimento. Incluso las mejores mezclas asfálticas fracasarán prematuramente sin la compactación adecuada. La temperatura de la base juega un papel crítico en el tiempo permitido para lograr la densidad adecuada.

Las nuevas tecnologías de mezclas tibias generalmente brindan a los contratistas de pavimentación una ayuda para la compactación combinada de la mezcla asfáltica, los aditivos a usarse están formuladas específicamente para permitir que la mezcla asfáltica se produzca y compacte a temperaturas más bajas y para alargar la vida útil del pavimento al proteger contra el daño por humedad.

Al incorporar aditivos ya sean orgánicos o químicos en sus mezclas, los contratistas de pavimentación pueden realizar lo siguiente de manera eficaz, en base a una extensa investigación realizada en aplicaciones de aditivos a mezclas asfálticas, podemos detallar un listado de ventajas:

- Lograr la densidad adecuada cuando la temperatura ambiente es más fría.
- Pasar las pruebas de relación de resistencia a la tracción (TSR) y cualquier otra prueba de resistencia necesaria.
- Transportar la mezcla a distancias más largas sin sacrificar la capacidad de trabajo y de compactación necesaria de la mezcla.
- Incorporar un mayor porcentaje de pavimento asfáltico reciclado (RAP).
- Reducir el consumo de combustible.
- Reducir las emisiones en planta.
- Proporcionar un mejor ambiente laboral para el personal de pavimentación
- Extender la temporada de pavimentación.

- La mejor protección contra daños por humedad proporciona un pavimento más duradero.
- Facilita la pavimentación en temperaturas más frías, lo que extiende la temporada de pavimentación y el área potencial de cobertura.
- Ahorra dinero durante la construcción al permitir un pavimento de elaboración más rápida con menos equipos de rodillos, y los costos como resultado de la producción a menor temperatura.
- Más seguro para los equipos de pavimentación y mejora la comodidad debido a temperaturas y emisiones reducidas.
- Respetuoso con la naturaleza como resultado de bajas en las exposiciones de dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles.

2.3.1 Aditivos Químicos

Los aditivos químicos, generalmente trabajan cuando realizamos un nuevo diseño dosificando en % al peso del asfalto; es decir, existirá una proporción entre la cantidad de asfalto y la cantidad de aditivo, comúnmente y se recomienda de parte de los proveedores colocar el aditivo al 0.05% al peso del ligante. Es de gran importancia los aditivos al momento de usarlos ya que nos garantizan una correcta trabajabilidad y al momento de colocarla en sitio igualmente nos garantizan temperaturas correctas.

Tipos de aditivos químicos:

- Emulsificantes
- Tensoactivos (Imagen 2.5)

Imagen 2.5: Mejora el ángulo de contacto mediante el uso de tensoactivos



Fuente: Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas, 2006

2.3.2 Aditivos Orgánicos

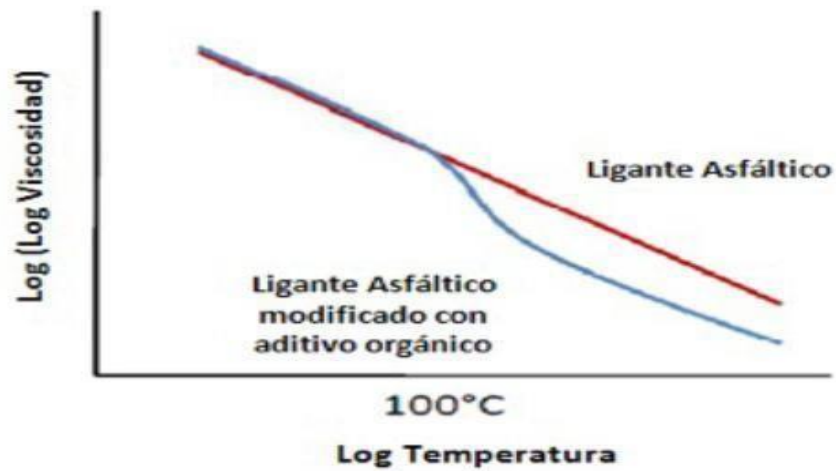
En principio, debemos tener muy claro que la obtención de mezclas tibias se las obtiene con la incorporación proporcionada de variedad de aditivos existentes en el mercado, comúnmente se usan ceras.

Estos diferentes tipos de aditivos ayudarán a la mezcla a no perder la capacidad de adherencia entre los materiales de diferentes granulometrías existentes y su respectivo ligante, por pérdida de temperatura los aditivos ayudan a incrementar el endurecimiento del asfalto

El aditivo cualquiera que se use, deberán dosificarlo y unirlo con el ligante en planta mas no en campo; es decir, antes de realizar la mezcla no después.

La mejor dosificación se la obtendrá de ensayos y laboratorios, sin embargo, los proveedores recomiendan incluir desde un 3 a 8% de aditivo al peso.

Imagen 2.6: Curva viscosidad vs temperatura con aditivo orgánico



Fuente: Superpave y el Diseño de Mezclas Asfálticas, 2006

Como resultado siempre obtendremos una gran facilidad para trabajar con la mezcla agregada ya el aditivo, reduciendo las temperaturas de un 10 a 20% de la temperatura normal en mezclas en caliente.

Tipos de ceras:

- Ceras Fischer-Tropsch.
- Ámidas acidas grasas.
- Ceras de Montana.

En nuestro caso hemos usado una cera tipo CARNAUBA WAX, con la siguiente ficha técnica.

Tabla 2.2: Cera tipo CARNAUBA WAX

POINTS	Standard	RESULTADOS
Moisture Content	0.50% 105 °C- 3H	0.40
Melting point	82.5-86.0°C American Wax	83.00 °C
Ash Content	0.20% max Astm D 482-87	0.13
Acid Value	6-12 Astm D 1386-59	9,69
Saponification Value	78-88 Astm D 1387-59	82,09
Ester Value	70-82 Astm D 1387-59	72,40

Fuente: ALMON DEL ECUADOR S.A.

2.3.2.1 Zycotherm

Tabla 2.3: Especificaciones del Zycotherm

Característica	Zycotherm
Apariencia	Líquido amarillo pálido
Densidad (25 °C)	1.01 g/ml
Punto de congelación	5-7 °C
Viscosidad a 25 °C	Menor a 300 Cp
Solubilidad	Soluble en agua
flamabilidad	Inflamable a 80 °C

Fuente: Zydex, 2014

El pavimento flexible, como superficie de rodadura, es muy usado en Ecuador. El cual, usualmente, requiere mantenimiento temprano atribuido a diferentes factores entre ellos: climas agresivos, gradientes térmicas altas, asfalto no normalizado, etc. Esto genera una necesidad imperante de obtener una mezcla asfáltica de mejor calidad, que permita tener una vida útil más larga y un mantenimiento más tardío. Existen varios ensayos de laboratorio que evalúan parámetros técnicos y de desempeño.

La nanotecnología lleva un desarrollo de años en distintos países de Latinoamérica, como Ecuador, Perú, Colombia, Panamá, Bolivia, Chile, etc. Uno de los principales productos de consumidos es ZYCOTHERM, que varias empresas públicas han aprovechado las mejoras técnicas y consecuentes beneficios en tiempo de vida útil y reducción de necesidad de mantenimiento temprano.

CAPÍTULO III

3. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

3.1 Ensayo de los agregados pétreos

3.1.1 Granulometría de los materiales

Este método es utilizado para determinar la granulometría de los materiales pétreos a utilizarse. Determinando el tamaño máximo nominal del agregado grueso y del agregado fino (INEN 696, 2011).

Imagen 3.1: Ensayo granulometría agregado fino



3.1.2 Gravedad Específica, seca, saturada y Absorción del agregado grueso

Para realizar este ensayo se tienen que dejar las muestras de los agregados de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", sumergidas en agua por un lapso de 24+4h. Con las cuales se determinará la densidad específica, densidad seca, saturada y absorción del agregado grueso (ASTM C127, 2015).

3.1.3 Gravedad Específica, seca, saturada y Absorción del agregado fino

Después de dejar sumergida la muestra por un tiempo de 24+4h. se procede a realizar el ensayo para la determinación de la densidades específica, seca, saturada y la absorción de agregados finos (ASTM C127, 2015).

Imagen 3.2: Ensayo absorción arena



3.1.4 Abrasión en la máquina de los ángeles

Este ensayo se lo realiza en materiales pétreos grueso para nuestro caso $\frac{3}{4}$ " y $\frac{3}{8}$ " Con este se conocerá la durabilidad y la resistencia que tendrá la mezcla asfáltica. Cumpliendo la teoría de que los agregados deben de duros y resistentes a la abrasión para evitar el aplastamiento, la degradación y desintegración (ASTM C131, 2014).

Imagen 3.3: Ensayo abrasión



3.1.5 Peso Unitario de los agregados

Para este ensayo se procede primero al cuarteo de los materiales se recoge una muestra para cada tipo de agregado para proceder a determinar el peso unitario de los áridos en su estado suelto y compactado.

Imagen 3.4: Ensayo peso unitario



3.1.6 Desgaste a los sulfatos

Este ensayo determina la resistencia o desgaste a la acción de sulfatos. Se preparo la solución de magnesio para luego proceder a sumergir las muestras, por un tiempo de 14h a 16h en 5 ciclos (INEN 863, 2011).

Imagen 3.5: Ensayo desgaste a los sulfatos



3.1.7 Equivalente de arena

Este ensayo se determina el deleterio del material (contenido de polvo fino o material arcilloso).

El equivalente de arena se denomina a todas aquellas partículas de diámetro menor a 0.002mm que se encuentran adheridos al agregado fino.

Tabla 3.1: Resumen de resultados de los agregados pétreos

Característica del ensayo	Norma	Especificación MOP		Resultados
		Min	Máx	
Granulometría agregado fino y grueso	ASTM C 136	-	-	
Gravedad Especifica seca del agregado grueso : 3/4" 3/8"	ASTM C-127	-	-	2,62 2,58
Gravedad Especifica seca del agregado fino : Arena gruesa	ASTM C-128	-	-	2,68
Gravedad Especifica saturada del agregado grueso: 3/4" 3/8"	ASTM C-127	-	-	2,67 2,64
Gravedad Especifica saturada del agregado fino: Arena gruesa	ASTM C-128	-	-	2,7
Absorción del agregado grueso: 3/4" 3/8"	ASTM C-127	-	-	1,73% 2,13%
Absorción del agregado fino: Arena gruesa	ASTM C-128	-	-	1,01%
Abrasión del agregado grueso: 3/4" 3/8"	ASTM C131/ C535		40	23% 24%
Peso Unitario de los Agregados grueso y fino	ASTM C 29	-	-	
Desgaste a los Sulfatos 5 ciclos 3/4" 3/8" Arena gruesa	ASTM C88		12	0,019% 0,036% 0,974%
Equivalente de Arena (%)	AASHTO T176	50		70%

3.2 Ensayo de asfalto

3.2.1 Viscosidad cinemática de cementos asfálticos, asfaltos diluidos

Se determina la viscosidad cinemática de los asfaltos líquidos, a 60° C y de cementos asfálticos a 135° C (ASTM D2171, 2010) .

3.2.2 Penetración en materiales bituminosos de cementos asfálticos

Al realizar este ensayo se determina la dureza de los cementos asfálticos, donde se mide la distancia en décimas de milímetros que penetra verticalmente una aguja normaliza en la muestra de asfalto (ASTM D5, 2013).

3.2.3 Punto de ablandamiento de cementos asfálticos

En este método se conoce la temperatura a la cual el material (cemento asfáltico), mantenido horizontalmente dentro de un anillo, se deforma por el peso de una bola de acero y toca una superficie del matraz de vidrio cuando este se calienta (ASTM D36, 2014).

3.2.4 Viscosidad 60 ° C RTFO

Cuando se realiza este ensayo se determina de la viscosidad del ligante asfáltico (bitumen) mediante viscosímetros capilares de vacío a 60 °C. (Lagla Yanez, 2014).

3.2.5 Punto de chispa / Llama de Cleveland de cementos asfálticos

El punto de inflamación de un cemento asfáltico nos indica la temperatura máxima a la cual éste puede ser manejado y almacenado sin peligro de que se inflame. Esta información es de mucha importancia ya que el cemento asfáltico es generalmente calentado en su almacenaje con el fin de mantener una viscosidad lo suficientemente baja para que el material pueda ser bombeado (ASTM D92, 2013) (ASTM D92, 2013).

3.2.6 Ductilidad de cementos asfálticos

El ensayo de ductilidad del cemento asfáltico se mide por su distancia de elongación antes de la ruptura, cuando los extremos de una briqueta conteniendo el espécimen se separan a una velocidad y temperatura determinada (ASTM D113, 2017).

Tabla 3.2: Resumen de resultados ensayos de cemento asfáltico AC 20

Característica del ensayo	Norma	Especificación MOP		Resultados
		Min	Máx	
Viscosidad a 60°C	ASTM D2171	160	240	186
Penetración (25°C, 100gr. 5s)mm/10	ASTM D5/ AASHTO T49	60	70	78
Viscosidad a 135°C, min (mm ² /s)	ASTM D36/ AASHTO T201	300		365
Punto de ablandamiento °C	ASTM D36/ AASHTO T53	47	58	50,4
Punto de chispa °C	ASTM D92/ AASHTO T48	232		334,33
Ductilidad (cm)	ASTM C-128	50		60

CAPITULO IV

4. DISEÑO MARSHAL

4.1 Diseño de Mezclas Asfálticas en caliente Método Marshall

En el método Marshall se busca el contenido óptimo de asfalto para un tipo de granulometría y cemento asfáltico en una mezcla asfáltica. (ASTM, 2016).

Se debe realizar al menos tres briquetas por cada porcentaje de asfalto. Estas briquetas son sometidas al ensayo de estabilidad y flujo luego de haber sido determinados su gravedad específico y porcentaje de vacíos.

El punto de falla se determina cuando se obtiene la lectura de carga máxima, mientras la prueba de estabilidad está en progreso, se debe sostener el medidor de flujo firmemente en posición sobre la varilla guía y retirarlo inmediatamente cuando la carga comience a disminuir, tome la lectura y registre. (Asphalt Institute, 2014).

Imagen 4.1: Muestra briquetas



4.1.1 Selección de los porcentajes de agregados y de la franja para el diseño de las Mezclas Asfálticas.

Para el caso del material de la mina Planta Asfáltica ECODEP pudo determinar la faja granulométrica para la fabricación de la mezcla asfáltica de 1/2", por el tamaño máximo nominal del agregado, cumpliendo las especificaciones técnicas por el MTOP-001-F2002 (Tabla 405-5.1 de especificaciones), también se escogió una combinación de agregados:

% de Mezcla	
Agregado 3/4"	15%
Agregado 3/8"	30%
Arena	55%



Laboratorio de Suelos, Concreto y Pavimentos

OBRA: Tesis

UBICACIÓN: Planta Asfáltica ECODEP

NORMAS: MOP-001-F Tabla 405.5.1

ELABORADO: Johanna Rivera

Francisco Villarruel

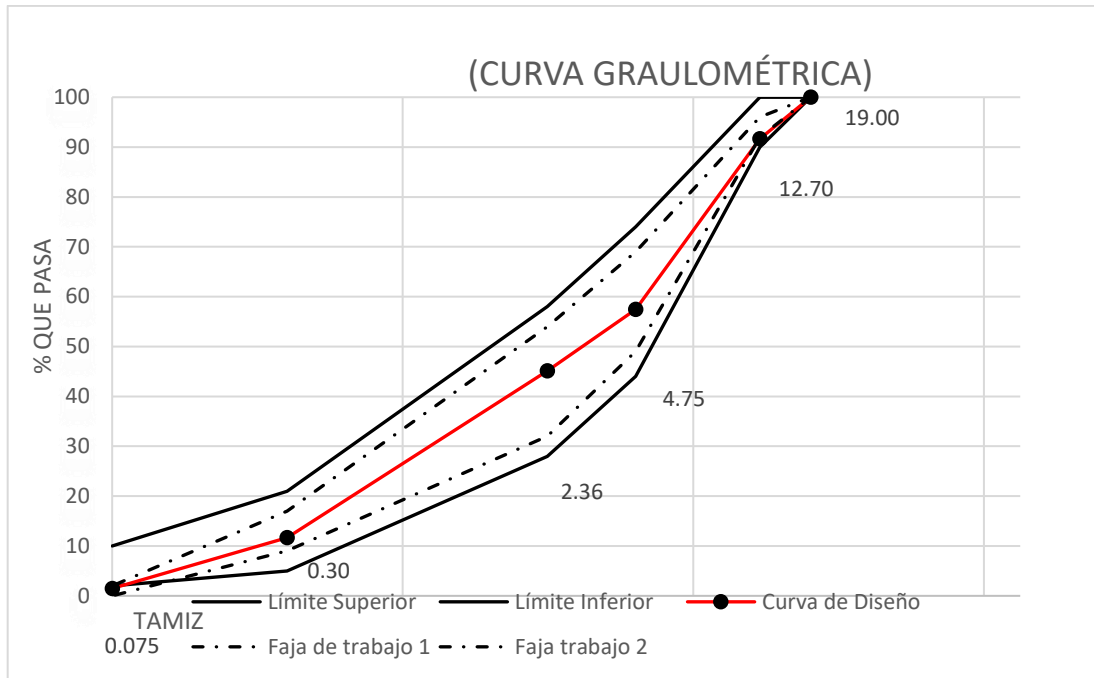
FECHA: Julio 2020

Graduación de Material

Tamaño del Tamiz	Porcentaje Usado	TAMAÑO DEL TAMIZ - PORCENTAJE QUE PASA					
		3/4"	1/2"	N°4	N°.8	N°.50	N°.200
3/4"		99.90	45.77	2.06	1.69	0.72	0.09
3/8"		100	99.37	16.14	4.54	0.98	0.12
ARENA		100	100	95.10	79.08	20.52	2.60
CISCO		0	0	0	0	0	0

Graduación Combinada para Mezclas

Tamaño del Tamiz	Porcentaje Usado	TAMAÑO DEL TAMIZ - PORCENTAJE QUE PASA					
		3/4"	1/2"	N°4	N°.8	N°.50	N°.200
3/4"	15.00%	14.98%	6.87%	0.31%	0.25%	0.11%	0.01%
3/8"	30.00%	30.00%	29.81%	4.84%	1.36%	0.29%	0.04%
ARENA	55.00%	55.00%	55.00%	52.30%	43.49%	11.29%	1.43%
CISCO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mezcla Deseada		99.98%	91.68%	57.45%	45.11%	11.69%	1.48%



4.1.2 Determinación del porcentaje de asfalto óptimo teórico para el diseño de mezclas asfálticas

El cálculo se realiza en base a la fórmula francesa o al Instituto del Asfalto, es calculado a partir de la granulometría de la combinación de agregados pétreos, y se emplean las siguientes ecuaciones:

$$S = 0.17G + 0.33g + 2.30A + 12a + 135f$$

Ecuación 4.1: Superficie específica de los áridos

$$S = 6,37$$

Donde:

G = % material > al 3/8"

g = % material ↔ 3/8" - #4

A = % material ↔ #4 - #50

a = % material ↔ #50 - #200

f = % material <#200

$$P = M \cdot S^{1/5}$$

Ecuación 4.2: Porcentaje del asfalto

$$P (\%) = 5,79$$

Donde:

P = % del asfalto en peso/ al peso total

M = Coeficiente del tráfico (3.75 - 4.25)

S = Superficie específica de los áridos

Se obtuvo el porcentaje óptimo calculado que fue de 5,79%, se adoptó 6.00%. Donde a partir de esto se escogieron los porcentajes de asfalto a ensayar que se basan en dos incrementos y dos decrementos del 0.50%.

Se procederá a realizar la mezcla de los agregados con el betún (ac20) a una temperatura de 150°C., y después compactarlas a una temperatura de 140°C, mediante golpes del martillo que tiene un peso de 10 libras, que deberá caer a una altura de 18". Por normativa se darán 75 golpes por cada cara de la briqueta, esto se hace por cuanto esta mezcla asfáltica es para tráfico pesado, según las especificaciones dadas por el MTOP en la Tabla 405.5.4. (Anexo 2)

4.1.3 Análisis de los vacíos

4.1.3.1 Gravedad específica Bulk

Este ensayo se lo realiza para especímenes de mezclas asfálticas compactadas. La densidad aparente viene dada por:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{W_{ss} - W_w}$$

Ecuación 4.3: Densidad específica Bulk

Donde:

G_{mb}= Densidad específica Bulk

Wa= Masa del espécimen seco

Ww= Masa del espécimen sumergido

Wss= Masa del espécimen saturada superficie seca

Imagen 4.2: Ensayo de densidad Bulk



4.1.3.2 Cálculo de la gravedad específica máxima teórica

Se determina la gravedad específica máxima teórica y la densidad de mezclas de pavimentación bituminosas compactadas (ASPHALT, 2015).

$$Gmm = \frac{A}{A+B-C}$$

Ecuación 4.4: Gravedad específica máxima teórica

Donde:

A= Peso de la muestra seca en el aire, en (gr).

B= Peso del picnómetro + H2O a 25°C, en (gr).

C= Peso del picnómetro + masa + H2O a 25°C, en (gr).

Imagen 4.3: Ensayo Rice



4.1.4 Estabilidad y flujo Marshall

La estabilidad es la carga de resistencia máxima obtenida durante la aplicación constante de una fuerza de deformación. Por otra parte, el flujo es la deformación (elástica) durante el ensayo de estabilidad (Asphalt Institute, 2014).

Después de realizar el procedimiento descrito en la norma, se procederá a realizar dos graficas de: “Estabilidad Vs. Densidad” y “Flujo Vs. Densidad” en base de los datos obtenidos en los ensayos.

Imagen 4.4: Baño María briquetas a 60 °C



Imagen 4.5: Ensayo de estabilidad y flujo



4.2 Diseño Original

4.2.1 Densidad Bulk

# Briqueetas	% Betumen	Peso en el aire (gr)	Peso sumergido (gr)	Peso sss (gr)	Volumen (c.c.)	Densidad Bulk (gr/cm ³)
1	5,00%	1079	618	1084	466	2,315
2		1071	616	1076	460	2,328
3		1081	625	1084	459	2,355
4	5,50%	1071	619	1075	456	2,349
5		1077	614	1082	468	2,301
6		1079	621	1083	462	2,335
7	6,00%	1081	630	1085	455	2,376
8		1084	630	1087	457	2,372
9		1057	611	1060	449	2,354
10	6,50%	1069	620	1071	451	2,370
11		1057	608	1061	453	2,333
12		1073	624	1075	451	2,379
13	7,00%	1102	637	1102	465	2,370
14		1091	632	1091	459	2,377
15		1084	626	1084	458	2,367

4.2.2 Gravedad máxima teórica

% Asfalto	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Peso estándar	7.366,00	7.366,00	7.366,00	7.366,00	7.366,00
Peso + muestra	7.961,00	7.959,00	7.957,00	7.953,00	7.949,00
Peso Muestra	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00	1.000,00
Rice	2,469	2,457	2,445	2,421	2,398

4.2.3 Cálculo de Gravedad Específica Máxima Teórica

RICE	x (% asfalto)	y (Gmm)	x ²	xy	x ³	x ² y	x ⁴
1	5,0	2,469	25	12,35	125	61,73	625
2	5,5	2,457	30	13,51	166	74,32	915
3	6,0	2,445	36	14,67	216	88,02	1296
4	6,5	2,421	42	15,74	275	102,30	1785
5	7,0	2,398	49	16,79	343	117,51	2401
SUMA	30,0	12,2	182,5	73,1	1125,0	443,9	7022,1
# DATOS	5	Sxx	Sxy	Sxx ²	Sx ² y	Sx ² x ²	
		2,50	-0,0889	30	-1,0753	360,875	
		a	-0,0097				
		b	0,0805				
		c	2,3081				
		% DE ASFALTO ÓPTIMO		5,81			
		RICE DE LA MEZCLA ÓPTIMO		2,449			

4.2.4 Diseño Marshall



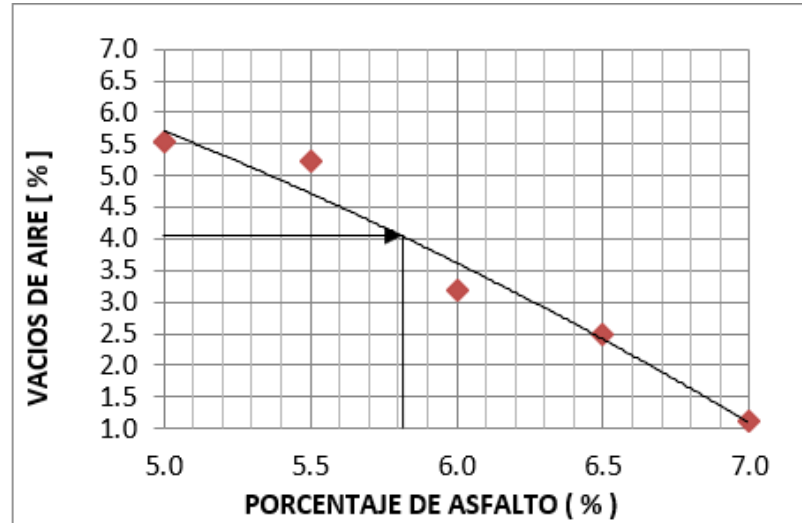
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

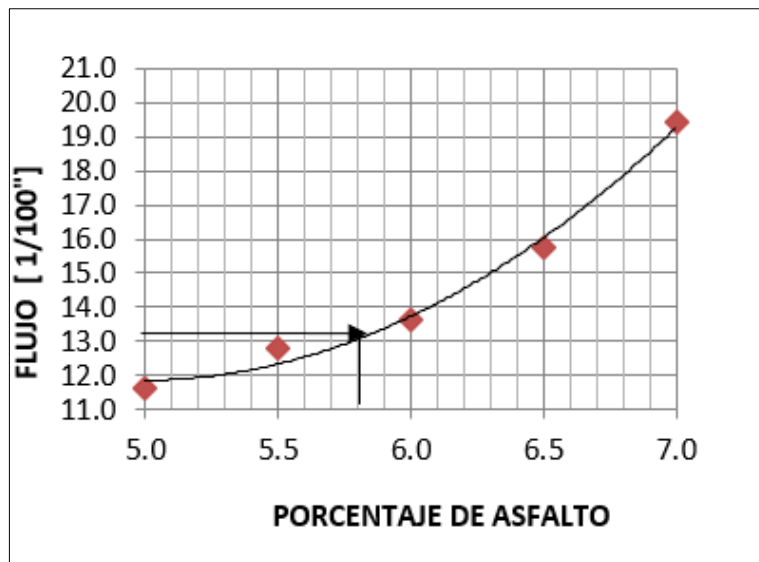
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFICACIÓN	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	%C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A. M%	V.F.A %	%C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC			FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTALES	C.A					LBS	LBS. CORREG.	
1	3/4"	15,0				1079,00	1084,00	618,00	466,00	2,315							1,19	1985	2362	11,318	
2	3/8"	30,0				1071,00	1076,00	616,00	460,00	2,328							1,19	1921	2286	11,811	
3	ARENA	55,0				1081,00	1084,00	625,00	459,00	2,355							1,19	2125	2529	11,811	
	% C.A	5,0																			
			2,639	2,672	0,468					2,333	2,469	83,96	5,53	10,51	16,04	65,5	4,56		2,392	11,6	
4	3/4"	15,0				1071,00	1075,00	619,00	456,00	2,349							1,25	2572	3215	14,271	
5	3/8"	30,0				1077,00	1082,00	614,00	468,00	2,301							1,19	2004	2385	12,795	
6	ARENA	55,0				1079,00	1083,00	621,00	462,00	2,335							1,19	2913	3466	11,318	
	% C.A	5,5																			
			2,639	2,680	0,583					2,328	2,457	83,37	5,23	11,40	16,63	68,5	4,95		3,022	12,8	
7	3/4"	15,0				1081,00	1085,00	630,00	455,00	2,376							1,25	2940	3675	15,748	
8	3/8"	30,0				1084,00	1087,00	630,00	457,00	2,372							1,19	3164	3765	12,303	
9	ARENA	55,0				1057,00	1060,00	611,00	449,00	2,354							1,25	3067	3834	12,795	
	% C.A	6,0																			
			2,639	2,688	0,699					2,367	2,445	84,31	3,18	12,51	15,69	79,7	5,34		3,758	13,6	
10	3/4"	15,0				1069,00	1071,00	620,00	451,00	2,370							1,25	2889	3611	16,24	
11	3/8"	30,0				1057,00	1061,00	608,00	453,00	2,333							1,25	2825	3531	15,748	
12	ARENA	55,0				1073,00	1075,00	624,00	451,00	2,379							1,25	3054	3818	15,255	
	% C.A	6,5																			
			2,639	2,681	0,600					2,361	2,421	83,64	2,49	13,87	16,36	84,8	5,94		3,653	15,7	
13	3/4"	15,0				1102,00	1102,00	637,00	465,00	2,370							1,19	2696	3208	19,69	
14	3/8"	30,0				1091,00	1091,00	632,00	459,00	2,377							1,19	2586	3077	20,669	
15	ARENA	55,0				1084,00	1084,00	626,00	458,00	2,367							1,19	3019	3593	19,19	
	% C.A	7,0																			
			2,639	2,674	0,500					2,371	2,398	83,55	1,12	15,33	16,45	93,2	6,54		3,293	19,4	

4.2.4.1 Gráficos

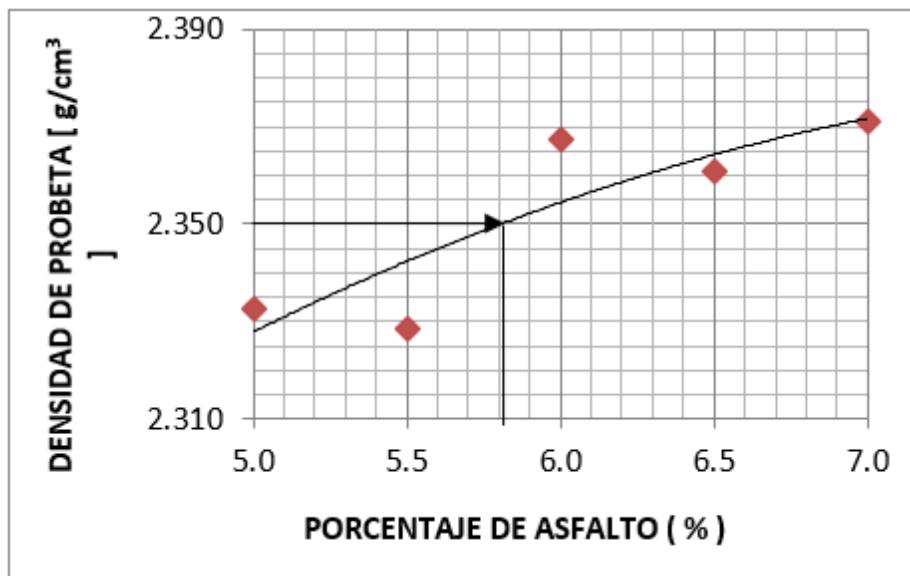
- Porcentaje de asfalto vs. Vacíos de aire



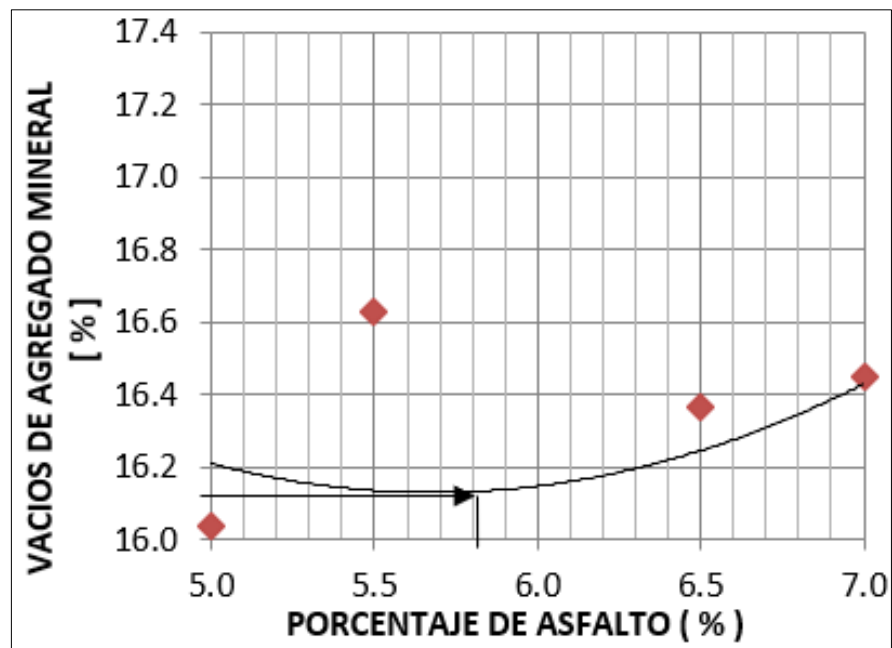
- Porcentaje de asfalto vs. Flujo



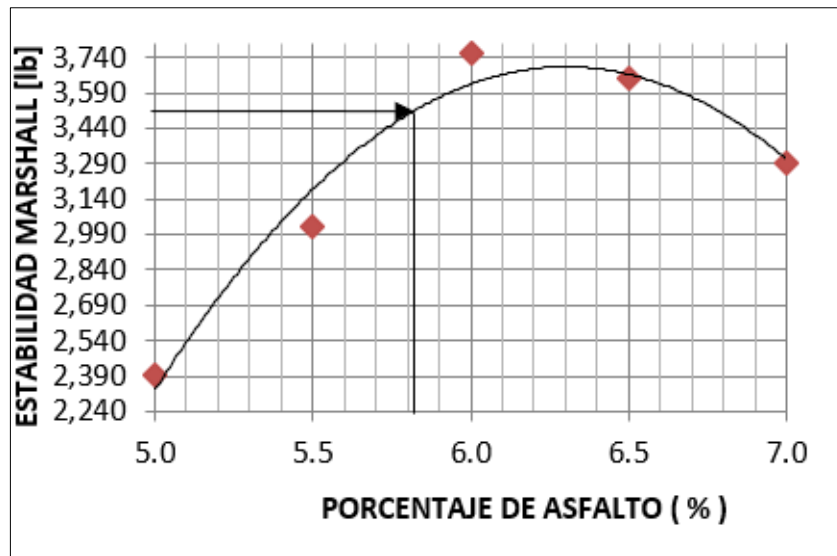
- Porcentaje de asfalto vs. Densidad Bulk



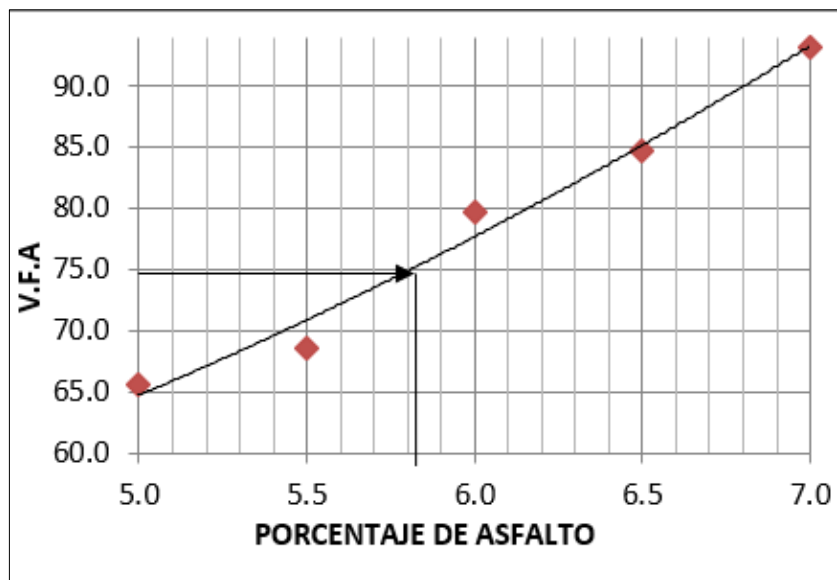
- Porcentaje de asfalto vs. Vacíos de agregado mineral



- Porcentaje de Asfalto vs. Estabilidad



- Porcentaje de asfalto vs Vacíos llenos de asfalto



4.2.4.2 Análisis de resultados

Óptimo de asfalto	5.81%		
Especificaciones	Mezcla original	MOP 001-T 405.5.4 tabla 4.4	
		Tráfico pesado	
		Mínimo	Máximo
Estabilidad (lb)	3505	1800	-
Flujo (0.01")	13.1	8	14
VAM (%)	16.1	14	-
VA (%)	4.05	3	5
VAF (%)	75	65	75
Filler/Betun (%)	0.5	0.8	1.2

Para el diseño del asfalto óptimo de AC-20 sin modificar, se realizaron 15 briquetas, en 5 diferentes porcentajes, partiendo del asfalto óptimo calculado como se muestra en las tablas de cálculos adjuntas a continuación que fue de 5,79%. Basados en esto se hizo el análisis para el 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%, en cada uno de estos porcentajes 3 briquetas. Las especificaciones para tráfico pesado nos indican que el porcentaje de vacíos óptimo debe estar entre 3 y 5, por lo que se utilizó 4,05 como valor óptimo, lo que da un resultado de porcentaje óptimo de asfalto de 5,81%. Como se indica en la gráfica ASFALTO VS. VACIOS DE AIRE.

4.3. Diseño con aditivo Zycotherm

4.3.1 Mezclas Asfálticas en tibio con aditivo Zycotherm

Para las mezclas asfálticas tibias se escogió la temperatura de 140°C de mezclado y 130°C de compactación para cada briketa.

4.3.1.1 Primer Diseño de Mezclas Asfálticas con Zycotherm

A partir del resultado que se obtuvo para el diseño del asfalto para tráfico pesado en la mina Planta Asfáltica ECODEP San Mateo- Esmeraldas, dio como resultado 5,81% de Ac20. En el primer diseño con zycotherm para mezclas tibias se hizo la mezcla a tres porcentajes partiendo del recomendado en la ficha técnica por la empresa BERM, 0,03%;

0,05%; 0,07%, total 18 briquetas, 6 por cada porcentaje donde se obtuvieron los siguientes resultados.

Imagen 4.6: Briquetas con Zycotherm (0.03%; 0.05%; 0.07%)



4.3.1.1.1 Densidad Bulk

# Briquetas	Peso en el aire (gr)	Peso sumergido (gr)	Peso sss (gr)
1	1072	616	1073
2	1078	622	1081
3	1087	628	1096
4	1077	621	1080
5	1082	624	1086
6	1065	613	1070
7	1074	617	1077
8	1086	630	1096
9	1076	619	1087
10	1066	613	1078
11	1078	622	1084
12	1097	638	1108
13	1080	623	1087
14	1078	622	1089
15	1055	611	1068
16	1072	618	1079
17	1132	660	1136
18	1069	615	1077

4.3.1.1.2 Estabilidad y flujo

# Briquetas	Estabilidad (lb)	Flujo (pulg)
1	1277	10,83
2	1461	16,24
3	1149	15,75
4	1568	14,76
5	1383	20,18
6	1055	13,78
7	1352	10,33
8	1440	17,72
9	1471	23,62
10	1492	24,11
11	1267	13,29
12	1632	10,83
13	9044	13,78
14	882	20,67
15	1123	23,62
16	1345	14,76
17	1162	27,56
18	1243	24,61

Al romper las 18 briquetas que se elaboraron a diferentes porcentajes de zycotherm se pudo observar que realizando por este método no cumplieron con las resistencias mínimas establecidas para tráfico pesado de las especificaciones técnicas de Criterios Marshall de la (tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002) - Tabla 4.4.

4.3.1.2 Segundo Diseño de Mezclas Asfálticas con Zycotherm

Se optó por realizar los ensayos de otra forma similar al del ensayo de Ac20 sin modificar para buscar un Ac20 óptimo ya modificado al 0,05% de ZYCOTHERM, agregandocelo a los diferentes porcentajes de Ac20 ya estudiados antes que serían (5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%) , donde el porcentaje de asfalto óptimo modificado al 0,05% ZYCOTHERM Si cumplió con las especificaciones técnicas de Criterios Marshall de la (tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002) - TABLA 4.4.

4.3.1.2.1 Diseño Marshall



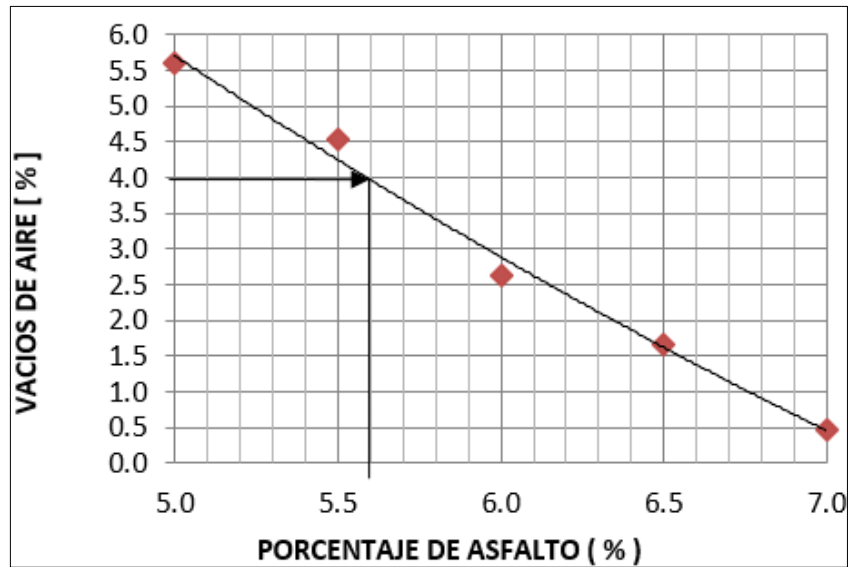
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

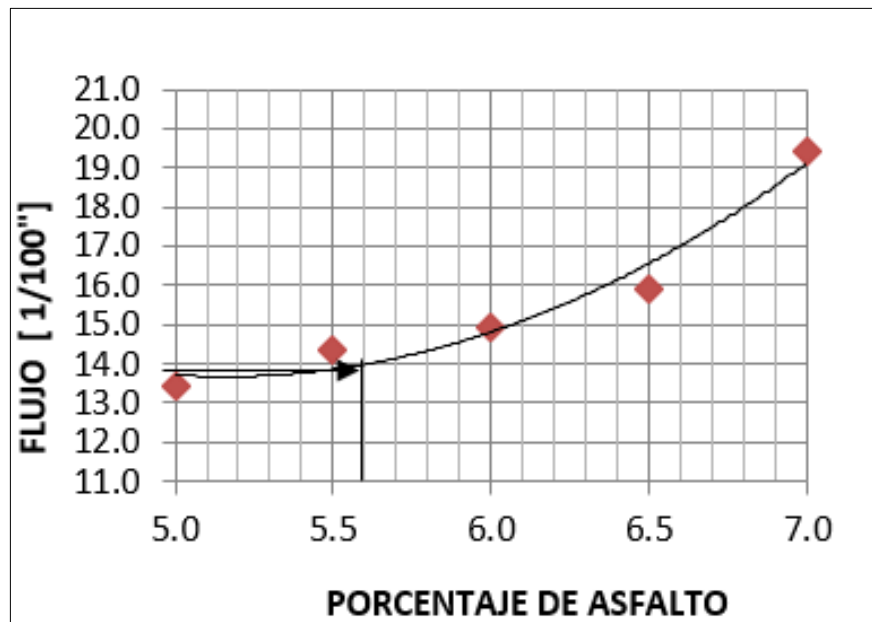
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C. A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% ENVOLUMEN			V.A.M %	V.F.A %	% C. A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.			FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACÍOS TOTAL	CA					LBS	LBS. CORREG.	
1	3/4"	15,0				1073,00	1077,00	616,00	461,00	2,328								1,19	1563	1860	12,795
2	3/8"	30,0				1068,00	1071,00	619,00	452,00	2,363								1,25	1842	2303	13,77
3	ARENA	55,0				1079,00	1083,00	622,00	461,00	2,341								1,19	1976	2351	13,77
	% C.A	5,0																			
			2,639	2,688	0,701					2,344	2,483	84,37	5,60	10,03	15,63	64,2	4,33			2,171	13,4
4	3/4"	15,0				1067,00	1071,00	620,00	451,00	2,366								1,25	2020	2525	16,53
5	3/8"	30,0				1089,00	1093,00	629,00	464,00	2,347								1,19	2284	2718	11,81
6	ARENA	55,0				1083,00	1089,00	625,00	464,00	2,334								1,19	1915	2279	14,76
	% C.A	5,5																			
			2,639	2,684	0,640					2,349	2,461	84,10	4,55	11,35	15,90	71,4	4,89			2,507	14,4
7	3/4"	15,0				1053,00	1055,00	611,00	444,00	2,372								1,25	1681	2101	15,26
8	3/8"	30,0				1084,00	1087,00	634,00	453,00	2,393								1,25	2635	3294	14,76
9	ARENA	55,0				1062,00	1065,00	615,00	450,00	2,360								1,25	2354	2943	14,76
	% C.A	6,0																			
			2,639	2,680	0,580					2,375	2,439	84,58	2,63	12,79	15,42	82,9	5,46			2,779	14,9
10	3/4"	15,0				1097,00	1099,00	638,00	461,00	2,380								1,19	3140	3737	16,24
11	3/8"	30,0				1065,00	1067,00	618,00	449,00	2,372								1,25	2173	2716	11,81
12	ARENA	55,0				1064,00	1069,00	616,00	453,00	2,349								1,25	2398	2998	19,68
	% C.A	6,5																			
			2,639	2,662	0,321					2,367	2,407	83,84	1,67	14,48	16,16	89,7	6,20			3,150	15,9
13	3/4"	15,0				1087,00	1090,00	624,00	466,00	2,333								1,19	1482	1764	23,622
14	3/8"	30,0				1152,00	1154,00	670,00	484,00	2,380								1,09	3349	3650	14,76
15	ARENA	55,0				1088,00	1089,00	632,00	457,00	2,381								1,19	2746	3268	15,255
	% C.A	7,0																			
			2,639	2,643	0,060					2,365	2,376	83,32	0,48	16,21	16,68	97,1	6,94			2,894	19,4

4.3.1.2.2 Gráficos

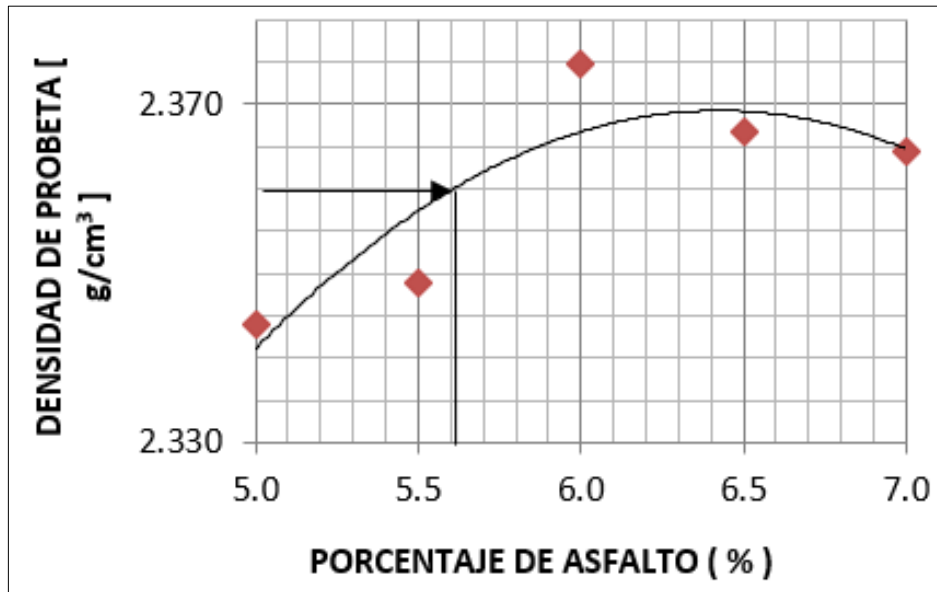
- Porcentaje de asfalto vs. Vacíos de aire



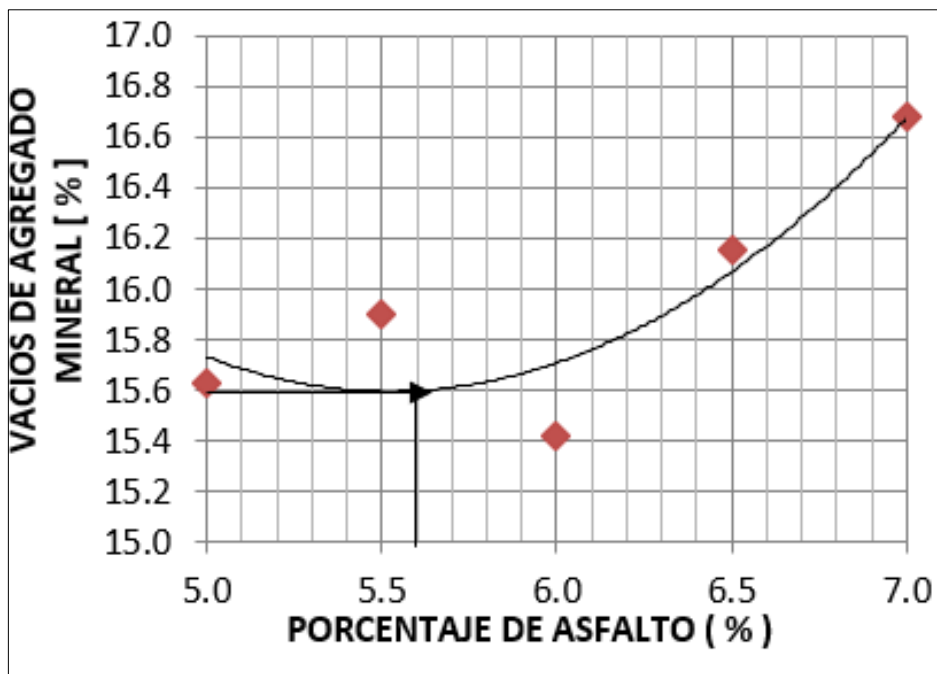
- Porcentaje de asfalto vs. Flujo (AC 20 modificado – Zycotherm)



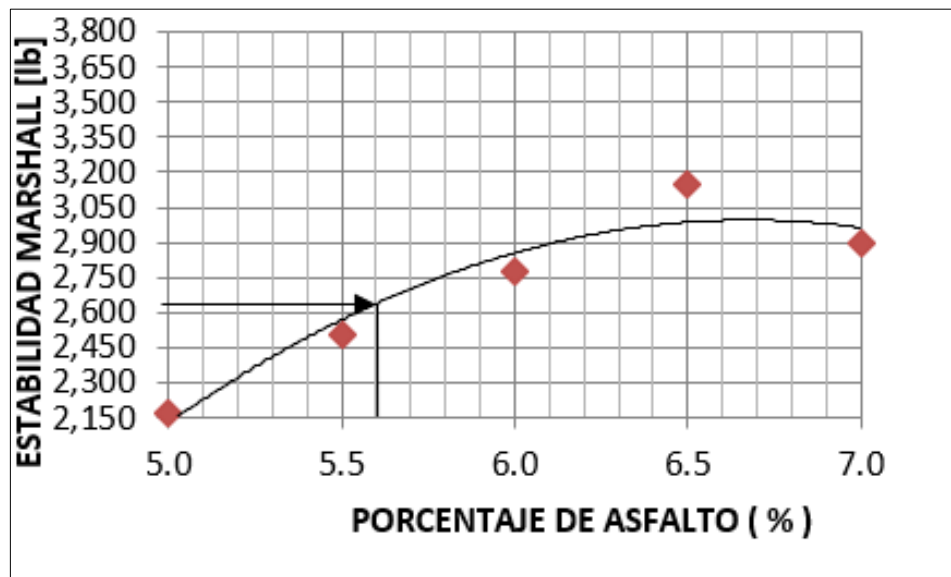
- Porcentaje de asfalto vs. Densidad Bulk (AC 20 modificado - Zycotherm)



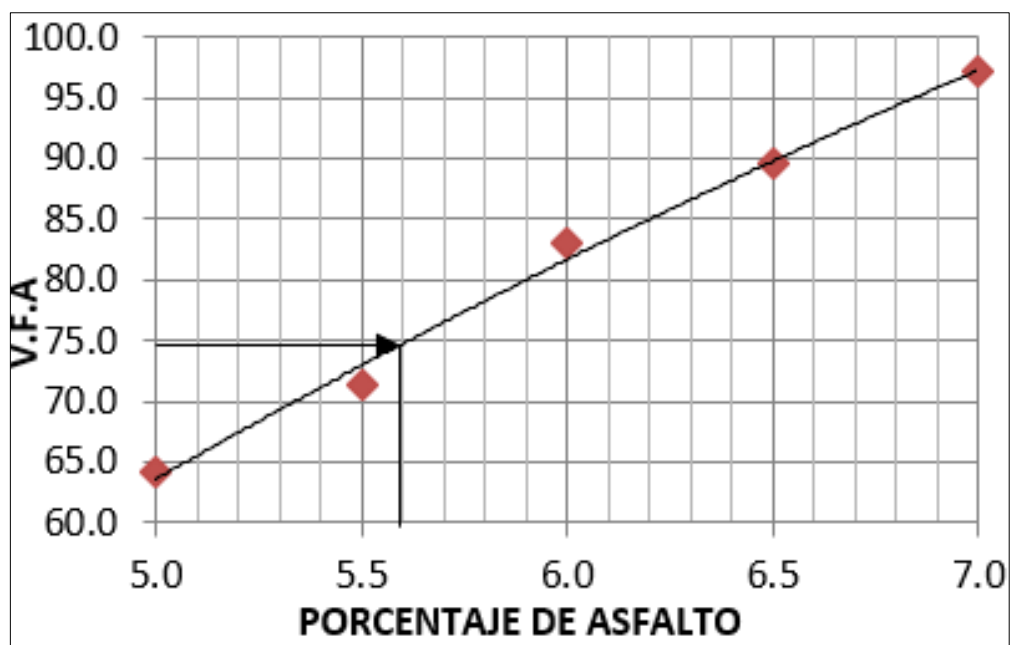
- Porcentaje de asfalto vs. Vacíos de agregado mineral (AC 20 modificado – Zycotherm)



- Porcentaje de asfalto vs. Estabilidad (AC 20 modificado – Zycotherm)



- Porcentaje de asfalto vs. Vacíos llenos de asfalto (AC 20 modificado – Zycotherm)



4.3.1.2.3 Análisis de resultados (AC20 modificado - zycotherm)

Óptimo de asfalto	5.60%		
Densidad Bulk	2.360 gr/cm ³		
Especificaciones	Mezcla con Zycotherm	MOP 001-T 405.5.4	
		Tráfico pesado	
		Mínimo	Máximo
Estabilidad (lb)	2639	1800	-
Flujo (0.01")	14	8	14
VAM (%)	15.6	14	-
VA (%)	3.97	3	5
VAF (%)	74.7	65	75
Filler/Betun (%)	0.5	0.8	1.2

4.3.1.3 Comprobación del Asfalto óptimo del diseño con Ac20 modificado con Zycotherm

Este último diseño con zycotherm se lo realizo a partir del porcentaje óptimo de Ac20 modificado que calculamos mediante los ensayos y cumplió dentro de las especificaciones técnicas para tráfico pesado basadas de Criterios Marshall de la (tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002) - Tabla 4.4.

El mismo que fue para comprobación de esta mezcla modificada a la cual se le agrego un 0,03% de ZYCOTHERM adicional, dando los siguientes resultados, los cuales se muestran a continuación:

4.3.1.3.1 Resumen de cálculos Comprobación 0.03 Zycotherm al porcentaje óptimo (AC 20 modificado con zycotherm)



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.			FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A					LBS.	LBS.	
																			CORREG.		
1	3/4"	15,0				1081,00	1085,00	625,00	460,00	2,350							1,19	2262	2692	12,303	
2						1053,00	1056,00	607,00	449,00	2,345							1,25	2048	2560	8,8582	
3	3/8"	30,0				1079,00	1081,00	624,00	457,00	2,361							1,19	1813	2157	18,209	
4						1068,00	1070,00	623,00	447,00	2,389							1,25	2533	3166	13,28	
5	ARENA	55,0				1078,00	1080,00	624,00	456,00	2,364							1,25	2573	3216	11,319	
6						1090,00	1093,00	633,00	460,00	2,370							1,19	2748	3270	11,811	
	% C.A	5,6																			
			2,639	2,641	0,024					2,363	2,423	84,52	2,47	13,01	15,48	84,1	5,58		2.844	12,6	

4.4 Mezcla asfáltica en tibio con aditivo Cera Carnauba Wax

A partir del resultado que se obtuvo para el diseño del asfalto para tráfico pesado en la mina de San Mateo- Esmeraldas, nos dio como resultado 5,8% de Ac20, se diseñó con la cera CARNAUBA WAX para mezclas tibias a una temperatura de 130°C para mezclado y de 120 °C para compactación, se hizo la mezcla a tres porcentajes esta: 3%- 5%- 8%, total 18 briquetas , 6 por cada porcentaje de donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Imagen 4.7: Briquetas con aditivo cera carnauba wax



4.4.1 Resumen de cálculos AC 20 modificado con cera Carnauba Wax al 3%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.			FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A					LBS	LBS. CORREG.	
1	3/4"	15,0				1102,00	1108,00	617,00	491,00	2,244							1,09	2890	3150	12,795	
2						1104,00	1109,00	617,00	492,00	2,244							1,09	3339	3640	13,385	
3	3/8"	30,0				1102,00	1104,00	619,00	485,00	2,272							1,09	3345	3646	11,811	
4						1100,00	1105,00	620,00	485,00	2,268							1,09	3002	3272	12,795	
5	ARENA	55,0				1102,00	1106,00	613,00	493,00	2,235							1,09	3262	3556	11,811	
6						1100,00	1103,00	617,00	486,00	2,263							1,09	2586	2819	17,716	
	% C.A	5,8																			
			2,639	2,678	0,557					2,254	2,444	80,46	7,78	11,76	19,54	60,2	5,28		3.347	13,4	

4.4.2 Resumen de cálculos AC 20 Modificado con cera Carnauba WAX al 5%



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREG.	LBS.	LBS. CORREG.	FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A							
1	3/4"	15,0				1094,00	1102,00	625,00	477,00	2,294							1,14	2411	2749	12,598	
2						1072,00	1077,00	607,00	470,00	2,281							1,19	2275	2707	16,535	
3	3/8"	30,0				1073,00	1078,00	624,00	454,00	2,363							1,25	2710	3388	13,779	
4						1078,00	1080,00	623,00	457,00	2,359							1,19	2590	3082	10,826	
5	ARENA	55,0				1088,00	1094,00	624,00	470,00	2,315							1,19	2984	3551	13,779	
6						1089,00	1092,00	633,00	459,00	2,373							1,19	2684	3194	13,779	
	% C.A	5,8																			
			2,639	2,664	0,361					2,331	2,434	83,19	4,22	12,59	16,81	74,9	5,46		3.112	13,5	

4.4.3 Resumen de cálculos AC 20 modificado con cera Carnuba Wax al 8%


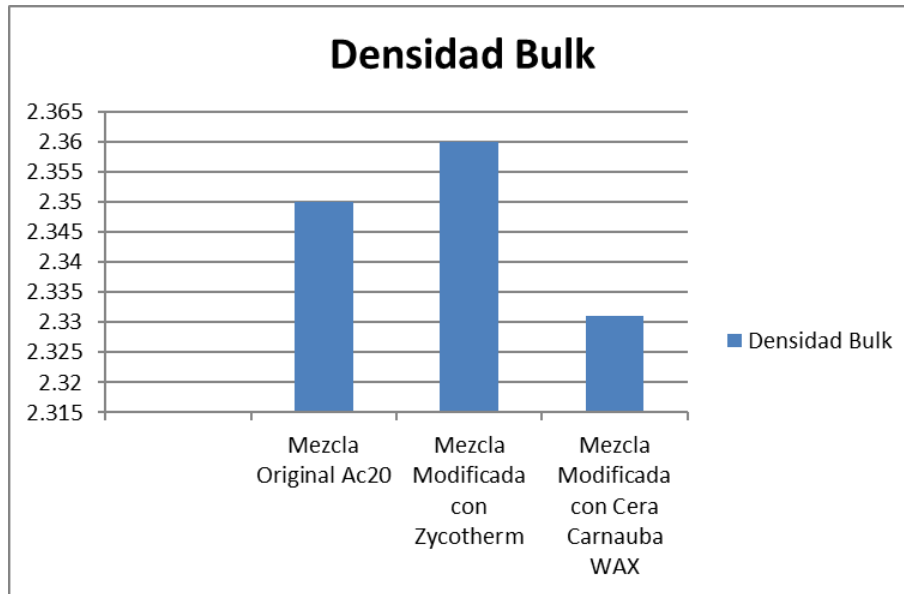
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP																				
PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO																				
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTORES CORREG.	LBS. CORREG.	FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A						
1	3/4"	15,0				1080,00	1084,00	608,00	476,00	2,269							1,14	2878	3281	11,318
2	3/8"	30,0				1082,00	1086,00	611,00	475,00	2,278							1,14	3214	3664	15,748
3						1083,00	1086,00	608,00	478,00	2,266							1,14	3283	3743	13,287
4						1097,00	1107,00	613,00	494,00	2,221							1,09	2555	2785	12,795
5						1075,00	1079,00	590,00	489,00	2,198							1,09	2358	2570	12,303
6	ARENA	55,0				1033,00	1037,00	579,00	458,00	2,255							1,19	2633	3133	13,779
	% CA	5,8																		
			2,639	2,644	0,069					2,248	2,418	80,23	7,02	12,75	19,77	64,5	5,74		3.196	13,2

Tabla 4.1: comparación del porcentaje óptimo de AC 20 vs. Zycotherm y Cera Carnauba Wax

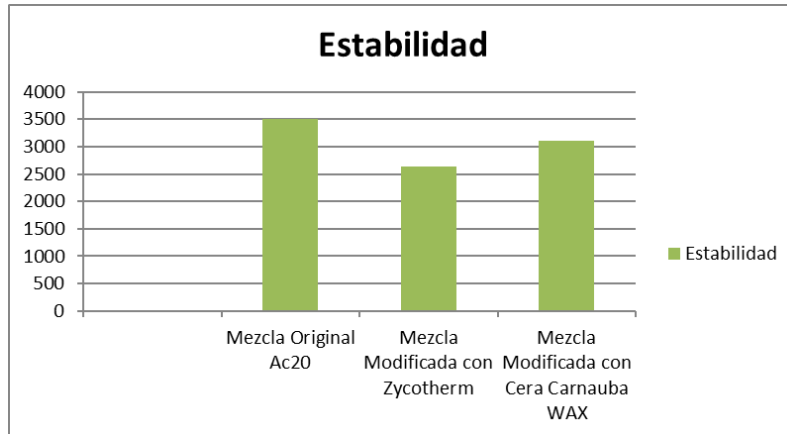
Especificaciones	Unidad	Mezcla original con Ac20 - Óptimo 5,81%	Mezcla con Ac20 y 0,05% Zycotherm- Óptimo 5,6%	Mezcla con Ac20 y 5% Cera Carnauba WAX
Densidad Bulk	g/cm ³	2,35	2,36	2,331
Estabilidad	lb	3505	2639	3112
Flujo	0,01"	13,1	14	13,5
V.A	%	4,05	3,97	4,22
V.A.M	%	16,1	15,6	16,81
V.F.A	%	75,0	74,7	74,9

- Densidad Bulk



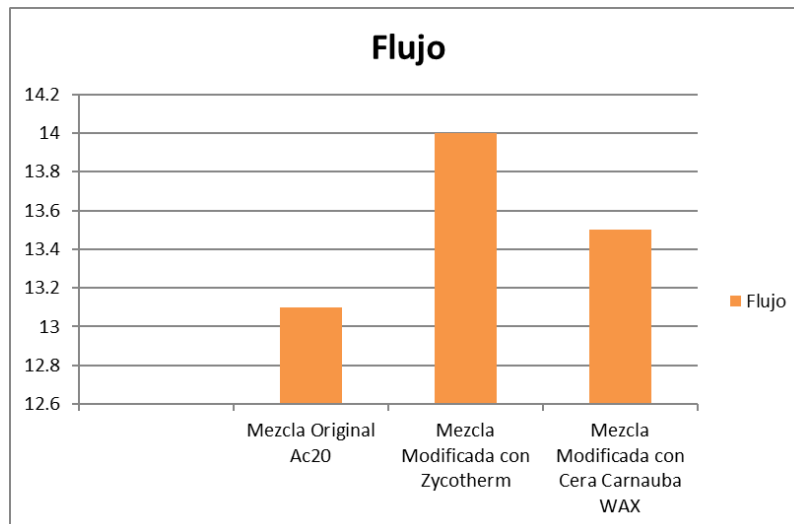
En la gráfica, al comparar la densidad bulk de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 2,35 g/cm³, mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm hubo un incremento de 0,42% y con la Cera Carnauba Wax un decremento de 0,80%, con relación a la mezcla original.

- Estabilidad



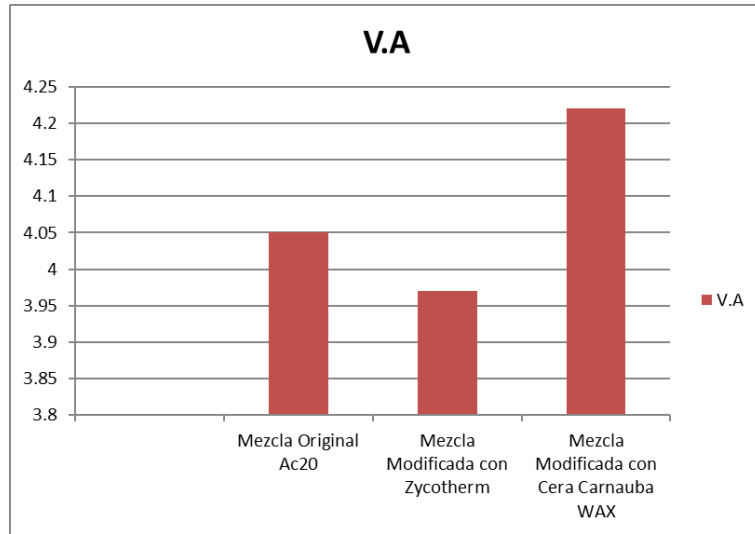
En la gráfica, al comparar la estabilidad de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 3505 lb, mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm hubo un decremento del 24% y con la Cera Carnauba Wax un decremento del 11%, con relación a la mezcla original.

- Flujo



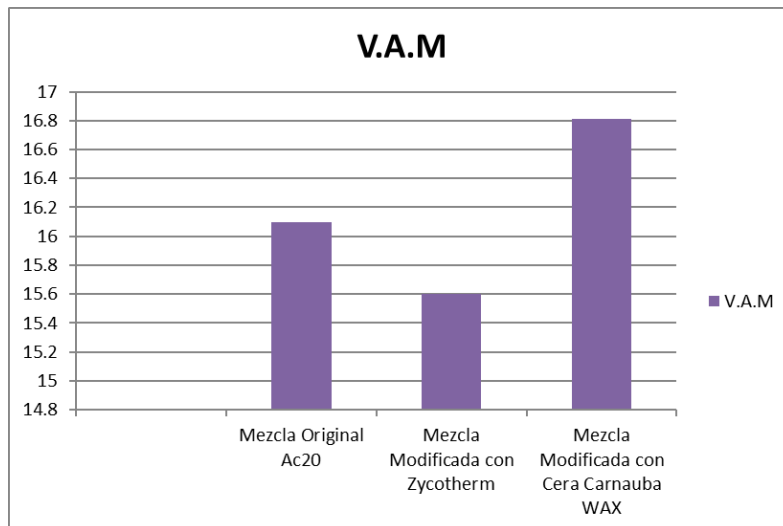
En la gráfica, al comparar el flujo de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 13,1", mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm hubo un incremento del 7% y con la Cera Carnauba Wax un incremento del 3%, con relación a la mezcla original.

- Vacíos



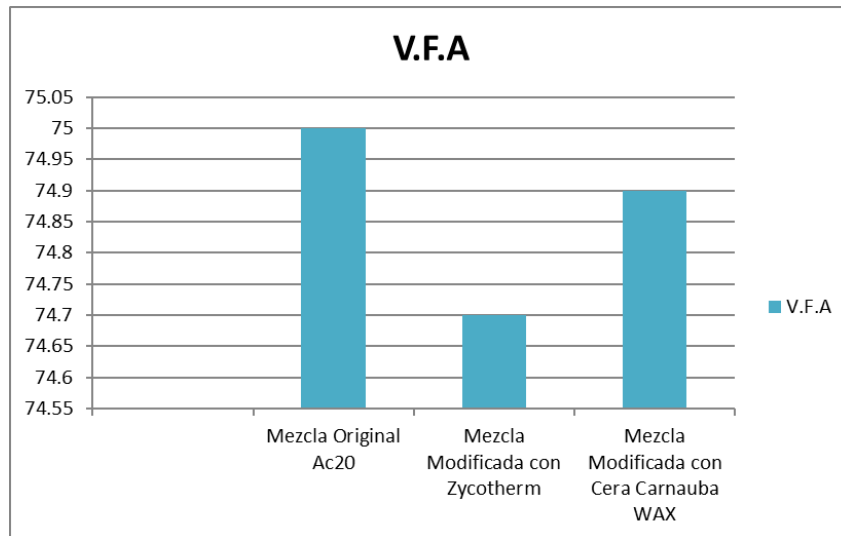
En la gráfica, al comparar los vacíos de aire de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 4,05%; mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm hubo un decremento del 2% y con la Cera Carnauba Wax un incremento del 4%, con relación a la mezcla original.

- Vacíos de agregado mineral



En la gráfica, al comparar el Agregado mineral de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 16,1%; mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm hubo un decremento del 3% y con la Cera Carnauba Wax un incremento del 4%, con relación a la mezcla original.

- Vacíos llenos de asfalto



En la gráfica, al comparar los vacios de asfalto de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 75%, mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm hubo un decremento de 0,40% y con la Cera Carnauba Wax un decremento de 0,10%, con relación a la mezcla original.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para la elaboración y colocación de mezclas asfálticas, ya sean calientes o tibias, se necesita una variedad de recursos y actividades como son comúnmente los materiales, los equipos mecánicos a usarse y la mano de obra requerida. Los costos de la elaboración de estas mezclas asfálticas podrán variar dependiendo del rendimiento de producción y colocación de esta.

En nuestro análisis económico hemos remarcado 5 aspectos principales que dependerán del costo final de la mezcla asfáltica caliente y tibia.

Tabla 5.1: Ventajas de las mezclas asfálticas

ITEM	Ventaja	Descripción del beneficio
Mezcla asfáltica		
1	Disminución de temperatura de compactación	Reduce alrededor de 30°C la temperatura de fabricación, respecto a la convencional.
2	Reducción del contenido óptimo de betún	Se ha reportado optimización del cemento asfáltico entre 0,1% al 0,5% del contenido de asfalto sin aditivo.
3	Aumenta la resistencia a la agresión climática	Aumenta el valor absoluto del ensayo de tracción indirecta (T.S.R), se protegerá la superficie de daños por el clima, garantizando el buen estado en el periodo de recepción de la obra.
4	Mejora la trabajabilidad de la mezcla	Aumenta el rendimiento de la cuadrilla de trabajo. Reduce la necesidad de limpieza en planta y tanques de asfalto.
5	Incremento del RAP	Se puede utilizar hasta un % de materiales reciclados (R.A.P.) en mezclas asfálticas

Nos permitimos mencionar que los análisis económicos aquí descritos son con costos y rendimiento generales, mas no de una empresa en específico. Nuestro afán es la búsqueda de una ejemplificación de algunas de las ventajas económicas y técnicas que se logra con el uso de los aditivos usados.

Los siguientes datos son una consideración de la elaboración y pago de cada m3 de mezcla asfáltica realizada, con la inversión del aditivo ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX, en la mezcla asfáltica sin considerar ningún ahorro en los que incide el uso del aditivo.

Así se tiene:

Tabla 5.2: Costo de la mezcla asfáltica por m3

Dosificación ZYCOTHERM	0.05%	% con respecto al peso del A.C.20
Dosificación CERA CARNAUBA WAX	5%	% con respecto al peso del A.C.20
Costo del aditivo ZYCOTHERM	\$ 34,50	USD/kg
Costo del aditivo CERA CARNAUBA WAX	\$ 21,16	USD/kg

La incidencia económica directa ronda 2,0% al 3% sobre el precio de la mezcla asfáltica, en caso de que se decida agregar ZYCOTHERM a la mezcla para mejorar la calidad y no aprovechar ningún ahorro posible que se logra con las bondades de la nanotecnología. Es un costo bajo para todas las prestaciones que se pueden lograr. A continuación, se analizan las ventajas económicas del uso de ZYCOTHERM Y DE LA CERA CARNAUBA.

5.1 Ventaja 1: Disminución de temperatura

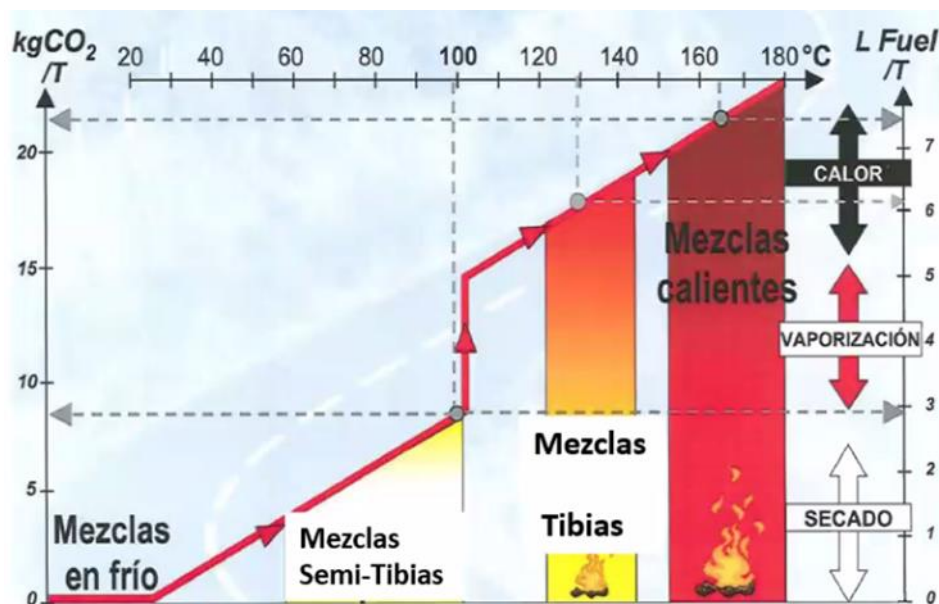
ZYCOTHERM permitió fabricar mezcla asfáltica con asfalto modificado a una temperatura mínima de 160°C. Contrario a la mezcla con asfalto modificado sin aditivo que requería una temperatura de mezclado de 180°C.

Por la cercanía de la planta de producción al proyecto las temperaturas de tendido u entrega en obra estuvieron en el rango de 155 - 160 grados centígrados.

Mientras que las temperaturas de compactación estuvieron en el rango de los 140 a 160 °C. El valor mínimo de temperatura de compactación reportado con asfalto modificado con polímeros y con aditivo ZYCOTHERM es de 120°C.

Lo equivalente sucede en asfalto convencional, ZYCOTHERM promueve una reducción de temperatura de mezclado y compactación en alrededor de 20°C.

Imagen 5.1: Disminución de temperatura



Fuente: Pavimentos: materiales, construcción y diseño, 2015

5.2 Ventaja 2: Reducción del contenido óptimo de betún

El % óptimo de asfalto modificado sin aditivo era de 5,8%, mientras que con la adición de ZYCOTHERM menor al que se logra sin el uso de aditivo, esta disminución va en el orden de 0,1% al 0,5%.

Así se verifica, que un ahorro del 0,03% en contenido de asfalto, cubre prácticamente la inversión en aditivo.

5.3 Ventaja 4: Mejorar la trabajabilidad de la mezcla

La mezcla asfáltica con ZYCOTHERM al estar totalmente cubierta por betún y crear partículas que se atraigan entre sí y repela las superficies metálicas, adquiere una lubricidad y una manejabilidad adicional, esto beneficia en dos casos que son:

Caso1: Aumento de rendimiento de campo

En capo la lubricidad de la mezcla permite al personal trabajar la mezcla de una forma más rápida tanto para el tendido de mezcla como para compactación usando la energía de forma eficiente.

Para un incremento del 5% del rendimiento incremento puesto que el mejor acomodo de las partículas desemboca en la necesidad de menor energía de compactación y menores costos en ejecución de obra.

Caso 2: Limpieza en instalaciones

ZYCOTHERM disminuye la cantidad de mezcla que se adhiere a las superficies metálicas, como herramienta menor, volquetas, maquinarias, tanques de almacenamiento y planta asfáltica. Esto permite tener un ahorro en horas hombre para limpieza de planta asfáltica.

5.4 Ventaja 5: Incremento del RAP

Se puede utilizar hasta un % de materiales reciclados (R.A.P.) en mezclas asfálticas, al obtener una buena viscosidad con los aditivos, se podrá trabajar con material reciclado y cumplir la temperatura de mezcla necesaria.

El costo en el mercado del cemento asfaltico AC20 es de \$0.30 el Kg., generalmente en el país se utiliza asfalto AC-20, procesado por la refinería estatal, en nuestra investigación hemos usado de la refinería de Esmeraldas

El precio actual del aditivo Zycotherm fue proporcionado por la empresa BREM, distribuidor de este tipo de aditivos en el país, su costo en el mercado es de \$34.50 el Kg.

El precio actual del aditivo cera Carnauba Wax fue proporcionado por la empresa ALMON DEL ECUADOR S.A., distribuidor de este tipo de aditivos en el país, su costo en el mercado es de \$20.16 el Kg.

El análisis de costos de las mezclas elaboradas en la presente disertación se hizo en base a la composición de la mezcla (materiales) tanto en peso y en la influencia que genera el aditivo al ser agregado a la mezcla.

A continuación, me permito presentar el Análisis de Precios Unitarios de la elaboración de la mezcla sin aditivo, con Zycotherm y con Carnuba Wax.

Tabla 5.3: Análisis de precios unitarios, Mezcla asfáltica en caliente sin aditivo

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA EN PLANTA						
RUBRO No : 2809 DESCRIPCIÓN : PROVISIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA CALIENTE EN PLANTA. SIN ADITIVO ESPECIFICACIÓN : No incluye tendido y compactado. Incluye transporte a planta. 405-5 (2).					UNIDAD: m3	
EQUIPOS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
14	CARGADORA FRONTAL 140 HP	1.0000	38.4400	39.0600	0.0500	1.9220
19	DEPOSITO DE ASFALTO	1.0000	0.3400	0.3400	0.0500	0.0170
18	PLANTA DE ASFALTO 80-120 TPH	1.0000	108.6200	107.5200	0.0500	5.4310
SUBTOTAL (M)						7.3700
MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
01	ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	3.0000	3.6000	10.5300	0.0500	0.5400
11	ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO GI	2.0000	4.0400	7.8600	0.0500	0.4040
09	ESTRUC. OCUPAC. D2 ENGRASADOR O ABAS.RESP.	2.0000	3.6500	7.1000	0.0500	0.3650
SUBTOTAL (N)						1.3090
MATERIALES						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
1400	DIESEL	gl	7.0000	1.0400	7.2800	
0299	ARENA Especific. MOP-001-F2002 TRANS.PLANT	m3	0.5300	12.2500	6.4925	
0298	RIPIO TRIT.Esp.MOP-001-F2002,TRANS.PLANT	m3	0.6200	16.7900	10.4098	
2300	ASFALTO	gl	30.3500	1.2700	38.5445	
SUBTOTAL (O)						62.7268
TRANSPORTE						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)						0.0000
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						71.41
INDIRECTO Y UTILIDAD (20.0000 %) :						14.28
OTROS INDIRECTOS						0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO						85.69
VALOR OFERTADO						85.69

Tabla 5.4: Análisis de precios unitarios, Mezcla asfáltica en caliente con Zycotherm

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO DE MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA EN PLANTA						
RUBRO No : 2809 DESCRIPCIÓN : PROVISIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA CALIENTE EN PLANTA <u>CON ZYCOTHERM</u> ESPECIFICACIÓN : No incluye tendido y compactado. Incluye transporte a planta. 405-5 (2).					UNIDAD: m3	
EQUIPOS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
14	CARGADORA FRONTAL 140 HP	1.0000	38.4400	39.0600	0.0500	1.9220
19	DEPOSITO DE ASFALTO	1.0000	0.3400	0.3400	0.0500	0.0170
18	PLANTA DE ASFALTO 80-120 TPH	1.0000	108.6200	107.5200	0.0500	5.4310
					SUBTOTAL (M)	7.3700
MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
01	ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	3.0000	3.6000	10.5300	0.0500	0.5400
11	ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO GI	2.0000	4.0400	7.8600	0.0500	0.4040
09	ESTRUC. OCUPAC. D2 ENGRASADOR O ABAS.RESP.	2.0000	3.6500	7.1000	0.0500	0.3650
					SUBTOTAL (N)	1.3090
MATERIALES						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
1400	DIESEL	gl	5.6900	1.0400	5.9176	
0299	ARENA Especif. MOP-001-F2002 TRANS.PLANT	m3	0.5300	12.2500	6.4925	
0298	RIPIO TRIT.Esp.MOP-001-F2002,TRANS.PLANT	m3	0.6200	16.7900	10.4098	
2300	ASFALTO	gl	30.3500	1.2700	38.5445	
-	ADITIVO "ZYCOTHERM"	gl	0.0150	130.4100	1.9562	
					SUBTOTAL (O)	63.3206
TRANSPORTE						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
					SUBTOTAL (P)	0.0000
					COSTO DIRECTO (M+N+O+P)	72.00
					INDIRECTO Y UTILIDAD (20.0000 %) :	14.40
					OTROS INDIRECTOS	0.00
					COSTO TOTAL DEL RUBRO	86.40
					VALOR OFERTADO	86.40

Tabla 5.5: Análisis de precios unitarios, Mezcla asfáltica en caliente con Carnauba Wax

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO DE MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA EN PLANTA						
RUBRO No : 2809 DESCRIPCIÓN : PROVISIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA CALIENTE EN PLANTA CON CARNAUBA WAX ESPECIFICACIÓN : No incluye tendido y compactado. Incluye transporte a planta. 405-5 (2).					UNIDAD: m3	
EQUIPOS						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
14	CARGADORA FRONTAL 140 HP	1.0000	38.4400	39.0600	0.0500	1.9220
19	DEPOSITO DE ASFALTO	1.0000	0.3400	0.3400	0.0500	0.0170
18	PLANTA DE ASFALTO 80-120 TPH	1.0000	108.6200	107.5200	0.0500	5.4310
SUBTOTAL (M)						7.3700
MANO DE OBRA						
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
01	ESTRUC. OCUPAC. E2 PEON	3.0000	3.6000	10.5300	0.0500	0.5400
11	ESTRUC. OCUPAC. C1 OPERADOR EQUIP.PESADO GI	2.0000	4.0400	7.8600	0.0500	0.4040
09	ESTRUC. OCUPAC. D2 ENGRASADOR O ABAS.RESP.	2.0000	3.6500	7.1000	0.0500	0.3650
SUBTOTAL (N)						1.3090
MATERIALES						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO	
1400	DIESEL	gl	6.1300	1.0400	6.3752	
0299	ARENA Especific. MOP-001-F2002 TRANS.PLANT	m3	0.5300	12.2500	6.4925	
0298	RIPIO TRIT.Esp.MOP-001-F2002,TRANS.PLANT	m3	0.6200	16.7900	10.4098	
2300	ASFALTO	gl	30.3500	1.2700	38.5445	
-	ADITIVO "ZYCOTHERM"	gl	0.1520	20.1600	3.0643	
SUBTOTAL (O)						64.8863
TRANSPORTE						
CODIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)						0.0000
COSTO DIRECTO (M+N+O+P)						73.57
INDIRECTO Y UTILIDAD (20.0000 %) :						14.71
OTROS INDIRECTOS						0.00
COSTO TOTAL DEL RUBRO						88.28
VALOR OFERTADO						88.28

Se puede observar que existe una clara diferencia en el costo final de la elaboración de 1 metro cúbico de mezcla asfáltica sin aditivo, al utilizar Zycotherm y al utilizar Carnauba Wax, como se detalla en el cuadro a continuación:

Tabla 5.6: Presupuesto Porcentaje mínimo de VAM

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>COSTO FINAL</u>
MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA CALIENTE EN PLANTA SIN ADITIVO	\$85.69
MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA TIBIA EN PLANTA CON ZYCOTHERM	\$86.40
MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA TIBIA EN PLANTA CON CARNAUBA WAX	\$88.28

CAPITULO VI

6.1 Conclusiones

- Al realizar los ensayos de caracterización de los agregados pétreos de la Mina Planta Asfáltica ECODEP- San Mateo, y del ligante asfáltico AC20, proveniente de la Refinería Estatal de Esmeraldas, cumplen con Especificaciones del MOP-001-F 2002., descritos:

Tabla 3.1: Resumen de resultados de los agregados pétreos

Característica del ensayo	Norma	Especificación MOP		Resultados
		Min	Máx	
Granulometría agregado fino y grueso	ASTM C 136	-	-	
Gravedad Especifica seca del agregado grueso : 3/4" 3/8"	ASTM C-127	-	-	2,62 2,58
Gravedad Especifica seca del agregado fino : Arena gruesa	ASTM C-128	-	-	2,68
Gravedad Especifica saturada del agregado grueso: 3/4" 3/8"	ASTM C-127	-	-	2,67 2,64
Gravedad Especifica saturada del agregado fino: Arena gruesa	ASTM C-128	-	-	2,7
Absorción del agregado grueso: 3/4" 3/8"	ASTM C-127	-	-	1,73% 2,13%
Absorción del agregado fino: Arena gruesa	ASTM C-128	-	-	1,01%
Abrasión del agregado grueso: 3/4" 3/8"	ASTM C131/ C535		40	23% 24%
Peso Unitario de los Agregados grueso y fino	ASTM C 29	-	-	
Desgaste a los Sulfatos 5 ciclos 3/4" 3/8" Arena gruesa	ASTM C88		12	0,019% 0,036% 0,974%
Equivalente de Arena (%)	AASHTO T176	50		70%

Tabla 3.2: Resumen de resultados ensayos de cemento asfáltico AC 20

Característica del ensayo	Norma	Especificación MOP		Resultados
		Min	Máx	
Viscosidad a 60°C	ASTM D2171	160	240	186
Penetración (25°C, 100gr. 5s)mm/10	ASTM D5/ AASHTO T49	60	70	78
Viscosidad a 135°C, min (mm ² /s)	ASTM D36/ AASHTO T201	300		365
Punto de ablandamiento °C	ASTM D36/ AASHTO T53	47	58	50,4
Punto de chispa °C	ASTM D92/ AASHTO T48	232		334,33
Ductilidad (cm)	ASTM C- 128	50		60

- De acuerdo a las granulometrías de los materiales, adjuntas en los anexos 5, se seleccionó y se combinó los tres tipos de agregados, de acuerdo a la faja de límites máximos y mínimos establecidos por el MOP-001-F2002 Tabla 405-5.1, donde se procedió a realizar el diseño con la faja de 1/2" de acuerdo con el tamaño máximo nominal del agregado de la Mina Planta Asfáltica ECODEP- San Mateo- Esmeralda, del diseño de mezclas asfálticas para tráfico pesado.
- En el diseño de las mezclas asfálticas, se realizó tres combinaciones de agregados: 15% de 3/4", 25% de 3/8" y 55% de arena de la Mina Planta Asfáltica ECODEP- San Mateo- Esmeraldas, de esto obtuvimos el contenido OPTIMO DE ASFALTO del 5,81%, así también la estabilidad de 3505lb, el flujo 13.1" y las propiedades volumétricas para cada una de las mezclas, si analizamos los resultados estos se

encuentran dentro de los rangos detallados en las Especificaciones del MOP-001-F 2002 Tabla 405.5.4., adjunta en el anexo 2.

- El porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica de la Mina Planta Asfáltica ECODEP-San Mateo- Esmeraldas, nos arrojó un resultado de 4.05 % de vacíos en la mezcla con Ac20 sin modificar, correspondiendo a una mezcla asfáltica cerrada, dado a que la vida útil de un pavimento está en función del contenido de vacíos lo que quiere decir que estamos dentro de los parámetros establecidos por la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002, adjunta en el anexo 2. Donde se establece que para el diseño de mezclas asfálticas para tráfico pesado el porcentaje de vacios debe de estar entre 3%-5%.
- Al comparar los vacíos de aire de la mezcla original de Ac20 nos dio un valor de 4,05%; mientras que añadiéndole el aditivo Zycotherm nos dio como resultado 3,97% y con la Cera Carnauba Wax obtuvimos 4,22%, con relación a la mezcla original, cumpliendo con los rangos establecidos de diseño de mezclas asfálticas para tráfico pesado, que nos dice que el porcentaje de vacios debe de estar entre 3%-5%, descrito en la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002, adjunta en el anexo 2; manteniéndose en una mezcla asfáltica cerrada, con respecto a los vacíos de aire.
- En el análisis del Flujo, en la mezcla original de Ac20 sin modificar se obtuvo un flujo de 13,1" vs. las mezclas modificadas con Zycotherm el cual dio un flujo de 14" y de la cera Carnauba WAX de 13,5". Se observaron variaciones que están en el rango establecido por las especificaciones de la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002, adjunta en el anexo 2 para diseño de tráfico pesado, el cual nos dice que el flujo debe de estar entre 8" – 14".
- En análisis de la estabilidad, respecto a la mezcla original con un porcentaje de Ac20 optimo del 5,81% se obtuvo como resultado 3505lb, al compararlo con la mezcla asfáltica modificada con un porcentaje de Ac20 optimo modificado al 0,05% de Zycotherm del 5,6% da como resultado 2639 lb, lo cual representa una disminución del 24%, en el segundo análisis de la estabilidad realizado en la mezcla modificada con Cera Carnauba WAX al 5% da como resultado 3112 lb, lo cual

representa una disminución del 11%; en comparación a la mezcla original. En conclusión, el Zycotherm y la cera Carnauba WAX mantienen una resistencia al desplazamiento bajo cargas generadas por el tránsito, dentro del rango de las especificaciones para tráfico pesado que nos indica una resistencia mínima es de 1800 lb, descritas en la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002, adjunta en el anexo 2, así evitando la aparición de ahuellamientos, ondulaciones que se puede presentar a lo largo de la utilidad del asfalto.

- El resultado que obtuvimos del Agregado mineral (VAM) de la mezcla original fue de 16,1% y con las mezclas modificadas con aditivo Zycotherm fue de 15,6% y con la Cera Carnauba Wax fue de 16,81%, estando todavía dentro de los parámetros para diseño de mezclas asfálticas para tráfico pesado debe poseer un VAM mayor al 14%, descrito en la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002, adjunto en el anexo 2.
- El (VAM), determina el tipo de mezcla, en el caso de la Mina Planta Asfáltica ECODEP- San Mateo- Esmeraldas, tenemos un VAM de 16.1 % en la mezcla original de Ac20 sin modificar, y con la mezcla modificada de Ac20 con Cera Carnauba Wax de 16,81% lo que equivale a un tipo de mezcla A. Y para el caso de la mezcla asfáltica modificada de Ac20 con Zycotherm de 15,6% lo que equivale a un tipo de mezcla B, de acuerdo con las Especificaciones del MTOP-001-F2002; Tabla 405.5.5, adjunto en el anexo 3.
- La diferencia de los vacíos de asfalto (V.F.A) entre la mezcla original con un resultado de 75% y la mezcla modificada con Zycotherm con un resultado 74,7% y de la mezcla modificada con Cera Carnauba WAX con un resultado de 74,9%, de manera que presenta un decremento del 0,40% en la mezcla modificada con Zycotherm, y un decremento del 0,10% en la mezcla modificada con Cera Carnauba WAX, mejorando un poco la vida útil del asfalto por las características del agregado de la Mina Planta Asfáltica ECODEP- San Mateo- Esmeraldas, ya que el rango de aceptación de los vacios de asfaltos (V.F.A) está entre 65% -75%, y para los tres casos en estudio se encuentran dentro del parámetro establecido por la norma MOP-001-F2002 en la tabla 405.5.4, adjunta en el anexo 2.

- En el análisis de la relación filler/betún, se obtuvo un resultado de 0,5 siendo un parámetro bajo para las especificaciones mínimas y máximas de la relación filler/betún, que va de 0,8 -1,2 indicados en la tabla 405.5.4 del MOP 001-F2002, adjunto en el anexo 2, esto se debe porque el agregado es material lavado de río y no posee mucho polvo pasante del tamiz 200, lo que quiere decir que nos faltaría más agregado fino, se realizó un último ensayo en el cual se modificó el porcentaje de agregado fino haciendo la mezcla asfáltica subiendo a 25% de 3/4", 10% de 3/8" y 65% de arena, lo que quiere decir que se incrementó de un 10% más con respecto a la combinación de la mezcla asfáltica original, pero apenas logro llegar con esta combinación a tener el 0,8 estando al límite del mínimo, pero esto nos da una mezcla asfáltica que tendría mucha cantidad de finos en la combinación lo que nos indica que tal vez se debería de probar con otro método de estudio ya sea añadiéndole un pequeño porcentaje de limos o de cal a la mezcla para que así alcance un rango aceptable de filler/betún, descrito en la norma MOP antes mencionada.
- Para el análisis con el aditivo Zycothern se lo realizo por dos métodos, ya que en un primer método no se logró los resultados requeridos de estabilidad y flujo. En el primer caso una vez obtenido el porcentaje de óptimo de 5,81% de la mezcla con Ac20 sin modificar, se procedió a realizar mezclas a partir de ese óptimo de asfalto agregándole Zycotherm al 0,03%, 0,05% y 0,007%; en el cual se realizaron 6 briquetas por cada porcentaje propuesto de Ac20 modificado con zycotherm , dando el total de 18 briquetas, en las cuales dio los siguientes resultados de estabilidad 1315lb, 1442lb y 1109lb, y en flujo 15,26", 16,65" y 20,83" respectivamente, los cuales fueron resultados que no cumplieron con las especificaciones de criterios Marshall, descritos en la norma MOP-001-F2002 en la tabla 405.5.4, adjunta en el anexo 2., que nos dice que para el diseño de mezclas asfálticas para tráfico pesado se debe tener una estabilidad mínima de 1800lb y un flujo de 8"- 14", lo cual nos llevo a concluir que al realizar por este método no se cumplía con la normativa MOP, procediendo a realizarse por un segundo método en el cual nos basamos en la recomendación que nos brinda la empresa BERM que distribuye el aditivo Zycotherm aquí en el país, que se agregue un 0,05% de Zycotherm al Ac20 procedamos como un diseño Marshall inicial para encontrar un porcentaje de ac20 optimo ya modificado al 0,05% de Zycotherm, para lo cual se partió de cinco porcentajes diferentes que fueron al 5% - 5,5% - 6% - 6,5% - 7%, en el cual a

realizar las 3 briquetas por porcentaje de Ac20 modificado se hicieron en total 15 briquetas, después de realizar todos los ensayos correspondientes al método Marshall se obtuvo como resultado un porcentaje de Ac 20 modificado al 0,05% de Zycotherm de 5,6% nos da los siguientes resultados:

Estabilidad: 2639lb

Flujo: 14”

VA: 3,97%

VAM: 15,6%

VFA: 74,7%

cumpliendo con las especificaciones técnicas de criterios Marshall para tráfico pesado descritos en la norma MOP-001-F2002 en la tabla 405.5.4, adjunta en el anexo 2.

- Para el análisis con el aditivo de la Cera Carnauba Wax se lo realizó a partir del porcentaje óptimo de asfalto de 5,81% de la mezcla con Ac20 sin modificar, donde se procedió a realizar mezclas a partir de ese óptimo de asfalto agregándole la cera Carnauba Wax al 3%, 5% y 8%; en el cual se realizaron 6 briquetas por cada porcentaje propuesto de Ac20 modificado con cera Carnauba Wax, dando el total de 18 briquetas, en el cual el porcentaje que cumplió con las especificaciones técnicas de criterios Marshall para tráfico pesado descritos en la norma MOP-001-F2002 en la tabla 405.5.4, adjunta en el anexo 2, fue el del Ac20 modificado a partir del porcentaje óptimo de asfalto de 5,81% con el 5% de cera Carnauba Wax, dando los siguientes resultados:

Estabilidad: 3112lb

Flujo: 13,5”

VA: 4,22%

VAM: 16,81%

VFA: 74,9%

- Al elaborar las mezclas se pudo evidenciar que al agregar los aditivos ZYCOTHERM y Cera CARNAUBA WAX, además de disminuir la temperatura,

mejora las propiedades de la mezcla como la trabajabilidad y la adherencia entre las partículas de agregado y cemento asfáltico, siendo esta una de las principales ventajas de usar los aditivos. Buscándose principalmente que una mezcla asfáltica tibia tenga el mismo comportamiento que una mezcla asfáltica en caliente, respecto a las propiedades de un pavimento flexible para tráfico pesado, que son: Estabilidad, Flujo, V.A.M., Vacíos con aire, V.F.A, Filler/ Betún; como se indica en la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002, adjunta en el anexo 2.

- Al realizar una comparación de costos y beneficios, hemos elaborado los respectivos análisis de precios unitarios entre las mezclas asfálticas sin aditivo y con la implementación de los aditivos; en los cuales, las variantes principales son el costo del diésel y el costo de los aditivos en función de su dosificación. En conclusión, la mezcla asfáltica con zhycotherm es la más beneficiosa como se muestra en la tabla a continuación.

<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>DIESEL</u>	<u>% DE DOSIFICACIÓN</u>	<u>COSTO FINAL</u>
MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA CALIENTE EN PLANTA SIN ADITIVO	7,00 galones	-	\$85,69
MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA TIBIA EN PLANTA CON ZYCOTHERM	5,69 galones	0,05%	\$86,40
MEZCLA ASFÁLTICA SUELTA TIBIA EN PLANTA CON CARNAUBA WAX	6,13 galones	5%	\$88,28

6.2 Recomendaciones

- Con respecto a la relación filler/betún, se obtuvo un resultado de 0,5 siendo un parámetro bajo para las especificaciones mínimas y máximas de la relación filler/betún, que va de 0,8 -1,2 indicados en la tabla 405.5.4 del MOP 001-F2002, adjunto en el anexo 2, por lo tanto se recomienda agregar un 10% a la mezcla de finos, pero sería una mezcla que posea mucho material fino, u otra manera para mejorar la relación filler/betún sería realizar un estudio en base a los agregados pétreos de la Mina Planta Asfáltica ECODEP, para agregarles un cierto porcentaje de limo o cal, para mejorar este parámetro que no se está cumpliendo en campo dado a las características de material pétreo que procedente de río, es por esta razón que al triturarlo este material no cuenta con suficiente polvo pasante del tamiz #200.
- Se recomienda tener un amplio conocimiento en cuanto a la normativa y los procesos que rigen la elaboración y caracterización de las muestras asfálticas, esto para agilizar el proceso manteniendo precaución al momento de utilizar los aparatos.
- Se recomienda al momento de utilizar los equipos de los ensayos disponer de toda la indumentaria de protección personal, para mantener la integridad física de los laboratoristas, o personas que realicen los ensayos de laboratorio. Esto tomando en cuenta que existe manipulación directa de materiales peligrosos.
- Para la elaboración de las mezclas asfálticas se recomienda tener en cuenta las temperaturas a las cuales deben estar los materiales, moldes y cemento asfáltico, con el fin de garantizar las temperaturas de mezcla y compactación a las cuales van a estar sometidas las muestras asfálticas.
- En resumen, Zycotherm, ofrece múltiples beneficios en el proceso de mezcla, transporte, tendido y compactación de la mezcla asfáltica; nos permite menores temperaturas de mezclado (de 10 °C a 20 °C menos) y también bajar las temperaturas de compactación (de 30°C a 40 °C menos), lo conocido como mezclas tibias (WARM MIX).

- Zycotherm, modifican químicamente la superficie del agregado, convirtiéndola de hidrófila (atrae el agua) a hidrófoba (repele el agua), lo más similar a impermeable, se crea una unión química permanente en la interfaz del agregado, logrando un excelente desempeño anti-stripping evitando así la peladura del asfalto y el desprendimiento del agregado.
- Zycotherm, genera un 100% de recubrimiento en los agregados, con 0% a 40% menos del tiempo regular de mezclado, recubriendo completamente de partículas la superficie, incluso por debajo de las 75 micras y evitando así % de vacíos; El aspecto es más oscuro y brillante de la mezcla asfáltica, debido al 100% del recubrimiento.
- Se recomienda dosificar del 0.05% - 0.1%, en función al peso del cemento asfáltico; adicionalmente, la colocación del aditivo deberá ser por inyección por goteo, en la línea de carga del tanque de almacenamiento de la refinería al tanquero transportador.

Bibliografía

- Asphalt Institute. (2014). *MS-2 Asphalt Mix Design Methods*. USA: ASPHALT INSTITUTE.
- MOP. (2002). *ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION*.
- Rondón, H., & Reyes, F. (2015). *Pavimentos Materiales, construcción y diseño*. Bogotá: Ecoe ediciones.
- Bustillo, M., Durán, A., & Fueyo, L. (2014). *Manual de Áridos*. Madrid: Fueyo Editores.
- The Asphalt Institute. (1982). *Manual del Asfalto*. Maryland: Colleague Park.
- ASTM. (2014a). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. *ASTM*, 5.
- ASTM. (2014b). Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate. *ASTM*, 10.
- ASTM. (2015). Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate. *ASTM*, 5.
<https://doi.org/10.1520/C0127-15>
- ASTM D113. (2017). Standard Test Method for Ductility of Asphalt Materials. *ASTM International*, 1-2.
- ASTM D2171. (2010). Standard Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer. *ASTM International*, 1-2.
- ASTM D2872. (2012). Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test). *ASTM International*, 1.
- ASTM D36. (2014). Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus). *ASTM International*, 1-2.
- ASTM D5. (2013). Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials. *ASTM International*, 1.
- ASTM D6927. (2006). Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures. *ASTM International*, 1-2.
- ASTM D92. (2013). Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester. *ASTM International*, 1-2.

Anexos

Anexo 1: Granulometrías para mezclas asfálticas

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	$\frac{3}{4}$ "	$\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{8}$ "	Nº4
1" (25.4 mm.)	100	--	--	--
$\frac{3}{4}$ " (19.0 mm.)	90 - 100	100	--	--
$\frac{1}{2}$ " (12.7 mm.)	--	90 - 100	100	--
$\frac{3}{8}$ " (9.50 mm.)	56 - 80		90 - 100	100
Nº 4 (4.75 mm.)	35 - 65	44 - 74	55 - 85	80 - 100
Nº 8 (2.36 mm.)	23 - 49	28 - 58	32 - 67	65 - 100
Nº 16 (1.18 mm.)	--	--	--	40 - 80
Nº 30 (0.60 mm.)	--	--	--	25 - 65
Nº 50 (0.30 mm.)	5 - 19	5 - 21	7 - 23	7 - 40
Nº 100 (0.15 mm.)	--	--	--	3 - 20
Nº 200 (0.075 mm.)	2 - 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Anexo 2: MOP-001-F tabla 405.5.4

TIPO DE TRAFICO CRITERIOS MARSHALL	Muy Pesado		Pesado		Medio		Liviano	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1800	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	8	14	8	14	8	16	8	16
% de vacios en mezcla								
- Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
- Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
- Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacios agregados	VER TABLA 405-5.5							
Relación filler/betún	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua temperatura ambiente								
- Capa de Rodadura	70	----	70	----				
- Intermedia o base	60	----	60	----				

Anexo 3: MOP-001-F tabla 405.5.5

TABLA 405-5.5

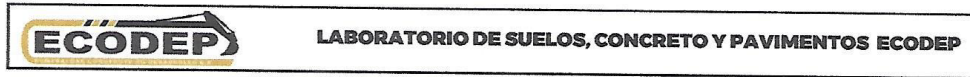
Tipo de Mezcla	VAM, Mínimo (%)
A	16
B	15
C, D	14
E	13

Anexo 4: Relaciones para correlacionar estabildades

RELACIONES PARA CORRELACIONAR ESTABILIDADES																	
FACTOR DE CORRECCION	VOLUMEN DE LAS BRIQUETAS EN C.C.																ESPESOR BRIQUETAS CORREGIDA
1,92	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367			4,44
1,79	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379					4,60
1,67	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392				4,76
1,56	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405				4,92
1,47	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420		5,80
1,39	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431						5,24
1,25	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456				5,56
1,19	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470			5,72
1,14	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482					5,87
1,09	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495				6,03
1,04	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508				6,19
1,00	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522			6,35
0,93	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546						6,67
0,89	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559				6,83
0,86	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573			6,99
0,83	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585					7,14
0,81	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598				7,30
0,78	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610					7,46

Anexo 5: Ensayos caracterización de los agregados pétreos

Granulometría agregado ¾

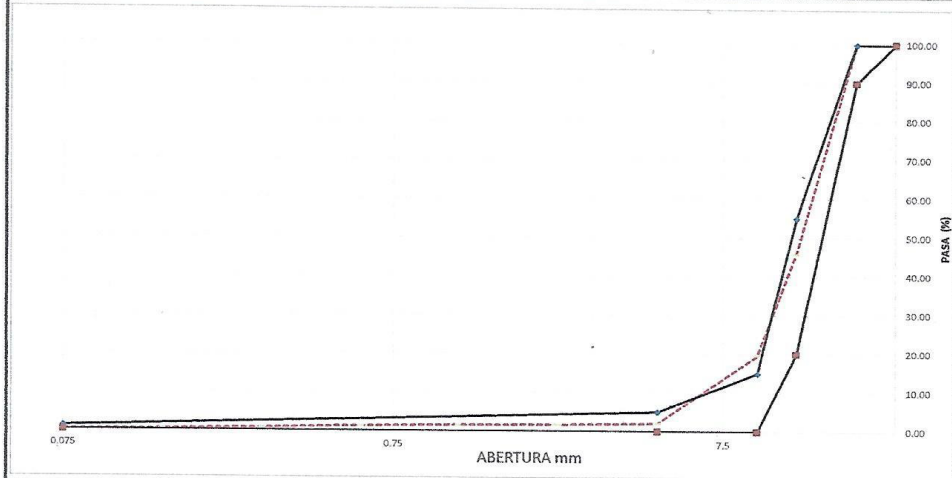


AREA DE HORMIGONES
 INFORME DE ENSAYO
 ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZICOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : ASTM C136 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN
 MUESTRA : MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN : TRITURADO ¾"

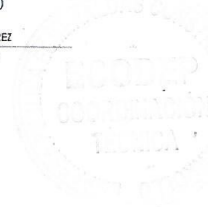
	TAMIZ		PESOS			PORCENTAJES			LÍMITES ASTM C33	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA PARA MEZCLA ASFÁLTICA
	Pig.	mm	PESO PARCIAL g	%RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA				
AGREGADO GRUESO	3"	75	0.00	0.00	0.00	100.00			LABADO X SECO X BALANZA No: I HORNO No: 1	
	2 1/2"	63	0.00	0.00	0.00	100.00				
	2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00				
	1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00				
	1"	25	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100	MÓDULO DE FINURA	
	3/4"	19	10.00	0.10	0.10	99.90	100	90	6.79	
	1/2"	12.5	5180.00	54.12	54.23	45.77	55	20	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL	
	3/8"	9.5	2512.00	26.25	80.47	19.53	15	0	5 - 0	
AGREGADO FINO	Nº 4	4.75	1672.00	17.47	97.94	2.06			3/4"	
	Nº 8	2.36	35	0.37	98.31	1.69			TAMAÑO NOMINAL	
	Nº 16	1.18	16	0.17	98.47	1.53			3/4"	
	Nº 30	0.6	27	0.28	98.76	1.24			TAMAÑO NOMINAL	
	Nº 50	0.3	50	0.52	99.28	0.72			3/4"	
	Nº 100	0.15	42	0.44	99.72	0.28				
	Nº 200	0.075	18	0.19	99.91	0.09	1	0		
	FONDO		9	0.09	100.00	0.00				
TOTAL		9571.00	100.00							



Límites granulométricos según la norma (INEN 872, ASTM C 33/AASHTO M6) para agregados grueso entre 3/4" a 3/8"

Abigail Arismendi
 ING. ABIGAILBUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:

Diego Álvarez
 TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR



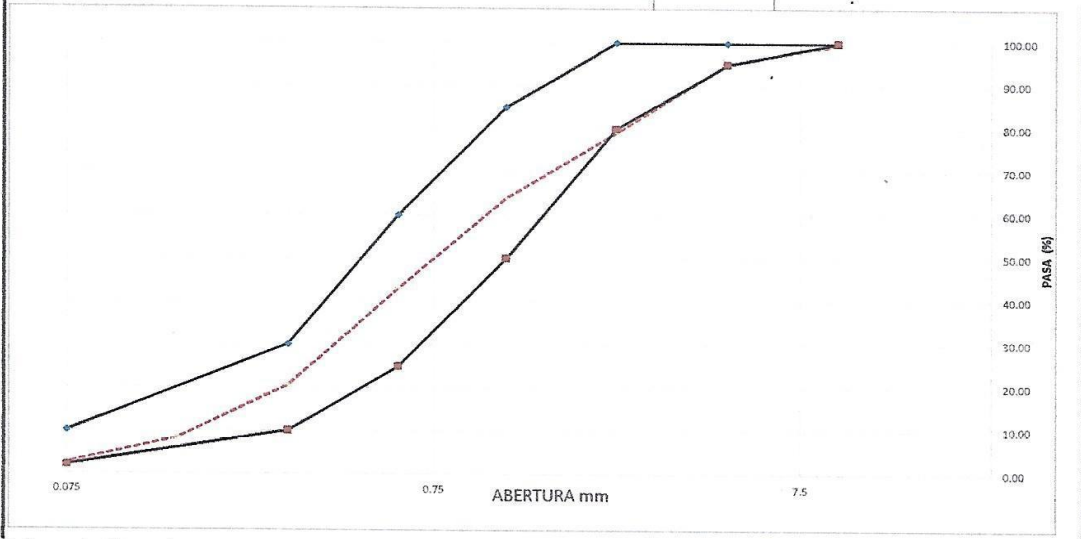
- Granulometría agregado fino

**ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO**

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADOR POR: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : ASTM C136 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA : MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN : ARENA

Pig.	TAMIZ		PESOS		PORCENTAJES			ESPECIFICACIÓN ASTM C 33	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA PARA MEZCLA ASFÁLTICA
	mm		PESO PARCIAL g		% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
AGREGADO GRUESO	3"	75	0.00		0.00	0.00	100.00		LABADO X SECO X BALANZA No: 1 HORNO No: 1 PESO INICIAL DE LA MUESTRA AGRE. GRUESO AGRE. FINO HUM. SECA HUM. SECA RECIPIENTE HA A-1 A-2 + Muestra
	2 1/2"	63	0.00		0.00	0.00	100.00		
	2"	50	0.00		0.00	0.00	100.00		
	1 1/2"	37.5	0.00		0.00	0.00	100.00		
	1"	25	0.00		0.00	0.00	100.00		
	3/4"	19	0.00		0.00	0.00	100.00		
	1/2"	12.5	0.00		0.00	0.00	100.00		
	3/8"	9.5	3.00		0.30	0.30	99.70	100 - 100	
AGREGADO FINO	Nº 4	4.75	46.00		4.60	4.90	95.10	100 - 95	
	Nº 8	2.36	160		16.02	20.92	79.08	100 - 80	
	Nº 16	1.18	151		15.12	36.04	63.96	85 - 50	
	Nº 30	0.6	210		21.02	57.06	42.94	60 - 25	
	Nº 50	0.3	224		22.42	79.48	20.52	30 - 10	
	Nº 100	0.15	122		12.21	91.69	8.31		
	Nº 200	0.075	57.00		5.71	97.40	2.60	10 2	
	FONDO		26.00		2.60	100.00	0.00		
TOTAL		999.00		100.00					



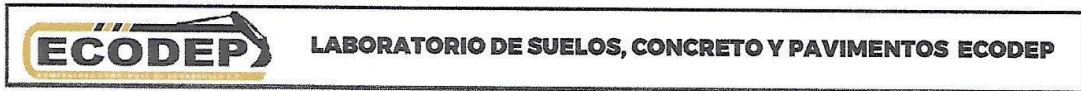
Límites granulométricos según la norma (INEN 872, ASTM C 33/AASHTO M6) para agregados grueso entre 3/8" a Nº8

Abigail Arismendi
 ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:

Diego Álvarez
 TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR



- Gravedad específica y absorción en el agregado grueso ¾"



**ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION EN EL AGREGADO GRUESO**


PROYECTO:

LOCALIZACIÓN :		SOLICITADO POR :	
NORMA DE ENSAYO :	ASTM C 127	FISCALIZADOR :	
RECEPCIÓN N° :		CONTRATISTA :	
CÁNTERA :		FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :	
LOCALIZACIÓN :		FECHA DE EMISIÓN :	
MUESTRA :			
DESCRIPCIÓN :	TRITURADO ¾"		


Gravedad específica seca =	A/ (B-C)
Gravedad específica saturada con superficie seca =	B/ (B-C)
Gravedad específica aparente =	A/ (A-C)
Absorción=	(B-A)100/A

MASA DE LA MUESTRA SECA	A=	4915.00 g
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B=	5000.00 g
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C=	3126.00 g

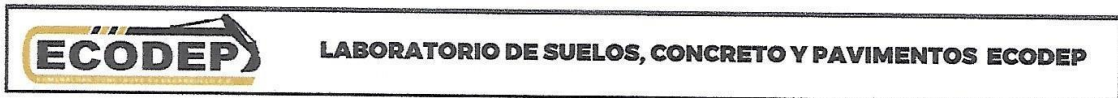
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA	Ge=	2.62
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges=	2.67
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Gea=	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	Ab=	1.73 %


Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA




Ing. Diego Álvarez
Coordinador Técnico de Producción

- Gravedad específica y absorción en el agregado grueso 3/8"



**ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN EN EL AGREGADO GRUESO**


PROYECTO:

LOCALIZACIÓN :		SOLICITADO POR :	
NORMA DE ENSAYO :	ASTM C 127	FISCALIZADOR :	
RECEPCIÓN N° :		CONTRATISTA :	
CANTERA :		FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :	
LOCALIZACIÓN :		FECHA DE EMISIÓN :	
MUESTRA :			
DESCRIPCIÓN :	TRITURADO 3/8"		

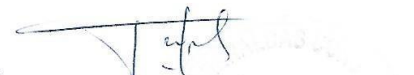
Gravedad específica seca =	A/ (B-C)
Gravedad específica saturada con superficie seca =	B/ (B-C)
Gravedad específica aparente =	A/ (A-C)
Absorción=	(B-A)100/A

MASA DE LA MUESTRA SECA	A=	4890.00 g
MASA DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	B=	4994.00 g
MASA APARENTE DE LA MUESTRA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	C=	3101.00 g

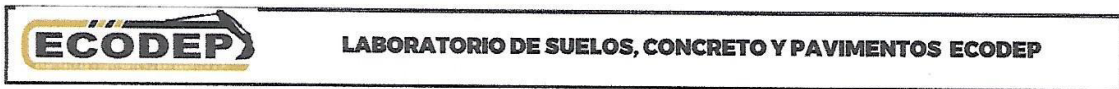
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA	Ge=	2.58
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges=	2.64
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Gea=	2.73
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	Ab=	2.13 %


Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA




Ing. Diego Álvarez
Coordinador Técnico de Producción

- Gravedad específica y absorción en el agregado fino



**AREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION EN EL AGREGADO FINO
PROCEDIMIENTO GRAVIMÉTRICO**

PROYECTO:

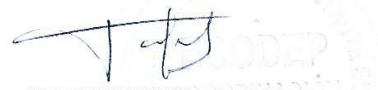
LOCALIZACIÓN :
 NORMA DE ENSAYO : ASTM C 128
 RECEPCIÓN N° :
 CANTERA :
 LOCALIZACIÓN :
 MUESTRA :
 DESCRIPCIÓN : ARENA GRUESA

SOLICITADO POR :
 FISCALIZADOR :
 CONTRATISTA :
 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 FECHA DE EMISIÓN :

Gravedad específica seca = $A / (B + S - C)$
 Gravedad específica saturada con superficie seca = $S / (B + S - C)$
 Gravedad específica aparente = $A / (B + A - C)$
 Absorción = $((D - A) / A) \cdot 100$

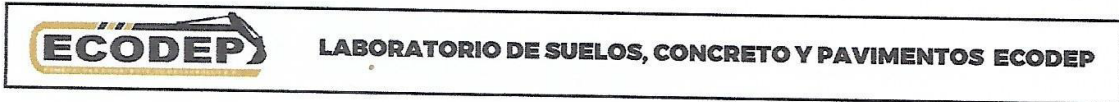
MASA DE LA MUESTRA SECA	A=	495.00 g
MASA DEL MATRAZ (PICNÓMETRO) CON AGUA	B=	649.00 g
MASA DEL MATRAZ (PICNÓMETRO) CON EL AGREGADO Y AGUA HASTA LA LÍNEA DE AFORO	C=	964.00 g
PESO DEL MATERIAL SATURADO SUPERFICIALMENTE SECO	D=	500.00 g
GRAVEDAD ESPECÍFICA SECA	Ge=	2.68
GRAVEDAD ESPECÍFICA SATURADA CON SUPERFICIE SECA	Ges=	2.70
GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE	Gea=	2.75
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	Ab=	1.01 %


 Ing. Abigail Bustos Arismendi
 Responsable de ÁREA


 Ing. Diego Álvarez
 Coordinador Técnico de Producción



- Peso unitario compactado de los agregados



ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : ASTM C29 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA : MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN :

PESO UNITARIO COMPACTADO:

Mc : Masa del material compactado (kg)
 B : Masa del molde más material compactado (kg)
 P : Masa del recipiente (kg)
 Puc : Peso unitario suelto (kg/m³)

$Mc = B - P$
 $Puc = Mc / V$

TRITURADO 3/4"

B (kg)	P (kg)	Mc (kg)	V (m³)	Puc (kg/m³)
11.908	6.853	5.055	0.0031599	1599.7342
12.084	6.853	5.231	0.0031599	1655.4321
12.096	6.853	5.243	0.0031599	1659.2297
PROMEDIO				1638.1320

TRITURADO 3/8"

B (kg)	P (kg)	Mc (kg)	V (m³)	Puc (kg/m³)
11.729	6.853	4.876	0.0031599	1543.0868
11.721	6.853	4.868	0.0031599	1540.5551
11.735	6.853	4.882	0.0031599	1544.9856
PROMEDIO				1542.8758

ARENA GRUESA

B (kg)	P (kg)	Mc (kg)	V (m³)	Puc (kg/m³)
12.483	6.853	5.63	0.0031599	1781.7020
12.524	6.853	5.671	0.0031599	1794.6770
12.579	6.853	5.726	0.0031599	1812.0827
PROMEDIO				1796.1539

Abigail Bustos Arismendi

Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA



Diego Álvarez

Ing. Diego Álvarez
Coordinador Técnico de Producción



- Peso unitario suelto de los agregados



**ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : ASTM C29 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA : MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN :

PESO UNITARIO SUELTO:

Ms : Masa del material suelto (kg)
 A : Masa del molde más material suelto (kg)
 P : Masa del recipiente (kg)
 Pus : Peso unitario suelto (kg/m³)

Ms = A - P
 Pus = Ms/V

TRITURADO 3/4"

A (kg)	P (kg)	Ms (kg)	V (m³)	Pus (kg/m³)
11.684	6.853	4.831	0.0031599	1528.8458
11.701	6.853	4.848	0.0031599	1534.2258
11.781	6.853	4.928	0.0031599	1559.5430
PROMEDIO				1540.8715

TRITURADO 3/8"

A (kg)	P (kg)	Ms (kg)	V (m³)	Pus (kg/m³)
11.422	6.853	4.569	0.0031599	1445.9318
11.462	6.853	4.609	0.0031599	1458.5905
11.455	6.853	4.602	0.0031599	1456.3752
PROMEDIO				1453.6325

ARENA GRUESA

A (kg)	P (kg)	Ms (kg)	V (m³)	Pus (kg/m³)
11.986	6.853	5.133	0.0031599	1624.4185
12.129	6.853	5.276	0.0031599	1669.6731
12.124	6.853	5.271	0.0031599	1668.0908
PROMEDIO				1654.0608

Ing. Abigail Bustos Arismendi
 Responsable de ÁREA



Ing. Diego Álvarez
 Coordinador Técnico de Producción

- Abrasión e impacto por la máquina de los ángeles, agregado ¾"



**AREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
ABRASION E IMPACTO POR LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN	: ESMERALDAS	SOLICITADO POR	: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
NORMA DE ENSAYO	: ASTM C131/ C535	FISCALIZADOR	:
RECEPCIÓN N°	:	CONTRATISTA	:
CANTERA	: ECODEP	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:
LOCALIZACIÓN	: SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA	FECHA DE EMISIÓN	:
MUESTRA	: MATERIAL PÉTRICO ECODEP		
DESCRIPCIÓN	: ¾"		

PORCENTAJE DE DESGASTE = (C/A)*100

MASA QUE PASA TAMIZ N°12 = (A-B)


DESIGNACIÓN DE GRANULOMETRÍA: B

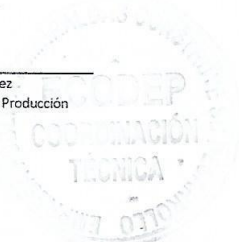
MÉTODO	A	B	C	D
DIÁMETRO	CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
Pasa el tamiz	Retenido el tamiz			
1 ½"	1"	1 250±25		
1"	¾"	1 250±25		
¾"	½"	1 250±10	2 500±10	
½"	3/8"	1 250±10	2 500±10	
3/8"	¼"	2 500±10	2 500±10	
¼"	N°4	2 500±10	2 500±10	
N°4	N°8			5 000±10
PESO TOTAL	5 000±10	5 000±10	5 000±10	5 000±10
N° de esferas	12	11	8	6
N° de revoluciones	500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)	15	15	15	15

MASA INICIAL DE LA MUESTRA	A=	5004	g
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12 DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES	B=	3843.6	g
MASA QUE PASA EL TAMIZ N°12	C=	1160.4	g
PORCENTAJE DE DESGASTES	D=	23	%


Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA




Ing. Diego Álvarez
Coordinador Técnico de Producción



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com

- Abrasión e impacto por la máquina de los ángeles, agregado 3/8"



ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
ABRASIÓN E IMPACTO POR LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : ASTM C131/ C535 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA : MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN : 3/8"

PORCENTAJE DE DESGASTE = (C/A)*100

MASA QUE PASA TAMIZ N°12 = (A-B)

DESIGNACIÓN DE GRANULOMETRÍA: C

MÉTODO	A	B	C	D
DIÁMETRO	CANTIDAD DE MATERIAL A EMPLEAR (gr)			
Pasa el tamiz	Retenido el tamiz			
1 1/2"	1"	1 250±25		
1"	3/4"	1 250±25		
3/4"	1/2"	1 250±10	2 500±10	
1/2"	3/8"	1 250±10	2 500±10	
3/8"	1/4"	2 500±10	2 500±10	
1/4"	N°4	2 500±10	2 500±10	
N°4	N°8			5 000±10
PESO TOTAL	5 000±10	5 000±10	5 000±10	5 000±10
N° de esferas	12	11	8	6
N° de revoluciones	500	500	500	500
Tiempo de rotación (minutos)	15	15	15	15

MASA INICIAL DE LA MUESTRA A= 5000 g

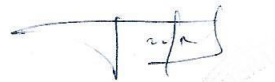
MASA RETENIDA EN EL TAMIZ N° 12 DESPUÉS DE 500 REVOLUCIONES B= 3777 g

MASA QUE PASA EL TAMIZ N°12 C= 1223 g

PORCENTAJE DE DESGASTES D= 24 %


 Ing. Abigail Bustos Arismendi
 Responsable de ÁREA




 Ing. Diego Álvarez
 Coordinador Técnico de Producción

Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com

- Durabilidad a los áridos a la acción de los sulfatos, Agregado ¾"



ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN: ESMERALDAS SOLICITADO POR: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO: ASTM C88 FISCALIZADOR: :
 RECEPCIÓN N°: CONTRATISTA: :
 CANTERA: ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: :
 LOCALIZACIÓN: SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN: :
 MUESTRA: MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN: TRITURADO ¾"

SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO


AGREGADO GRUESO : ¾"

FRACCIÓN Nº	Nº TAMIZ		%RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	PESO INICIAL EMPLEADO	PESO FINAL (g)	PERDIDAS DE PESO		PERDIDAS CORRE
	PASA	RETIENE				(g)	(%)	
1	1"	¾"	0.1	500	499.95	0.05	0.0100	0.000
2	¾"	1/2"	54.12	1000.00	999.93	0.07	0.0070	0.004
3	1/2"	3/8"	26.25	666.00	665.89	0.11	0.0165	0.004
4	3/8"	Nº4	17.47	300.19	300.00	0.19	0.0633	0.011
						PERDIDAS TOTALES %		0.019

OBSERVACIONES:

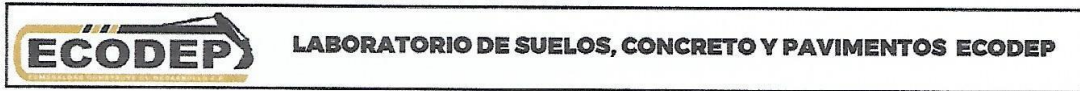

 Ing. Abigail Bustos Arismendi
 Responsable de ÁREA




 Ing. Diego Álvarez
 Coordinador Técnico de Producción

Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesemeraldas@hotmail.com

- Durabilidad a los áridos a la acción de los sulfatos, Agregado 3/8"



ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN: ESMERALDAS SOLICITADO POR: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO: ASTM C88 FISCALIZADOR: :
 RECEPCIÓN N°: RECEPTO N°: CONTRATISTA: :
 CANTERA: ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: :
 LOCALIZACIÓN: SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN: :
 MUESTRA: MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN: TRITURADO 3/8"

SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO

AGREGADO GRUESO : 3/8"

FRACCIÓN N°	N° TAMIZ		%RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	PESO INICIAL EMPLEADO	PESO FINAL (g)	PERDIDAS DE PESO		PERDIDAS CORRE
	PASA	RETIENE				(g)	(%)	
1	1/2"	3/8"	2.44	330.00	329.9	0.10	0.0303	0.001
2	3/8"	N°4	81.42	300.23	300.10	0.13	0.0433	0.035
PERDIDAS TOTALES %								0.036

OBSERVACIONES:


 Ing. Abigail Bustos Arismendi
 Responsable de ÁREA

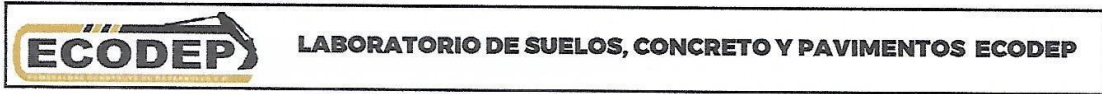


Ing. Diego Álvarez
 Coordinador Técnico de Producción



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com

- Durabilidad a los áridos a la acción de los sulfatos, Agregado Fino



ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
DURABILIDAD DE LOS ÁRIDOS A LA ACCIÓN DE LOS SULFATOS

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS


LOCALIZACIÓN: ESMERALDAS SOLICITADO POR: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO: ASTM C88 FISCALIZADOR: :
 RECEPCIÓN N°: CONTRATISTA: :
 CANTERA: ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: :
 LOCALIZACIÓN: SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN: :
 MUESTRA: MATERIAL PÉTREO ECODEP
 DESCRIPCIÓN: ARENA GRUESA

SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO

ARENA GRUESA

FRACCIÓN N°	N° TAMIZ		%RETENIDO PARCIAL DEL AGREGADO	PESO INICIAL EMPLEADO	PESO FINAL (g)	PERDIDAS DE PESO		PERDIDAS CORRE
	PASA	RETIENE				(g)	(%)	
1	3/8"	N°4	0.3	100.20	100	0.20	0.1996	0.001
2	N°4	N°8	2.9	100.00	99.73	0.27	0.2700	0.008
3	N°8	N°16	32.2	100.00	98.61	1.39	1.3900	0.448
4	N°16	N°30	21.8	100.00	98.87	1.13	1.1300	0.246
5	N°30	N°50	21.2	100.00	98.72	1.28	1.2800	0.271
						PERDIDAS TOTALES %		0.974

OBSERVACIONES:

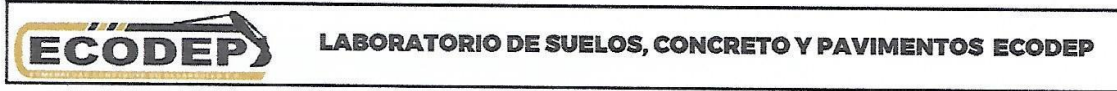

Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA




Ing. Diego Álvarez
Coordinador Técnico de Producción

Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com

- Equivalente de arena




**ÁREA DE HORMIGONES
INFORME DE ENSAYO
EQUIVALENTE DE ARENA**

PROYECTO	COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS		
LOCALIZACIÓN	: ESMERALDAS	SOLICITADO POR	: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
NORMA DE ENSAYO	: ASSHTO T176	FISCALIZADOR	:
RECEPCIÓN N°	:	CONTRATISTA	:
CANTERA	: ECODEP	FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	:
LOCALIZACIÓN	: SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA	FECHA DE EMISIÓN	:
MUESTRA	: MATERIAL PÉTREO ECODEP		
DESCRIPCIÓN	: ARENA GRUESA		

$C = (A/B) * 100$			
LECTURA INICIAL	:	A=	5.3"
LECTURA FINAL	:	B=	3.7"
EQUIVALENTE DE ARENA	:	C=	70 %

OBSERVACIONES:


Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodepesmeraldas@hotmail.com

Anexo 6: Ensayos caracterización del asfalto AC 20

- Ductilidad de materiales bituminosos



ÁREA DE PAVIMENTO
 INFORME DE ENSAYO
 DUCTILIDAD DE MATERIALES BITUMINOSOS

PROYECTO : ASFALTADO Y REASFALTADO DEL MUELLE DE AUTORIDAD PORTUARIA

LOCALIZACIÓN :
 NORMA DE ENSAYO : ASTM D113/ AASHTO T51
 RECEPCIÓN N° :
 CANTERA : ECODEP
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA
 MUESTRA : TOMADA EN PLANTA -DISTRIBUIDOR PETROECUADOR
 DESCRIPCIÓN : CEMENTO ASFÁLTICO AC-20

SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 FISCALIZADOR :
 CONTRATISTA :
 FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 FECHA DE EMISIÓN :

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra:	
Temperatura del ensayo (°C):	25°C
Número de replicas:	3

Valores de ductilidad en la muestra:

Molde	1	2	3	Promedio
Ductilidad (cm)	56	62	62	60

Especificación del producto:

NTE INEN 2515-2014, Tabla 7, Grado AC-20	mínimo	50
--	--------	----

Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

Información de la muestra :

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar del producto	N/D
Identificación del camión	N/D

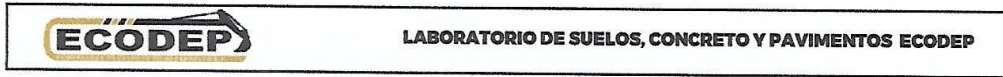
Observaciones:

Ing. Abigail Bustos Arismendi
 Responsable de Área



Ing. Diego Alvarez Marchán
 Coordinador Técnico de Producción

- Determinación de punto de chispa y llama de los materiales bituminosos con el equipo de la copa abierta de claveland



ÁREA DE PAVIMENTO
INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DEL PUNTO DE CHISPA Y LLAMA DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS CON EL EQUIPO DE LA COPA ABIERTA DE CLAVELAND

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIPIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA-PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (SADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARQUEL

NORMA DE ENSAYO : ASTM D92/ AASHTO T48 FISCALIZADOR :

RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :

CANtera : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :

LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :

MUESTRA : TOMADA EN PLANTA- DISTRIBUIDOR PETROECUADOR

DESCRIPCIÓN : CEMENTO ASFÁLTICO AC-20

Identificación de la muestra:

Punto de chispa (°C)=	280
Punto de llama (°C)=	327.4
Presión Barométrica (mmHg)=	550
Punto de chispa corregido (°C)=	286.93
Punto de llama corregido (°C)=	334.33

Especificación del producto para punto de chispa:

NTE INEN 2515 2014, Tabla 7, Grado AC-20	mínimo	232
--	--------	-----

Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

Observaciones:

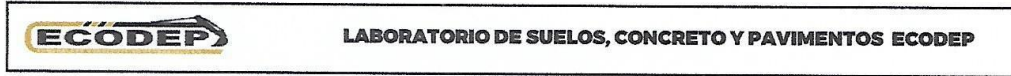
Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de Área

Ing. Diego Alvaroz Marchán
Coordinador Técnico de Producción



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) 061 540 3693 217, Email: ecodesmeraldas@hotmail.com

- Determinación de viscosidad de asfaltos por viscosímetro capilar al vacío



**ÁREA DE PAVIMENTO
INFORME DE ENSAYO
DETERMINACIÓN DE VISCOSIDAD DE ASFALTOS POR VISCOSÍMETRO CAPILAR AL VACÍO**

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL

NORMA DE ENSAYO : FISCALIZADOR :

RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :

CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :

LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :

MUESTRA : TOMADA EN PLANTA -DISTRIBUIDOR PETROECUADOR

DESCRIPCIÓN : CEMENTO ASFÁLTICO AC-20

Descripción

Identificación de la muestra=	
Temperatura del ensayo (°C)=	60
Número del viscosímetro =	
Serie del viscosímetro =	

	Bulbo B	Bulbo C	Bulbo D	Bulbo E	Bulbo F
Constante del viscosímetro (Pa.s/s)	3.179	1.605	1.069	0.7935	0.6298
Tiempo del flujo (s)	57.94	116.07	175.40
Viscosidad (Pa.s)	184.2	186.3	187.5		

Especificación del producto:

NTE INEN 2515.2014, TABLA 7, Grado AC-20	mínimo	160 Pa.s
	máximo	240 Pa.s

Resultado del ensayo:

Viscosidad (Pa.s)	186.00
-------------------	--------

Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de Área



Ing. Diego Álvarez Marchán
Coordinador Técnico de Producción



- Punto de ablandamiento de bitumen (aparato anillo y bola)



**ÁREA DE PAVIMENTO
INFORME DE ENSAYO
PUNTO DE ABLANDAMIENTO DE BITUMEN (APARATO DE ANILLO Y BOLA)**

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS **SOLICITADO POR :** JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL

NORMA DE ENSAYO : ASTM D36 /AASHTO T53 **FISCALIZADOR :**

RECEPCIÓN N° : **CONTRATISTA :**

CANTERA : ECODEP **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :**

LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA **FECHA DE EMISIÓN :**

MUESTRA : TOMADA EN PLANTA -DISTRIBUIDOR PETROECUADOR

DESCRIPCIÓN : CEMENTO ASFÁLTICO AC-20

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra:	
Líquido usado en el baño:	Agua

Registros de la muestra:

	Anillo 1	Anillo 2	Promedio
Punto de ablandamiento, °C:	49.9	50.9	50.4

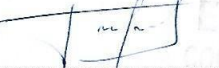
Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

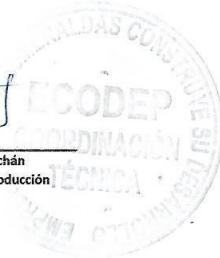
Resultado	CUMPLE
-----------	--------

Observaciones: _____

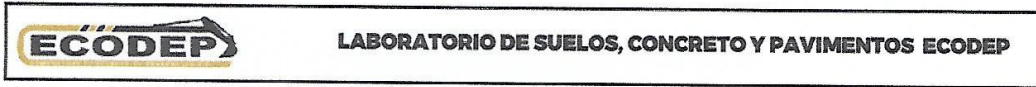

Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de Área




Ing. Diego Alvarez Marchán
Coordinador Técnico de Producción



- Penetración en materiales bituminosos



**ÁREA DE PAVIMENTO
INFORME DE ENSAYO
PENETRACIÓN EN MATERIALES BITUMINOSOS**

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS

NORMA DE ENSAYO: ASTM D5 / AASHTO T49

RECEPCIÓN N° :

CANTERA : ECODEP

LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA

MUESTRA : TOMADA EN PLANTA -DISTRIBUIDOR PETROECUADOR

DESCRIPCIÓN : CEMENTO ASFÁLTICO AC-20

SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL

FISCALIZADOR :

CONTRATISTA :

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :

FECHA DE EMISIÓN :

Información general del ensayo:

Información de la muestra:	
Temperatura del ensayo (°C):	25
Carga (g):	100.01
Tiempo de carga (s):	5

Valores de penetración en la muestra:

Punto	1	2	3	Promedio
Penetración (0.1mm)	79	78	77	78

Especificación del producto:	mínimo	60mm
-------------------------------------	--------	------


Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

Resultado	CUMPLE
-----------	--------

Información de la muestra :

Número de muestra	1
Norma de muestreo	N/D
Fecha de muestreo	N/D
Origen del producto	N/D
Lugar del producto	N/D
Identificación del camión	N/D

Observaciones: _____


Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de Área

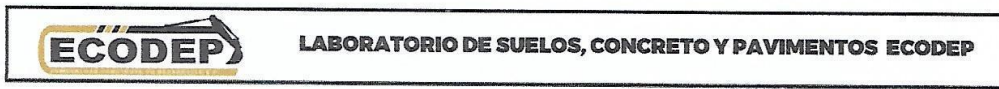



Ing. Diego Alvarez Marchán
Coordinador Técnico de Producción



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com

- Cálculo de viscosidad cinemática de asfaltos (bitúmenes)



**ÁREA DE PAVIMENTO
INFORME DE ENSAYO
CÁLCULO DE VISCOSIDAD CINEMÁTICA DE ASFALTOS (BITÚMENES)**

PROYECTO : COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA-PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS **SOLICITADO POR :** JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL

NORMA DE ENSAYO: ASTM D36/ AASHTO T201 **FISCALIZADOR :**

RECEPCIÓN N° : **CONTRATISTA :**

CANTERA : ECODEP **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :**

LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA **FECHA DE EMISIÓN :**

MUESTRA : TOMADA EN PLANTA-DISTRIBUIDOR PETROECUADOR

DESCRIPCIÓN : CEMENTO ASFÁLTICO AC-20

Información general del ensayo:

Identificación de la muestra:	
Temperatura de ensayo (°C):	135
Serie del viscosímetro:	
Constante del viscosímetro (Cst/s):	2.952

valores del flujo y viscosidad de la muestra

Tiempo de Flujo (s)	123.64
Viscosidad (Pa.s)	365

Especificación del producto:

NTE INEN 2515.2014, TABLA 7, Grado AC-20 mínimo	300mm ² /s
---	-----------------------

Cumplimiento con respecto a la especificación del producto:

Resultado	CUMPLE
-----------	--------


Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de Área

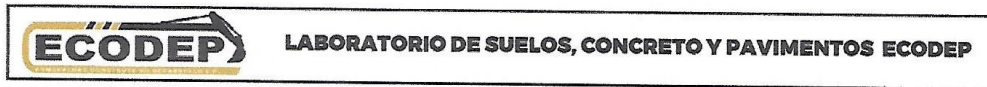



Ing. Diego Alvarez Marchán
Coordinador Técnico de Producción



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodepesmeraldas@hotmail.com

Anexo 7: Ensayo de mezcla asfáltica- Marshall



AREA DE PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO
DISEÑO DE ARIDOS

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR: JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : MOP-001-F2002 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA : MATERIAL PÉTRICO ECODEP
 DESCRIPCIÓN :

Graduación de Material

Tamaño del Tamiz	Porcentaje Usado	TAMAÑO DEL TAMIZ - PORCENTAJE QUE PASA					
		3/4"	1/2"	N°4	N°8	N°50	N°200
3/4"		99.90	45.77	2.06	1.69	0.72	0.09
3/8"		100.00	99.37	16.14	4.54	0.98	0.12
ARENA		100.00	100.00	95.10	79.08	20.52	2.60
CISCO		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Graduación Combinada para Mezclas

Tamaño del Tamiz	Porcentaje Usado	TAMAÑO DEL TAMIZ - PORCENTAJE QUE PASA					
		3/4"	1/2"	N°4	N°8	N°50	N°200
3/4"	15.00%	14.98%	6.87%	0.31%	0.25%	0.11%	0.01%
3/8"	30.00%	30.00%	29.81%	4.84%	1.36%	0.29%	0.04%
ARENA	55.00%	55.00%	55.00%	52.30%	43.49%	11.29%	1.43%
CISCO	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Mezcla Deseada	99.98%	91.68%	57.45%	45.11%	11.69%	1.48%	

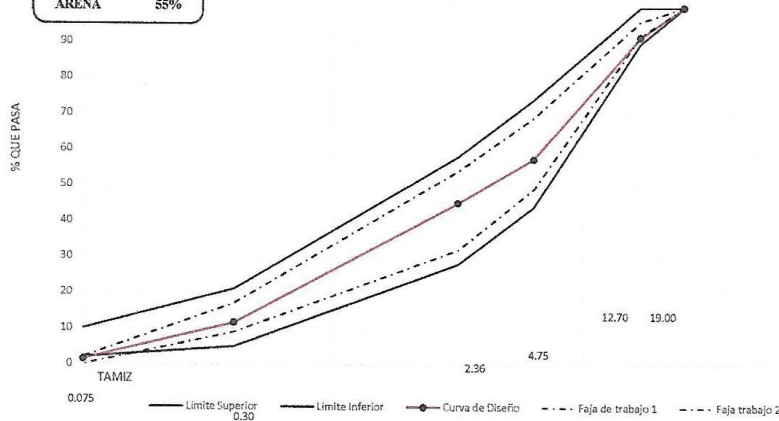
MEJOR OPCION

tamices	pulg.	mm	LÍMITES		Curva de Diseño	Faja de trabajo 1	Faja trabajo 2	Tolerancia
			Superior	Inferior				
3/4"	19.00	19.00	100	100	99.98	100	100	(+5)
1/2"	12.70	12.70	100	90	91.68	96	92	(+5)
N°4	4.75	4.75	74	44	57.45	69	49	(+5)
N°8	2.36	2.36	58	28	45.11	54	32	(+4)
N°50	0.30	0.30	21	5	11.69	17	9	(+4)
N°200	0.075	0.075	10	2	1.48	2	0	(+2)

95

AGREGADO 3/4: 15%
AGREGADO 3/8: 30%
CISCO: 0%
ARENA 55%

(CURVA GRAUOMETRICA)



ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
ELABORADO POR:



TECN. DIEGO ÁLVAREZ
SOLICITADO POR

GRAVEDADES ESPECÍFICAS:			
GRAVEDAD ESPECÍFICA	3/4"	3/8"	ARENA
DE MASA	2.623	2.583	2.676
SSS	2.668	2.638	2.703
APARENTE	2.747	2.733	2.750
ABSORCION	1.73	2.13	1.01

Gravedad Específica de Masa de la mezcla de agregados

$$G_{sb} = \frac{100}{\frac{15}{2.623} + \frac{30}{2.583} + \frac{55}{2.676}} = 2.639$$

Gravedad Específica Aparente de la mezcla de agregados

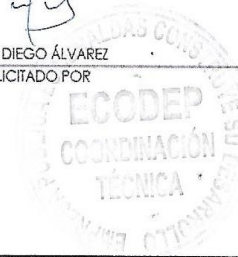
$$G_{sa} = \frac{100}{\frac{15}{2.747} + \frac{30}{2.733} + \frac{55}{2.750}} = 2.745$$

El peso específico del asfalto en el ensayo AASHTO T - 228 es:

1.011


 ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:


 TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR



**ÁREA DE PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO
DISEÑO DE ÁRIDOS**

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : ASTM D 2041/AASHTO T209 FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA :
 DESCRIPCIÓN : RICE

% Asfalto	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Peso estándar	7,366.00	7,366.00	7,366.00	7,366.00	7,366.00
Peso + muestra	7,961.00	7,959.00	7,957.00	7,953.00	7,949.00
Peso muestra	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00
Rice	2.469	2.457	2.445	2.421	2.398

RICE	x (% asfalto)	y (Rice)	x ²	xy	x ³	x ² y	x ⁴
1	5.0	2.469	25	12.35	125	61.73	625
2	5.5	2.457	30	13.51	166	74.32	915
3	6.0	2.445	36	14.67	216	88.02	1296
4	6.5	2.421	42	15.74	275	102.30	1785
5	7.0	2.398	49	16.79	343	117.51	2401
SUMA	30.0	12.2	182.5	73.1	1125.0	443.9	7022.1
# DATOS	5	S _{xx}	S _{xy}	S _{xx²}	S _{x²y}	S _{x³}	
		2.50	-0.088902	30	-1.07528363	360.875	
		a	-0.0097				
		b	0.0805				
		c	2.3081				
		% DE ASFALTO ÓPTIMO	5.81				
		RICE DE LA MEZCLA ÓPTIMO	2.449				


 ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:




 TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO																						
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E BULK AGREGADO GSB	P.E EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD			% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.	LBS		FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A.	LBS					CORREG		
1	3/4"	15.0				1079.00	1084.00	618.00	466.00	2.315								1.19	1985	2362	11.32	
2	3/8"	30.0				1071.00	1076.00	616.00	460.00	2.328								1.19	1921	2286	11.81	
3	ARENA	55.0				1081.00	1084.00	625.00	459.00	2.355								1.19	2125	2529	11.81	
	% C.A	5.0																				
			2.639	2.672	0.468					2.333	2.469	83.96	5.53	10.51	16.04	65.5	4.56			2,392	11.6	
4	3/4"	15.0				1071.00	1075.00	619.00	456.00	2.349								1.25	2572	3215	14.27	
5	3/8"	30.0				1077.00	1082.00	614.00	468.00	2.301								1.19	2004	2385	12.8	
6	ARENA	55.0				1079.00	1083.00	621.00	462.00	2.335								1.19	2913	3466	11.32	
	% C.A	5.5																				
			2.639	2.680	0.583					2.328	2.457	83.37	5.23	11.40	16.63	68.5	4.95			3,022	12.8	
7	3/4"	15.0				1081.00	1085.00	630.00	455.00	2.376								1.25	2940	3675	15.75	
8	3/8"	30.0				1084.00	1087.00	630.00	457.00	2.372								1.19	3164	3765	12.3	
9	ARENA	55.0				1057.00	1060.00	611.00	449.00	2.354								1.25	3067	3834	12.8	
	% C.A	6.0																				
			2.639	2.698	0.699					2.367	2.445	84.31	3.18	12.51	15.69	79.7	5.34			3,768	13.6	
10	3/4"	15.0				1069.00	1071.00	620.00	451.00	2.370								1.25	2889	3611	16.24	
11	3/8"	30.0				1057.00	1061.00	608.00	453.00	2.333								1.25	2825	3531	15.75	
12	ARENA	55.0				1073.00	1075.00	624.00	451.00	2.379								1.25	3054	3818	15.26	
	% C.A	6.5																				
			2.639	2.681	0.600					2.361	2.421	83.64	2.49	13.87	16.36	84.8	5.94			3,653	15.7	
13	3/4"	15.0				1102.00	1102.00	637.00	465.00	2.370								1.19	2696	3208	19.69	
14	3/8"	30.0				1091.00	1091.00	632.00	459.00	2.377								1.19	2586	3077	20.67	
15	ARENA	55.0				1084.00	1084.00	626.00	458.00	2.367								1.19	3019	3693	19.19	
	% C.A	7.0																				
			2.639	2.674	0.500					2.371	2.398	83.55	1.12	15.33	16.46	93.2	6.54			3,293	19.4	

Abigail Bustos Arismendi
 ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:



Diego Álvarez
 TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR



PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

% asfalto	Densidad BULK
5.0	2.333
5.5	2.328
6.0	2.367
6.5	2.361
7.0	2.371

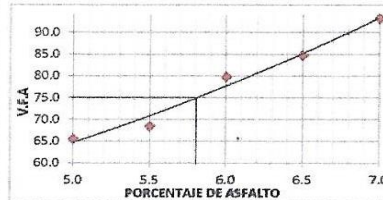
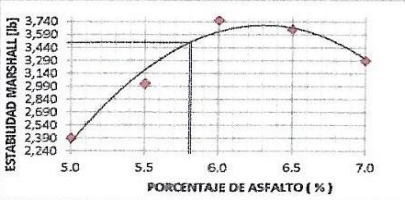
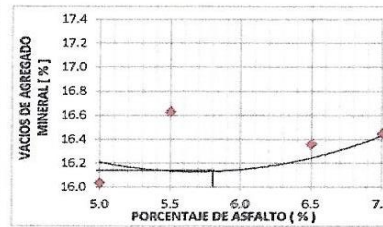
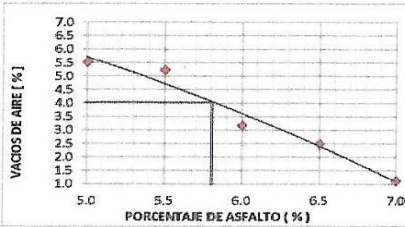
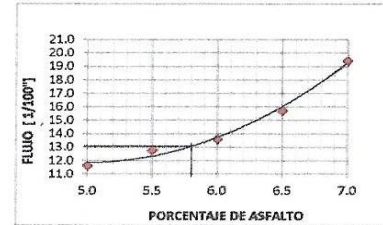
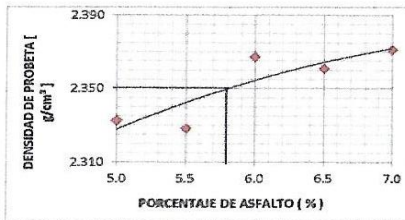
% asfalto	Vacios
5.0	5.53
5.5	5.23
6.0	3.18
6.5	2.49
7.0	1.12

% asfalto	V.A.M
5.0	16.04
5.5	16.63
6.0	15.60
6.5	16.36
7.0	16.45

% asfalto	Estabilidad
5.0	2.392
5.5	3.022
6.0	3.758
6.5	3.653
7.0	3.293

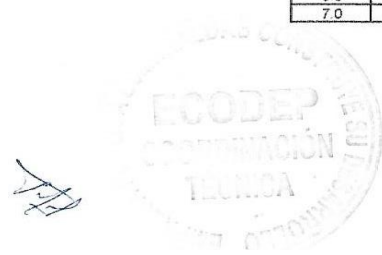
% asfalto	Flujo
5.0	11.6
5.5	12.8
6.0	13.6
6.5	15.7
7.0	19.4

% asfalto	V.F.A
5.0	65.5
5.5	68.5
6.0	79.7
6.5	84.8
7.0	93.2



ÓPTIMO DE ASFALTO		5.8	%
DENSIDAD BULK		2.350	gr/cm ³
COMPROBACIONES			
ESTABILIDAD	3.505	lb.	
FLUJO	13.1	exp en 0.01"	
V.A.M	16.1	%	
VACIOS CON AIRE	4.05	%	
V.F.A	79.0	%	
FILLER/BETÓN	0.5	%	
ESPECIFICACIONES			
			+1800 lbs
			9 - 14
			+14%
			3% - 5%
			65 - 75
			0.8 - 1.2

NOTA: Tabla especificaciones técnicas de flujo y estabilidad de la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002





ÁREA DE PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO
DISEÑO DE ÁRIDOS

PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MEZCLA SUELTA:
Ensayo RICE - ASTM - 2041

Mezcla de Asfalto	5.81	%
Peso de la muestra	1,000.00	grs
Peso del envase + agua	7,366.00	grs
Peso del envase + agua + muestra	7,957.50	grs

$$G_{mm} = \frac{1000}{1,000.00 + \frac{7,366.00 - 7,957.50}{5.81}} = 2.448$$

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO:

% de mezcla de asfalto: 5.81

$$G_{se} = \frac{100}{\frac{100}{2.448} - \frac{5.81}{1.011}} = 2.683$$

COMPROBACIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS:

Gsb =	2.639
Gse =	2.683
Gsa =	2.745

Gsb < Gse < Gsa OK

PORCENTAJES DE DISEÑO DE LOS AGREGADOS:

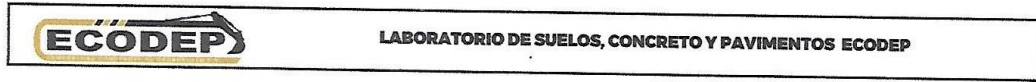
3/4"	15	%
3/8"	30	%
ARENA	55	%

ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
ELABORADO POR:

TECN. DIEGO ÁLVAREZ
SOLICITADO POR



Anexo 8: Ensayo de mezcla asfáltica- Marshall (AC 20 modificado con Zycotherm)



PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIPIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX, CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS.

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS SOLICITADO POR : JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
 NORMA DE ENSAYO : FISCALIZADOR :
 RECEPCIÓN N° : CONTRATISTA :
 CANTERA : ECODEP FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :
 LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA FECHA DE EMISIÓN :
 MUESTRA : MATERIAL PÉTREO ECODEP

1er DISEÑO con ZYCOTHERM
 A PARTIR ÓPTIMO 5,8% AC20
 FECHA: 02/10/2020

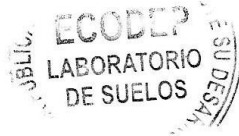
#	Peso en el aire (gr)	Peso sumergido (gr)	Peso saturado s (gr)
1	1072	616	1073
2	1078	622	1081
3	1087	628	1096
4	1077	621	1080
5	1082	624	1086
6	1065	613	1070
7	1074	617	1077
8	1086	630	1096
9	1076	619	1087
10	1069	613	1078
11	1078	622	1084
12	1097	635	1108
13	1080	623	1087
14	1076	622	1089
15	1055	611	1068
16	1072	618	1079
17	1132	660	1136
18	1069	615	1077

#	Estabilidad (lb)	Flujo (pulg)
1	1277	10.83
2	1461	16.24
3	1149	15.75
4	1568	14.76
5	1383	20.18
6	1055	13.78
7	1352	10.33
8	1440	17.72
9	1471	23.62
10	1492	24.11
11	1267	13.29
12	1632	10.83
13	9044	13.78
14	882	20.67
15	1123	23.62
16	1345	14.76
17	1162	27.56
18	1243	24.61

NOTA: Las briquetas ensayadas no cumplen con las especificaciones técnicas de flujo y estabilidad de la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002

TIPO DE TRAFICO	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
CRITERIOS								
MARKSHALL								
No. De Golpes/Cara	75		75		50		50	
Estabilidad (libras)	2200	----	1900	----	1200	----	1000	2400
Flujo (pulgada/100)	6	14	8	14	8	16	8	16
% de vacíos en muestra								
Capa de Rodadura	3	5	3	5	3	5	3	5
Capa Intermedia	3	8	3	8	3	8	3	8
Capa de Base	3	9	3	9	3	9	3	9
% Vacíos asegurados								
Reducción filtración	0.8	1.2	0.8	1.2				
% Estabilidad retenida luego 7 días en agua								
Administración aplicable								
Capa de Rodadura	70	----	70	----				
Intermedia o base	60	----	60	----				

Abigail I...
 INGENIERA ABIGAIL I...
 ELABORADO POR:



**ÁREA DE PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO
DISEÑO DE ÁRIDOS**

PROYECTO: COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS TIBIAS (WMA) CON LOS ADITIVOS "ZYCOTHERM Y CERA CARNAUBA WAX", CASO MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP (GADPE), UBICADA EN EL RECINTO DE SAN MATEO PROVINCIA DE ESMERALDAS

LOCALIZACIÓN : ESMERALDAS **SOLICITADO POR :** JOHANNA RIVERA- FRANCISCO VILLARRUEL
NORMA DE ENSAYO : ASTM D 2041/AASHTO T209 **FISCALIZADOR :**
RECEPCIÓN N° : **CONTRATISTA :**
CANtera : ECODEP **FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA :**
LOCALIZACIÓN : SAN MATEO-PLANTA ASFÁLTICA **FECHA DE EMISIÓN :**
MUESTRA :
DESCRIPCIÓN : RICE

% Asfalto	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0
Peso estándar	7,366.00	7,366.00	7,366.00	7,366.00	7,366.00
Peso + muestra	8,023.00	8,019.00	8,015.00	8,009.00	8,003.00
Peso Muestra	1,100.00	1,100.00	1,100.00	1,100.00	1,100.00
Rice	2.483	2.461	2.439	2.407	2.376

RICE	x (% asfalto)	y (Rice)	x ²	xy	x ³	x ² y	x ⁴
1	5.0	2.483	25	12.42	125	62.08	625
2	5.5	2.461	30	13.53	166	74.44	915
3	6.0	2.439	36	14.63	216	87.80	1296
4	6.5	2.407	42	15.65	275	101.70	1785
5	7.0	2.376	49	16.63	343	116.41	2401
SUMA	30.0	12.2	182.5	72.9	1125.0	442.4	7022.1
# DATOS	5	S _{xy}	S _{xy}	S _{xy}	S _{xy}	S _{xy}	S _{xy}
		2.50	-0.134184	30	-1.61724336	360.875	
		a	-0.0080				
		b	0.0428				
		c	2.4698				
		% DE ASFALTO ÓPTIMO	5.6				
		RICE DE LA MEZCLA ÓPTIMO	2.457				

Abigail Arismendi
 ING. ABIGAILBUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:



Diego Arez
 TECN. DIEGO AREZ
 SOLICITADO POR:
 ECODEP COORDINACIÓN TÉCNICA
 EMPRESA PÚBLICA ESMERALDAS CONSTRUYE SU FUTURO



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN C.C.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC	LBS.		FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A					CORREG		
1	3/4"	15.0				1073.00	1077.00	616.00	461.00	2.328							1.19	1563	1860	12.8	
2	3/8"	30.0				1068.00	1071.00	619.00	452.00	2.363							1.25	1842	2303	13.77	
3	ARENA	55.0				1079.00	1083.00	622.00	461.00	2.341							1.19	1976	2351	13.77	
	% C.A	5.0																			
			2.639	2.688	0.701					2.344	2.483	84.37	5.60	10.03	15.63	64.2	4.33		2,171	13.4	
4	3/4"	15.0				1067.00	1071.00	620.00	451.00	2.366							1.25	2020	2625	16.53	
5	3/8"	30.0				1089.00	1093.00	629.00	464.00	2.347							1.19	2284	2718	14.81	
6	ARENA	55.0				1083.00	1089.00	625.00	464.00	2.334							1.19	1915	2279	14.76	
	% C.A	5.5																			
			2.639	2.684	0.640					2.349	2.461	84.10	4.85	11.35	15.90	71.4	4.89		2,507	14.4	
7	3/4"	15.0				1053.00	1055.00	611.00	444.00	2.372							1.25	1681	2101	15.26	
8	3/8"	30.0				1084.00	1087.00	634.00	453.00	2.393							1.25	2635	3294	14.76	
9	ARENA	55.0				1062.00	1065.00	615.00	450.00	2.360							1.25	2354	2943	14.76	
	% C.A	6.0																			
			2.639	2.680	0.580					2.375	2.439	84.58	2.63	12.79	15.42	82.9	6.46		2,779	14.9	
10	3/4"	15.0				1097.00	1099.00	638.00	461.00	2.380							1.19	3140	3737	16.24	
11	3/8"	30.0				1065.00	1067.00	618.00	449.00	2.372							1.25	2173	2716	11.81	
12	ARENA	55.0				1064.00	1069.00	616.00	453.00	2.349							1.25	2398	2998	19.68	
	% C.A	6.5																			
			2.639	2.662	0.321					2.367	2.407	83.84	1.67	14.48	16.16	89.7	6.20		3,150	15.9	
13	3/4"	15.0				1087.00	1090.00	624.00	466.00	2.333							1.19	1482	1764	23.62	
14	3/8"	30.0				1152.00	1154.00	670.00	484.00	2.380							1.09	3349	3650	14.76	
15	ARENA	55.0				1088.00	1089.00	632.00	457.00	2.381							1.19	2746	3268	15.26	
	% C.A	7.0																			
			2.639	2.643	0.060					2.365	2.376	83.32	0.48	16.21	16.68	97.1	6.94		2,894	19.4	

Abigail Arismendi
 ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:



TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

% asfalto	Densidad BULK
5.0	2.344
5.5	2.349
6.0	2.375
6.5	2.367
7.0	2.365

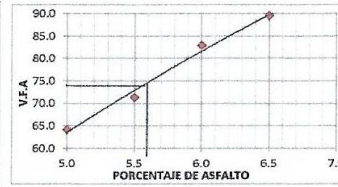
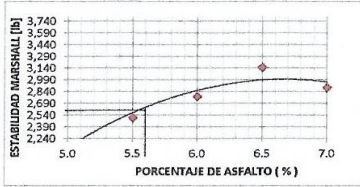
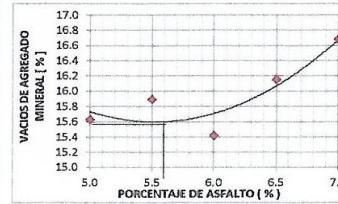
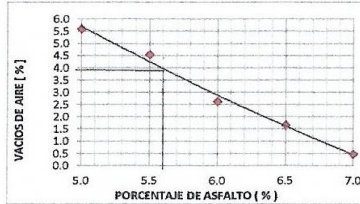
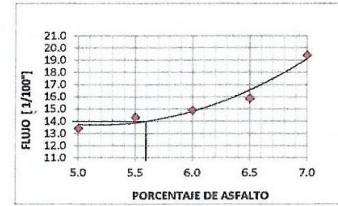
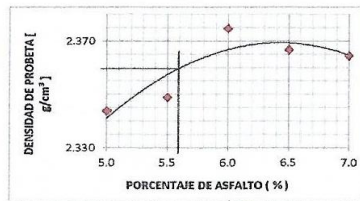
% asfalto	Vacios
5.0	5.60
5.5	4.65
6.0	2.63
6.5	1.67
7.0	0.48

% asfalto	V.A.M
5.0	15.63
5.5	15.90
6.0	16.42
6.5	16.16
7.0	16.68

% asfalto	Estabilidad
5.0	2.171
5.5	2.607
6.0	2.779
6.5	3.150
7.0	2.894

% asfalto	Flujo
5.0	13.4
5.5	14.4
6.0	14.9
6.5	15.9
7.0	19.4

% asfalto	V.F.A
5.0	64.2
5.5	71.4
6.0	82.9
6.5	89.7
7.0	97.1



ÓPTIMO DE ASFALTO		5.6 %	
DENSIDAD BULK		2.360 g/cm ³	
COMPROBACIONES		ESPECIFICACIONES	
ESTABILIDAD	2.639 lb.		~1800 lbs
FLUJO	14.0 exp en 0.01"		8 - 14
V.A.M	15.6 %		+14%
VACIOS CON AIRE	3.97 %		3% - 5%
V.F.A	74.7 %		65 - 75
FILLER/BETON	0.5 %		0.8 - 1.2

NOTA: Tabla especificaciones técnicas de flujo y estabilidad de la tabla 405.5.4 del MOP-001-F2002





LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS ECODEP

PESO ESPECÍFICO MÁXIMO DE LA MEZCLA SUELTA:

Ensayo RICE - ASTM - 2041

Mezcla de Asfalto	5.60	%
Peso de la muestra	1,100.00	grs
Peso del envase + agua	7,366.00	grs
Peso del envase + agua + muestra	8,018.00	grs

$$G_{mm} = \frac{1100}{1,100.00 + 7,366.00 - 8,018.00} = 2.455$$

PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO:

% de mezcla de asfalto: 5.6

$$G_{se} = \frac{100 - 5.6}{2.455 - \frac{5.6}{1.013}} = 2.682$$

COMPROBACIÓN DE ENSAYOS REALIZADOS:

Gsb =	2.639
Gse =	2.682
Gsa =	2.745

Gsb < Gse < Gsa OK

PORCENTAJES DE DISEÑO DE LOS AGREGADOS:

3/4"	15	%
3/8"	30	%
ARENA	55	%


ING. ABIGAILBUSTOS ARISMENDI
ELABORADO POR:



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodepesmeraldas@hotmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% CA. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% CA. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.	LBS		FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	CA					LBS	LBS CORREG	
1	3/4"	15.0				1081.00	1085.00	625.00	460.00	2.350							1.19	2262	2692	12.3	
2						1053.00	1056.00	607.00	449.00	2.345							1.25	2048	2560	8.858	
3	3/8"	30.0				1079.00	1081.00	624.00	457.00	2.361							1.19	1813	2157	18.21	
4						1068.00	1070.00	623.00	447.00	2.369							1.25	2533	3166	13.28	
5	ARENA	55.0				1078.00	1080.00	624.00	456.00	2.364							1.25	2573	3216	11.32	
6	% C.A	5.6				1090.00	1093.00	633.00	460.00	2.370							1.19	2748	3270	11.81	
			2.639	2.641	0.024					2.363	2.423	84.52	2.47	13.01	15.48	84.1	5.58		2,844	12.6	

Abigail Bustos Arismendi
 ING. ABIGAIL BUSTOS ARISMENDI
 ELABORADO POR:



Diego Álvarez
 TECN. DIEGO ÁLVAREZ
 SOLICITADO POR:
 ECODEP COORDINACIÓN TÉCNICA

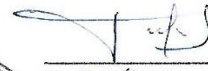
Anexo 9: Ensayo mezcla asfáltica- Marshall (AC 20 modificado con cera Carnauba Wax)

 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP																					
PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO																					
MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E BULK AGREGADO GSB	P.E EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS. POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.	LBS.	LBS. CORREG.	FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S S S	AGUA S S S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A							
1	3/4"	15.0				1102.00	1108.00	617.00	491.00	2.244								1.09	2890	3160	12.8
2						1104.00	1109.00	617.00	492.00	2.244								1.09	3339	3640	13.39
3	3/8"	30.0				1102.00	1104.00	619.00	485.00	2.272								1.09	3345	3646	11.81
4						1100.00	1105.00	620.00	485.00	2.268								1.09	3002	3272	12.8
5	ARENA	55.0				1102.00	1106.00	613.00	493.00	2.235								1.09	3282	3556	11.81
6						1100.00	1103.00	617.00	486.00	2.263								1.09	2586	2819	17.72
	% C.A	5.8																			
			2.639	2.678	0.557					2.254	2.444	80.46	7.78	11.76	19.54	60.2	5.28			3,347	13.4

NOTA: 5,8% AC20 con el 3% de CERA CARNAUBA WAX



Ing. Abigail Bustos Arismendi
Responsable de ÁREA



Ing. Diego Álvarez
Coordinador Técnico de Producción



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E. BULK AGREGADO GSB	P.E. EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN cc	DENSIDAD		% EN VOLUMEN		V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT. EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.	LBS.		FLUJO	
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE G/mm	AGREG.	VACIOS TOTAL					C.A.	LBS.		CORREG.
1	3/4"	15.0				1094.00	1102.00	625.00	477.00	2.294							1.14	2411	2749	12.6	
2						1072.00	1077.00	607.00	470.00	2.281								1.19	2275	2707	16.54
3	3/8"	30.0				1073.00	1078.00	624.00	454.00	2.363							1.25	2710	3388	13.78	
4						1078.00	1080.00	623.00	457.00	2.359								1.19	2590	3082	10.83
5	ARENA	55.0				1088.00	1094.00	624.00	470.00	2.315							1.19	2984	3551	13.78	
6						1089.00	1092.00	633.00	459.00	2.373								1.19	2684	3194	13.78
	% C.A.	5.8																			
			2.639	2.664	0.361					2.331	2.434	83.19	4.22	12.59	16.81	74.9	5.46			3,112	13.5

NOTA: 5,8% AC20 con el 5% de CERA CARNAUBA WAX

Abigail Bustos Arismendi

Ing. Abigail Bustos Arismendi

Diego Álvarez

Ing. Diego Álvarez



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS, ECODEP

PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS MINA- PLANTA ASFÁLTICA ECODEP DE LA PREFECTURA ESMERALDAS - SAN MATEO

MUESTRA	MATERIAL	DOSIFIC.	P.E BULK AGREGADO GSB	P.E EFECTIVO AGREGADO GSE	% C.A. ABS POR AGREGADO	PESO MUESTRA			VOLUMEN c.c.	DENSIDAD		% EN VOLUMEN			V.A.M. %	V.F.A. %	% C.A. EFECT EN LA MEZCLA	FACTOR CORREC.	LBS.		FLUJO
						AIRE SECO	AIRE S.S.S	AGUA S.S.S		PROBETA DENSIDAD BULK	RICE Gmm	AGREG.	VACIOS TOTAL	C.A.					LBS.	CORREG.	
1	3/4"	15.0				1080.00	1084.00	608.00	476.00	2.269								1.14	2878	3281	11.32
2	3/8"	30.0				1082.00	1086.00	611.00	475.00	2.278								1.14	3214	3664	15.75
3						1083.00	1086.00	608.00	478.00	2.266								1.14	3283	3743	13.29
4						1097.00	1107.00	613.00	494.00	2.221								1.09	2555	2785	12.8
5						1075.00	1079.00	590.00	489.00	2.198								1.09	2358	2570	12.3
6	ARENA	55.0				1033.00	1037.00	579.00	458.00	2.255								1.19	2633	3133	13.78
	% C.A	5.8																			
			2.639	2.644	0.069					2.248	2.418	80.23	7.02	12.75	19.77	64.5	5.74			3,186	13.2

NOTA: 5,8% AC20 con el 8% de CERA CARNAUBA WAX

Ing. Abigail Bustos Arismendi

Ing. Diego Álvarez



Esmeraldas, Recinto San Mateo, Planta Asfáltica, Teléfonos: (593) (06) 3031540 y 3043217. Email: ecodesmeraldas@hotmail.com