



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIA Y
CONSTRUCCION**

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**ANALISIS COMPARATIVO DE LA EVALUACION TECNICA Y
ECONOMICA DE MEZCLA ASFALTICA CON PLASTICO PET-FIBRA Y
MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL**

TUTOR

CALERO AMORES MARCIAL SEBASTIAN

AUTORES

SAMANTA CAROLINA MINDIOLA PEÑA

CHRISTOPHER XAVIER SORIA ALCIVAR

GUAYAQUIL

2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

Análisis comparativo de la evaluación técnica y económica entre mezcla de plástico PET- fibra y mezcla asfáltica convencional

AUTOR/ES:

Mindiola Peña Samanta Carolina
Soria Alcívar Christopher Xavier

TUTOR:

Calero Amores Marcial Sebastián

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente Rocafuerte
De Guayaquil

Grado obtenido:

FACULTAD:

Facultad de ingeniería industria y
construcción

CARRERA:

INGENIERIA CIVIL

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2024

N. DE PÁGS:

222

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE: Mezclas asfálticas, Sostenibilidad, Pet, Gestión de residuos, Plástico, Eficiencia de los recursos, Materiales de construcción sostenibles

RESUMEN:

La presente investigación compara el desempeño y la viabilidad económica de la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra con la mezcla asfáltica convencional. El objetivo es determinar si la incorporación de este material reciclado ofrece beneficios en términos de rendimiento, durabilidad y costo en la construcción de pavimentos. Se realiza un análisis exhaustivo de las propiedades mecánicas de ambas mezclas, incluyendo su viscosidad, resistencia, flujo, análisis de materiales, propiedades físicas, mecánica, entre otras. Además del análisis técnico, se realiza una evaluación económica que compara los costos de producción, de cada tipo de mezcla.

Los resultados del estudio arrojan luz sobre la eficacia y la rentabilidad de la utilización de plástico PET-fibra en la construcción de pavimentos, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en la selección de materiales y la optimización de los recursos. La mezcla asfáltica con PET-fibra puede ofrecer ventajas significativas en términos de rendimiento y costo en comparación con la mezcla asfáltica convencional. Se observa un aumento en los resultados de cada una de sus propiedades estudiadas mediante los ensayos en laboratorio. Además, la incorporación de PET-fibra contribuye a la gestión de residuos plásticos, lo que tiene un impacto positivo en el medio ambiente.

Además, este estudio sugiere que la utilización de plástico PET-fibra en la construcción de pavimentos es una opción viable y beneficiosa, tanto desde el punto de vista técnico como económico y ambiental.

| | | |
|---|---|--|
| N. DE REGISTRO (en base de datos): | N. DE CLASIFICACIÓN: | |
| DIRECCIÓN URL (Web): | | |
| ADJUNTO PDF: | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/> |
| CONTACTO CON AUTOR/ES: Mindiola Peña Samanta Carolina Soria Alcívar Christopher Xavier | Teléfono: 0990265078 | E-mail: smindiolap@ulvr.edu.ec csoriaa@ulvr.edu.ec |
| CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN: | Dr. Marcial Sebastián Amores Calero Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec Torres Rodríguez Jorge Enrique Teléfono: (04) 2596500 Ext. 242 E-mail: jtorresr@ulvr.edu.ec | |

CERTIFICADO DE SIMILITUD

MINDIOLA PEÑA SAMANTA TUR (1).pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

| | | | |
|---------------------|---------------------|---------------|-------------------------|
| 3% | 3% | 0% | 0% |
| INDICE DE SIMILITUD | FUENTES DE INTERNET | PUBLICACIONES | TRABAJOS DEL ESTUDIANTE |

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 2 | repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet | 1% |
| 3 | repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet | 1% |

Excluir citas Apagado Excluir coincidencias < 1%
Excluir bibliografía Apagado



Firmado electrónicamente por:
**MARCIAL SEBASTIAN
CALERO AMORES**

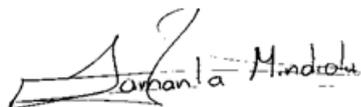
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El (Los) estudiante(s) egresado(s) **SAMANTA CAROLINA MINDIOLA PEÑA Y CHRISTOPHER XAVIER SORIA ALCIVAR** declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Análisis comparativo de la evaluación técnica y económica entre mezcla de plástico PET- Fibra y mezcla asfáltica convencional.

corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma: 

SAMANTA CAROLINA MINDIOLA PEÑA

C.I.0950603449

Firma: 

CHRISTOPHER XAVIER SORIA ALCIVAR

C.I.0930721592

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE MEZCLA DE PLÁSTICO PET- FIBRA Y MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA ENTRE MEZCLA DE PLÁSTICO PET- FIBRA Y MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**, presentado por el (los) estudiante (s) **Samanta Carolina Mindiola Peña y Christopher Soria Alcívar** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



CALERO AMORES MARCIAL SEBASTIAN

C.C. 0905197869

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme permitido culminar mis estudios universitarios y superar todos los obstáculos que conlleva cumplirlo. Quiero expresar agradecimiento a mi familia, a mis hermanos, a mi mamá que estuvo apoyándome incondicionalmente en seguir adelante y no decaer en la meta que me había fijado. Excepcional gratitud a mi abuelito Dr. Regino Alcívar que fue mi pilar fundamental en todo, su presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable y su influencia ha moldeado mi camino hacia el éxito, gracias por creer en mí y por estar siempre ahí para mí. Este logro es también suyo abuelito. Te quiero mucho". Y como no agradecerles a mis compañeros de curso por ser parte de este proceso que es importante no tan solo para mí, sino para ellos, darnos el apoyo en el transcurso de la carrera y que ahora son mis amigos, espero seguir teniendo en el futuro ese lazo de amistad con ellos.

Christopher Xavier Soria Alcívar

En primer lugar, agradezco a Dios por permitirme estar hoy relatando mi agradecimiento de tesis, a ese ángel tan especial que me cuida del cielo C, algo que me ha costado mucho pero el esfuerzo vale la pena, agradezco a mis padres por ser parte de mi vida y ayudarme a continuar con mis estudios, a cada uno de los profesores que me ayudaron a tener conocimiento sabios y en ocasiones me ayudaron con sus consejos, agradezco a la Universidad Laica, Mela y el Mashí por brindarme esa beca que hoy por hoy me hace darme cuenta que me la gane con esfuerzos, quizás no deba mencionarlo, pero se me hacen agüita los ojos por darme cuenta hasta donde he llegado y lo que estoy a punto de conseguir con altas y bajas pero aquí estoy. Gracias también a mis curitas a esas personas que no me dejaron sola, a esas motivaciones de "vamos si se puede, demuestra quién eres", gracias mi Nayo, gracias amor, gracias amigos y futuros colegas. Quien diría que un día entras con miedo a la u y al otro día estas uniendo un agradecimiento en el proceso de tu tesis. Recuerda esta linda frase:

"El que no vive para servir, no sirve para vivir"

Samanta Mindiola Peña

DEDICATORIA

Mi tesis es dedicada para esas personas que confiaron en mí, que se la rifaron y me dijeron serás una grande, tendrás tu título, y estoy aquí demostrando que los sueños a pesar de la lucha que tengas que hacer tarde o temprano los consigues. Fueron días y noches las que me toco pasar sola en una habitación, pero sabía que quería esto y me toco secarme las lágrimas solas en ocasiones, pero sigo de pie, y con la fe intacta de que todo termina para bien en unos días.

Disfruten del proceso y luchen por lo que quieren, con o sin apoyo. Demuestren que todo es posible a pesar de las dificultades que se les presente en el camino. Las oportunidades en la vida no se desperdician al contario valóralas y demuestra que si te llegan es por alguna razón. El cielo está de fiesta, abuelitos, abuelita, Don Carlos el apellido Mindiola ya está con el Ing. por delante en unos días...

Samanta Mindiola Peña

RESUMEN

La presente investigación compara el desempeño y la viabilidad económica de la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra reciclado con la mezcla asfáltica convencional. El objetivo es determinar si la incorporación de este material reciclado ofrece beneficios en términos de rendimiento, durabilidad y costo en la construcción de pavimentos. Se realiza un análisis exhaustivo de las propiedades mecánicas de ambas mezclas, incluyendo su viscosidad, resistencia, flujo, análisis de materiales, propiedades físicas, mecánica, entre otras.

Además del análisis técnico, se realiza una evaluación económica que compara los costos de producción, de cada tipo de mezcla. Los resultados del estudio arrojan luz sobre la eficacia y la rentabilidad de la utilización de plástico PET-fibra en la construcción de pavimentos, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones en la selección de materiales y la optimización de los recursos.

La mezcla asfáltica con PET-fibra puede ofrecer ventajas significativas en términos de rendimiento y costo en comparación con la mezcla asfáltica convencional. Se observa un aumento en los resultados de cada una de sus propiedades estudiadas mediante los ensayos en laboratorio. Además, la incorporación de PET-fibra contribuye a la gestión de residuos plásticos, lo que tiene un impacto positivo en el medio ambiente. Además, este estudio sugiere que la utilización de plástico PET-fibra en la construcción de pavimentos es una opción viable y beneficiosa, tanto desde el punto de vista técnico como económico y ambiental.

Palabras claves: mezclas asfálticas, sostenibilidad, PET, gestión de residuos, plástico, eficiencia de los recursos, materiales de construcción sostenibles

ABSTRACT

The present research compares the performance and economic feasibility of the asphalt mixture with recycled PET-fiber plastic with the conventional asphalt mixture. The objective is to determine whether the incorporation of this recycled material offers benefits in terms of performance, durability and cost in pavement construction. An exhaustive analysis of the mechanical properties of both mixtures is carried out, including their viscosity, strength, flow, material analysis, physical and mechanical properties, among others. In addition to the technical analysis, an economic evaluation is performed comparing the production costs of each type of mix. The results of the study shed light on the efficiency and cost-effectiveness of using PET-fiber plastic in pavement construction, providing valuable information for decision making in the selection of materials and optimization of resources. The PET-fiber asphalt mix can offer significant advantages in terms of performance and cost in comparison with the conventional asphalt mix. An increase in the results of each of its properties studied through laboratory tests is observed. In addition, the incorporation of PET-fiber contributes to the management of plastic waste, which has a positive impact on the environment. The results of this study suggest that the use of PET-fiber plastic in the construction of pavements is a viable and beneficial option, both from a technical, economic and environmental point of view.

Keywords: asphalt mixes, sustainability, PET, waste management, plastic, resource efficiency, sustainable construction materials

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPÍTULO I | 3 |
| 1.1 Tema:..... | 3 |
| 1.2 Planteamiento del Problema:..... | 3 |
| 1.3 Formulación del Problema..... | 4 |
| 1.4 Objetivo General | 4 |
| 1.6 Idea a Defender / Hipótesis | 4 |
| 1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad..... | 5 |
| 2. Marco Teórico..... | 6 |
| 2.1 Antecedentes: | 6 |
| 2.2 Fundamentación teórica:..... | 9 |
| 2.2.1 <i>Definición y propiedades del pavimento</i> | 9 |
| 2.2.2 <i>Pavimento Flexible</i> | 10 |
| 2.2.3 <i>Asfalto</i> | 11 |
| 2.2.4 <i>Asfalto AC-20</i> | 13 |
| 2.2.5 <i>Agregados Pétreos</i> | 14 |
| 2.2.6 <i>Ensayos de los agregados</i> | 16 |
| 2.2.7 <i>Mezclas asfálticas</i> | 17 |
| 2.2.8 <i>Polímeros</i> | 20 |
| 2.2.9 <i>Tereftalato de polietileno (PET)</i> | 23 |
| 2.2.9.4 <i>Fibras plásticas</i> | 25 |
| 2.2.10 <i>Diseño de mezcla asfáltica</i> | 27 |
| 2.2.11 <i>Método de Marshall</i> | 28 |
| 2.2.12 <i>Fallas de las mezclas asfálticas</i> | 28 |
| 2.2.13 <i>Costos estimados de la mezcla asfáltica convencional</i> | 29 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| 2.3 | MARCO LEGAL | 30 |
| 2.3.1 | <i>CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto.</i> | 30 |
| 2.3.2 | <i>Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)</i> | 31 |
| 2.3.3 | <i>Normativas: Método Marshall (Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales) ASTM</i> | 32 |
| 2.3.4 | <i>Ley Orgánica de Prevención, Control y Gestión Integral de Residuos</i> . | 32 |
| 2.3.5 | <i>Acuerdo Interministerial MDT-MAG-MAE-2017-0002</i> | 32 |
| 3.1 | Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto) | 34 |
| 3.2 | Alcance de la investigación: Exploratorio, descriptivo o correlacional | 34 |
| 3.3 | Técnicas e instrumentos para obtener los datos | 35 |
| 3.3.1 | <i>Técnicas</i> | 35 |
| 3.3.2 | <i>Instrumentos</i> | 36 |
| 3.4 | Población y muestra | 36 |
| 3.4.1 | <i>Población</i> | 36 |
| 3.4.2 | <i>Muestra</i> | 36 |
| CAPÍTULO IV | | 37 |
| 4.1 | Generalidades | 37 |
| 4.2 | Procedimientos | 37 |
| 4.2.1 | <i>Descripción del experimento</i> | 37 |
| 4.2.2 | <i>Materiales a utilizar en la elaboración de las mezclas</i> | 38 |
| 4.2.3 | <i>Equipos, materiales e instrumentos para ensayos en laboratorio</i> | 41 |
| 4.2.4 | <i>Diseños de mezclas asfáltica modificada</i> | 45 |
| 4.3 | Análisis de los resultados | 104 |
| 4.4 | Análisis de presupuesto | 114 |
| 4.4.1 | <i>Estudio del presupuesto</i> | 114 |
| 4.4.2 | <i>Análisis de los resultados de presupuestos</i> | 118 |
| CONCLUSIONES | | 120 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| RECOMENDACIONES | 121 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 122 |
| ANEXOS..... | 126 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 Línea de investigación | 5 |
| Tabla 2 Propiedades Físicas y Químicas del asfalto..... | 13 |
| Tabla 3 Características del asfalto AC-20..... | 14 |
| Tabla 4 Graduación de los materiales | 15 |
| Tabla 5 Presupuesto referencia de la mezcla asfáltica convencional | 30 |
| Tabla 6 Agregado de 3/8 mezcla modificada | 47 |
| Tabla 7 Arena natural mezcla modificada | 47 |
| Tabla 8 Graduación combinada para mezcla modificada | 48 |
| Tabla 9 Graduación de los materiales | 48 |
| Tabla 10 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 | 50 |
| Tabla 11 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 | 50 |
| Tabla 12 Diseño de briquetas con aditivos +AC20 | 50 |
| Tabla 13 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 | 50 |
| Tabla 14 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 | 51 |
| Tabla 15 Datos obtenidos en los ensayos de Marshall | 53 |
| Tabla 16 Material de 3/4 para mezcla modificada..... | 58 |
| Tabla 17 Material de arena natural para mezcla modificada..... | 58 |
| Tabla 18 Material de 3/8 para mezcla modificada..... | 58 |
| Tabla 19 Análisis granulométrico de los materiales | 59 |
| Tabla 20 Graduación de los materiales | 59 |
| Tabla 21 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20..... | 60 |
| Tabla 22 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20..... | 61 |
| Tabla 23 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20..... | 61 |
| Tabla 24 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20..... | 61 |
| Tabla 25 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20..... | 61 |

| | |
|--|----|
| Tabla 26 Tabla 25 Datos obtenidos en los ensayos de Marshall | 64 |
| Tabla 27 Análisis granulométrico del material 3/4..... | 68 |
| Tabla 28 Análisis Granulométrico del material 3/8..... | 69 |
| Tabla 29 Análisis granulométrico del material de arena natural | 69 |
| Tabla 30 Análisis granulométrico de los materiales | 70 |
| Tabla 31 Graduación de los materiales | 70 |
| Tabla 32 Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 | 72 |
| Tabla 33 Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 | 72 |
| Tabla 34 Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 | 72 |
| Tabla 35 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.0%..... | 72 |
| Tabla 36 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.5%..... | 73 |
| Tabla 37 Fatos obtenidos en los ensayos de Laboratorio | 75 |
| Tabla 38 Análisis granulométrico de 3/8 | 79 |
| Tabla 39 Análisis Granulométrico de arena natural | 80 |
| Tabla 40 Graduación de los materiales para 1'' | 80 |
| Tabla 41 Graduación combinada para mezclas de pruebas | 80 |
| Tabla 42 Diseño de Briquetas con AC20 de 5.5%..... | 81 |
| Tabla 43 Diseño de Briquetas con AC20 de 6%..... | 82 |
| Tabla 44 Diseño de Briquetas con AC20 de 6.5%..... | 82 |
| Tabla 45 Diseño de Briquetas con AC20 de 7%..... | 82 |
| Tabla 46 Diseño de Briquetas con AC20 de 7.5%..... | 82 |
| Tabla 47 Datos de los estudios de Marshall..... | 83 |
| Tabla 48 Análisis granulométrico de 3/4 | 87 |
| Tabla 49 Análisis Granulométrico de arena natural | 87 |
| Tabla 50 Análisis Granulométrico de 3/4 | 87 |
| Tabla 51 Análisis granulométrico de los materiales para 2'' | 88 |
| Tabla 52 Granulometría de los materiales | 88 |
| Tabla 53 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 5% | 89 |
| Tabla 54 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 5,5% | 89 |
| Tabla 55 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 6% | 90 |
| Tabla 56 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 6,5% | 90 |
| Tabla 57 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 7% | 90 |
| Tabla 58 Resultados de ensayos Marshall..... | 91 |
| Tabla 59 Análisis granulométrico de ¾ de mezcla convencional 3'' | 95 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 60 Análisis Granulométrico de 3/8 mezcla convencional de 3'' | 96 |
| Tabla 61 Análisis Granulométrico arena natural mezcla convencional de 3'' | 96 |
| Tabla 62 Análisis granulométrico de los materiales mezcla convencional 3'' | 97 |
| Tabla 63 Granulometría de los materiales | 97 |
| Tabla 64 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 4.5% en AC20 | 98 |
| Tabla 65 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 5.0% AC20 | 99 |
| Tabla 66 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 5.50%AC20 | 99 |
| Tabla 67 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.0% AC20 | 99 |
| Tabla 68 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.5% AC20 | 99 |
| Tabla 69 Datos de los estudios de Marshall mezcla convencional..... | 100 |
| Tabla 70 Comparativa de resultados de ensayos de Bulk y estabilidad final | 105 |
| Tabla 71 Comparativa de resultados de % de vacíos y V.A.M..... | 106 |
| Tabla 72 Comparación de resultados de V.F.A | 106 |
| Tabla 73 APU de mezcla asfáltica con aditivos de 1'' con 6,5%..... | 115 |
| Tabla 74 Mezcla asfáltica modificada de 2'' con 6% | 115 |
| Tabla 75 APU Mezcla asfáltica modificada de 3'' con 5,5%..... | 115 |
| Tabla 76 APU de mezcla asfáltica convencional de 1'' | 116 |
| Tabla 77 APU de mezcla asfáltica convencional de 2'' | 116 |
| Tabla 78 APU de mezcla asfáltica convencional de 3'' | 116 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Perfil de las capas del pavimento flexible | 11 |
| Figura 2 Composición Química del asfalto..... | 12 |
| Figura 3 Aplicación de mezclas en caliente | 19 |
| Figura 4 Aplicación de Mezcla asfáltica en frio..... | 19 |
| Figura 5 Línea guía de las propiedades de la mezcla modificadas | 20 |
| Figura 6 Clasificación de polímeros por su origen | 21 |
| Figura 7 Tipos de fibras sintéticas..... | 23 |
| Figura 8 Propiedades del plástico PET | 24 |
| Figura 9 Tipos de fibras..... | 27 |
| Figura 10 Presupuesto referencial de la mezcla asfáltica modificada..... | 29 |
| Figura 11 Planta para la obtención del material | 38 |

| | |
|--|----|
| Figura 12 Material de 3/4 de cantera..... | 38 |
| Figura 13 Arena fina | 39 |
| Figura 14 Cemento asphaltico..... | 39 |
| Figura 15 Plástico PET triturado | 40 |
| Figura 16 Fibra plástica en Malla | 41 |
| Figura 17 Fibra Plástica en retazos..... | 41 |
| Figura 18 Cocina para calentamiento de material..... | 42 |
| Figura 19 Maquina Briquetera en laboratorio | 42 |
| Figura 20 Horno Baño María | 43 |
| Figura 21 Prensa Marshall..... | 43 |
| Figura 22 Termómetro para laboratorio de suelos y asfalto..... | 44 |
| Figura 23 Molde de estabilidad Marshall..... | 44 |
| Figura 24 Tamices para procesos de granulometrías | 45 |
| Figura 25 Curva granulometrica de mezcla asphaltica de espesor 1'' | 49 |
| Figura 26 Briquetas de 1'' mezcla modificada | 51 |
| Figura 27 Peso de la briqueta | 52 |
| Figura 28 Briquetas en baño Maria | 52 |
| Figura 29 Pesos unitarios del asfalto..... | 54 |
| Figura 30 Porcentajes de vacíos..... | 54 |
| Figura 31 Estabilidad del asfalto | 55 |
| Figura 32 V.A.M del asfalto | 55 |
| Figura 33 Flujo del asfalto de 1'' modificada..... | 56 |
| Figura 34 V.F.A del asfalto | 56 |
| Figura 35 Curva granulométrica de 2'' | 60 |
| Figura 36 Briquetas de 2'' | 62 |
| Figura 37 Peso de la briqueta | 62 |
| Figura 38 Briquetas en baño Maria | 63 |
| Figura 39 Peso unitario de la mezcla asfáltica | 65 |
| Figura 40 Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica..... | 65 |
| Figura 41 Estabilidad de la mezcla asfáltica..... | 66 |
| Figura 42 V.A.M de la mezcla asfáltica..... | 66 |
| Figura 43 Flujo de la mezcla asfáltica..... | 67 |
| Figura 44 V.F.A de la mezcla asfáltica | 67 |
| Figura 45 Curva Granulométrica..... | 71 |

| | |
|---|-----|
| Figura 46 Briquetas de 3'' con aditivos | 73 |
| Figura 47 Peso del material | 74 |
| Figura 48 Peso unitario de las mezclas asfálticas modificada | 76 |
| Figura 49 Porcentaje de vacíos de mezcla asfáltica modificada | 76 |
| Figura 50 Estabilidad de mezcla asfáltica modificada | 77 |
| Figura 51 V.A.M de mezclas asfáltica modificada..... | 77 |
| Figura 52 Flujo de mezcla asfáltica modificada | 78 |
| Figura 53 V.F.A de mezcla asfáltica modificada..... | 78 |
| Figura 54 Curva Granulométrica de asfalto convencional de 1'' | 81 |
| Figura 55 Pesos unitarios de mezcla asfáltica convencional 1'' | 83 |
| Figura 56 Porcentajes de vacíos en mezcla convencional 1'' | 84 |
| Figura 57 Estabilidad de Mezcla asfáltica convencional de 1'' | 84 |
| Figura 58 Vacíos en agregados minerales mezcla convencional 1'' | 85 |
| Figura 59 Flujo de mezcla asfáltica convencional de 1'' | 85 |
| Figura 60 V.F.A de la mezcla asfáltica convencional 1'' | 86 |
| Figura 61 Curva granulometrica de los materiales..... | 89 |
| Figura 62 Peso unitario de mezcla convencional 2''..... | 92 |
| Figura 63 Porcentaje de vacíos de mezcla convencional 2'' | 92 |
| Figura 64 Estabilidad de mezcla convencional 2'' | 93 |
| Figura 65 V.A.M de mezcla convencional 2'' | 93 |
| Figura 66 Flujo de mezcla convencional 2'' | 94 |
| Figura 67 V.A.F de mezcla asfáltica convencional 2'' | 94 |
| Figura 68 Curva granulometrica de los materiales..... | 98 |
| Figura 69 Peso unitario de mezcla convencional 3''..... | 101 |
| Figura 70 Porcentaje de vacíos mezcla convencional 3'' | 101 |
| Figura 71 Estabilidad de mezcla asfáltica convencional 3''..... | 102 |
| Figura 72 V.A.M de mezcla asfáltica convencional 3'' | 102 |
| Figura 73 Flujo de mezcla asfáltica convencional 3''..... | 103 |
| Figura 74 V.F.A de mezcla convencional 3'' | 103 |
| Figura 75 Peso unitario de las mezclas 1'' | 107 |
| Figura 76 Peso unitario de las mezclas de 2''..... | 107 |
| Figura 77 Peso unitario de las mezclas de 3''..... | 108 |
| Figura 78 Estabilidad de las mezclas de 1''..... | 108 |
| Figura 79 Estabilidad de las mezclas 2'' | 109 |

| | |
|--|-----|
| Figura 80 Estabilidad de las mezclas 3'' | 109 |
| Figura 81 Porcentaje de vacío de las mezclas 1'' | 110 |
| Figura 82 Porcentaje de vacío de las mezclas 2'' | 110 |
| Figura 83 Porcentaje de vacío de las mezclas 3'' | 111 |
| Figura 84 V.A.M. de las mezclas 1'' | 111 |
| Figura 85 V.A.M. de las mezclas 2'' | 112 |
| Figura 86 V.A.M. de las mezclas de 3'' | 112 |
| Figura 87 V.F.A de las mezclas 1'' | 113 |
| Figura 88 V.F.A de las mezclas 2'' | 113 |
| Figura 89 V.F.A de las mezclas 3'' | 114 |
| Figura 90 Análisis comparativo del APU de mezclas de 1'' | 117 |
| Figura 91 Análisis comparativo del APU de mezclas de 2'' | 117 |
| Figura 92 Análisis comparativo del APU de mezclas de 3'' | 118 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|-----|
| Anexo 1 Materiales pétreos | 126 |
| Anexo 2 Peso de Piedra 3/8 | 126 |
| Anexo 3 Peso de Piedra 3/4 | 127 |
| Anexo 4 Peso de Arena Natural | 127 |
| Anexo 5 Proceso de Tamizado | 128 |
| Anexo 6 Proceso de Tamizado | 128 |
| Anexo 7 Calentamiento de los agregados pétreos y el Ac20 | 129 |
| Anexo 8 Integración del Aditivo fibra plástica | 129 |
| Anexo 9 Integración del aditivo PET | 130 |
| Anexo 10 Integración de los agregados pétreo, Ac20, PET y Fibra plástica | 130 |
| Anexo 11 Homogeneidad de la mezcla | 131 |
| Anexo 12 Verificación de temperatura | 131 |
| Anexo 13 Compactación de mezcla | 132 |
| Anexo 14 Briquetas de mezclas asfálticas | 132 |
| Anexo 15 Pesaje de briquetas | 133 |
| Anexo 16 Ensayo de Marshall briqueta de 1'' | 133 |
| Anexo 17 Ensayo de Marshall briqueta de 2'' | 134 |
| Anexo 18 Ensayo de Marshall briqueta de 3'' | 134 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 19 Calentamiento del material para ensayo Granulométrico | 135 |
| Anexo 20 Peso del material para briquetas..... | 135 |
| Anexo 21 Peso del material..... | 136 |
| Anexo 22 Materiales pétreos | 136 |
| Anexo 23 Cantera..... | 137 |
| Anexo 24 Calentamiento del AC20 y modificantes | 137 |
| Anexo 25 Diseño de capa rodadura mezcla asfáltica modificada de 1'' | 138 |
| Anexo 26 Análisis granulométrico agregado medio | 139 |
| Anexo 27 Análisis Granulométrico Arena Natural..... | 140 |
| Anexo 28 Graduación Combinada para mezclas..... | 141 |
| Anexo 29 Curva granulométrica de la Mezcla | 142 |
| Anexo 30 Gravedades específicas agregado medio | 143 |
| Anexo 31 Gravedades específicas de arena natural..... | 144 |
| Anexo 32 Gravedad específica mezcla asfáltica RICE | 145 |
| Anexo 33 Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall | 146 |
| Anexo 34 Gráficas de las propiedades en mezcla asfáltica modificada de 1'' | 147 |
| Anexo 35 Diseño de capa de rodadura de 2'' | 148 |
| Anexo 36 Análisis Granulométrico agregado 3/8..... | 149 |
| Anexo 37 Análisis Granulométrico agregado $\frac{3}{4}$ | 150 |
| Anexo 38 Análisis Granulométrico Arena natural | 151 |
| Anexo 39 Graduación combinada para mezclas | 152 |
| Anexo 40 Curva Granulométrica de la mezcla | 153 |
| Anexo 41 Gravedades específicas del agregado de $\frac{1}{2}$ | 154 |
| Anexo 42 Gravedades específicas agregado 3/8 | 155 |
| Anexo 43 Gravedad específica mezcla asfáltica RICE..... | 156 |
| Anexo 44 Diseño de mezcla asfáltica método Marshall | 157 |
| Anexo 45 Gráficas de las propiedades de mezcla modificada de 2'' | 158 |
| Anexo 46 Diseño de capa de rodadura de 3'' | 159 |
| Anexo 47 Análisis Granulométrico agregado $\frac{3}{4}$ | 160 |
| Anexo 48 Análisis Granulométrico agregado 3/8..... | 161 |
| Anexo 49 Análisis Granulométrico arena natural..... | 162 |
| Anexo 50 Graduación combinada para mezclas | 163 |
| Anexo 51 Curva Granulométrica para mezcla | 164 |
| Anexo 52 Gravedades específicas de 1/2..... | 165 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 53 Gravedades específicas agregado 3/8 | 166 |
| Anexo 54 Gravedad específica mezcla asfáltica RICE | 167 |
| Anexo 55 Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall | 168 |
| Anexo 56 Gráficas de las propiedades mezclas modificadas de 3'' | 169 |
| Anexo 57 Diseño de Capa de Rodadura Mezcla convencional de 1" | 170 |
| Anexo 58 Análisis Granulométrico de Mezcla convencional de 1" | 171 |
| Anexo 59 Análisis Granulométrico arena natural Mezcla convencional de 1" | 172 |
| Anexo 60 Graduación combinada para Mezcla convencional de 1" | 173 |
| Anexo 61 Curva Granulométrica para Mezcla asfáltica convencional de 1" | 174 |
| Anexo 62 Gravedades Específicas 1/2 Mezcla convencional de 1" | 175 |
| Anexo 63 Gravedades Específicas arena natural Mezcla convencional de 1" | 176 |
| Anexo 64 Gravedad Específica RICE Mezcla convencional de 1" | 177 |
| Anexo 65 Diseño Método Marshall de Mezcla asfáltica convencional de 1" | 178 |
| Anexo 66 Propiedades de la mezcla asfáltica convencional 1'' | 179 |
| Anexo 67 Diseño de capa Rodadura Mezcla Asfáltica Convencional de 2" | 180 |
| Anexo 68 Análisis Granulométrico agregado 3/4 Mezcla Convencional de 2" | 181 |
| Anexo 69 Análisis granulométrico agregado 3/8 Mezcla Convencional de 2" | 182 |
| Anexo 70 Análisis granulométrico arena natural Mezcla Convencional de 2" | 183 |
| Anexo 71 Graduación Combinada Mezcla Asfáltica Convencional de 2" | 184 |
| Anexo 72 Curvas Granulométrica para mezcla convencional de 2'' | 185 |
| Anexo 73 Gravedad específica 1/2 mezcla asfáltica convencional 2'' | 186 |
| Anexo 74 Gravedad Especial 3/8 de Mezcla Asfáltica Convencional de 2" | 187 |
| Anexo 75 Gravedad Especial Mezcla Asfáltica Convencional de 2" | 188 |
| Anexo 76 Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional de 2" Método Marshall | 189 |
| Anexo 77 Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 2'' | 190 |
| Anexo 78 Diseño de capa de rodadura mezcla asfáltica convencional 3'' | 191 |
| Anexo 79 Análisis granulométrico agregado 3/4 mezcla convencional 3'' | 192 |
| Anexo 80 Análisis granulométrico agregado 3/8 mezcla convencional 3'' | 193 |
| Anexo 81 Análisis granulométrico arena natural mezcla convencional 3'' | 194 |
| Anexo 82 Graduación combinada mezcla asfáltica convencional 3'' | 195 |
| Anexo 83 Curva granulométrica mezcla asfáltica convencional 3'' | 196 |
| Anexo 84 Gravedades específicas de 1/2 mezcla asfáltica convencional 3'' | 197 |
| Anexo 85 Gravedades específicas de chispa mezcla convencional 3'' | 198 |
| Anexo 86 Gravedades específicas RICE mezcla asfáltica convencional 3'' | 199 |

| | |
|--|-----|
| Anexo 87 Diseño de mezclas asfálticas Método Marshall | 200 |
| Anexo 88 Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 3'' | 201 |

INTRODUCCIÓN

La mezcla asfáltica es un material primordial utilizado en la construcción de carreteras y pavimentos, ya que contiene propiedades mecánicas resistentes y duraderas. No obstante, el uso de los agregados convencionales para la fabricación de mezclas asfálticas genera un impacto ambiental, el cual se origina por la extracción y el proceso de estos materiales. En los últimos años, se ha indagado sobre la posibilidad de usar materiales reciclados para la elaboración de mezclas asfálticas como una opción sostenible para el medio ambiente. Entre los materiales reciclados más estudiados son el plástico PET y la fibra que suele ser o formar parte del plástico reciclado.

El PET es elemento usado para la fabricación de botellas de agua y envase en diferentes colores. Pero a la vez, su reciclaje permite darle una segunda opción de vida a este material. Por otro lado, la fibra contiene componentes de resistencia y durabilidad. Estas al ser aplicadas en las mezclas asfálticas van a permitir mejorar las propiedades del pavimento. Así mismo, ambos materiales tienen beneficios para ser aplicados en la mezcla asfáltica en términos de durabilidad, resistencia, propiedades físicas y propiedades mecánicas.

En este análisis comparativo relacionado a lo técnico y económico de las mezclas ya antes mencionadas se pretende realizar una investigación para evaluar y contrastar las propiedades mecánicas de dos tipos de mezclas: una mezcla la cual tiene dos componentes esenciales como el plástico PET-fibra y otra que ya es utilizada y conocida como mezcla convencional. Además, se ejecutarán pruebas de experimentación para evaluar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica con plástico PET- fibra y la mezcla asfáltica convencional. Adicionalmente, se determinará la resistencia, durabilidad, propiedades mecánicas, flexibilidad y costos de producción.

Al realizarse el respectivo análisis técnico y económico entre las dos mezclas, se pretende realizar un aporte al conocimiento científico sobre el uso de materiales reciclados y proporcionar información detallada para la selección y el diseño de pavimentos flexibles, la cual no solo será de beneficio para la industria de la construcción, sino que también contribuya al medio ambiente mediante la reducción de desechos.

Este análisis comparativo entre dos mezclas asfálticas representa un paso importante para la comprensión de como estos materiales reciclados pueden influir en las propiedades mecánicas y la sostenibilidad dentro de los pavimentos flexibles. A medida que la industria de la construcción de carreteras evoluciona, se realiza varias soluciones que den un mejor enfoque y que busque proporcionar resultados que acaben o permitan combatir con problemas que en ocasiones se originan en la construcción de las vías. La investigación sobre materiales reciclados y la integración de ellos en las mezclas asfálticas se convierten en un área de gran relevancia.

Para culminar, al realizar un avance significativo sobre los dos tipos de mezclas se proporciona una base sólida la cual puede ser ejecutada para aspirar a pavimentos más duraderos, seguros y amigables con el entorno, contribuyendo a un futuro vial más sostenible y resiliente.

CAPÍTULO I

ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Análisis comparativo de la evaluación técnica y económica entre mezcla asfáltica de plástico PET- Fibra y mezcla asfáltica convencional.

1.2 Planteamiento del Problema:

En la modernidad, las construcciones de carreteras y pavimento flexibles han generado un sinnúmero de residuos plásticos y desechos de neumáticos, lo que con lleva a que se produzca un gran problema ambiental. El plástico PET es un material primordial utilizado en las industrias y es uno de los principales contaminantes para el medio ambiente por su larga durabilidad. Por otro lado, la fibra plástica sino es manejada adecuadamente puede presentar un impacto negativo al medio ambiente. La elaboración de la mezcla asfáltica convencional también es un riesgo para el ecosistema ya que sus partículas al desprenderse pueden contaminar el aire por contener compuestos volátiles y metales pesados.

Para ahondar esta situación, se han realizado diseños de mezclas asfálticas. Sin embargo, a pesar de la realización de estas mezclas, se carece de estudios técnicos que presenten un análisis de las propiedades físicas, mecánicas, la durabilidad e impacto ambiental. Así mismo, no existe un detalle que haga referencia a los costos de adquirir mezclas con componentes de plástico PET y la fibra, también detalles de sus costos de producción. La falta de normativas o especificaciones claras en la construcción con estos materiales pueden conllevar a que se efectúen dificultades en la planificación y presupuesto de la construcción de carreteras con materiales reciclados.

Según Coello (2022), "La aplicabilidad del plástico PET y la fibra plástica en la elaboración de mezclas asfálticas ofrece una alternativa prometedora para mejorar la durabilidad y resistencia de los pavimentos, al tiempo que contribuye a la gestión de residuos plásticos". Sin embargo, es crucial realizar comparaciones detalladas con las mezclas asfálticas convencionales para evaluar adecuadamente sus beneficios y desafíos en términos de rendimiento técnico, sostenibilidad y viabilidad económica.

Por esta razón, se requiere evaluar la viabilidad técnica y económica de la mezcla asfáltica con plástico PET- fibra y mezcla asfáltica convencional, con el fin de determinar cuál de estas opciones es más adecuada para su implementación en la construcción de carreteras y pavimentos flexibles. La evaluación técnica se llevará a cabo a través de pruebas de laboratorio, donde se evaluarán una serie de parámetros que permitan tomar decisiones sobre la viabilidad y beneficios de utilizar materiales reciclados en la producción de mezclas asfálticas.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo se compara la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra plástica y mezcla asfáltica convencional en términos de sus propiedades técnicas, costos de producción, mantenimiento y beneficios económicos?

1.4 Objetivo General

Evaluar la viabilidad técnica y económica de mezcla asfáltica con plástico PET-fibra y mezcla asfáltica convencional mediante estudios de laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas, resistencia y sus costos de producción.

1.5 Objetivos Específicos

- Realizar pruebas de laboratorio mediante el método Marshall para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra
- Estimar el porcentaje óptimo de plástico PET y fibra para la elaboración de la mezcla asfáltica
- Evaluar el costo de producción de cada tipo de mezcla incluyendo el costo de adquisición de los materiales
- Ejecutar la comparación de la mezcla con plástico PET- fibra y la mezcla asfáltica convencional para estimar cual es más viable en termino de costos y sus comportamientos mecánicos.

1.6 Idea a Defender / Hipótesis

El uso de mezcla asfáltica con plástico PET- fibra y la mezcla asfáltica convencional puede ser de ayuda técnica y económica en la elaboración de vías o carreteras. Al agregar el plástico PET y fibra a las mezclas asfálticas podría optimizar

la durabilidad y resistencia, lo cual con lleva a que se reduzcan los costos tanto en términos de mantenimiento y producción. No obstante, la implementación de estos materiales reciclados favorece a reducir el porcentaje de residuos plásticos en las zonas. Esta mezcla asfáltica proporciona una considerable vida útil y a su vez merma los costos de manteamiento y producción. Para ello, es necesario realizar estudios técnicos y económicos que permitan evaluar los beneficios y pruebas asociadas con el manejo de estos materiales.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Tabla 1 Línea de investigación

| Dominios ULVR | Línea de Investigación Institucional | Línea de Investigación Facultad | Sub-línea de Investigación Facultad |
|---|--|--|--|
| Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables | Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción | Técnica, Tecnología e Innovación | Modelaciones |

Fuente: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, (2023)

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes:

Peñañiel (2023), "Influencia de fibras de acero y PET reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente, Huancayo Junín 2022. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Continental, Huancayo, Perú"

La investigación tiene como objetivo principal delimitar una evaluación en donde se desarrolle la influencia que se presenta las mezclas al ser desarrolladas con aditivos. Esto implica verificar sus propiedades que se influyen en la experimentación. El método de investigación se basa en un estudio científico y aplicado, el tipo de nivel que se emplea es nivel explicativo y el diseño es experimental. La población que se presenta en este estudio con respecto al MAC estándar y con fibras de acero y PET, la cual la muestra representa unas 54 briquetas realizadas para los respectivos estudios. Luego de verificar sus objetivos se puede concluir que los resultados de este experimento muestran que el contenido que debe ser aplicado el emplear esta mezcla con aditivo este en el cinco por ciento y así se obtiene un peso específico proporcional y con viabilidad mayor a la de la mezcla convencional. En conclusión, al adicionar este tipo de componente a la mezcla, esta cumpliría con los estándares del manual de especificaciones técnicas teniendo así buenos resultados al realizar la experimentación incluyendo aditivos.

El informe presenta una serie de beneficios en términos de caracteres físicos y mecánicas, así como también en el ámbito de lo económico que puede ser una guía para el proyecto que se desea elaborar. Sin embargo, es esencial emplear un análisis comparativo para evaluar completamente los costos y beneficios de esta tecnología en la relación con las mezclas asfálticas convencionales.

Camacho (2022), "Aplicación de la fibra de plástico reciclado para el mejoramiento óptimo de pavimento rígido, caso Av. Manuel E. Cordero y Av. Mariscal Castilla-Huancané-Puno. Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma, Lima, Perú"

La presente investigación explícita tiene como función principal mejorar el contenido del rendimiento de los pavimentos rígidos en términos de sus propiedades. En donde, se evalúa mediante experimentación la aplicación de aditivos en las mezclas asfálticas con residuos plásticos. Los resultados que se presentan en la investigación, manifiestan que esta mezcla modificada mejora en términos de flexión un 2.11%, al ser comparada con una mezcla convencional se estima que la viabilidad de la mezcla es mayor en términos de propiedades a la mezcla convencional. La reducción de la losa equivale a un 0.52% y a su vez esto mejora el costo de producción. Para finalizar, la mezcla mejora su calidad de las propiedades físicas y mecánicas al utilizar estos tipos de materiales reciclados, y a su vez contribuye en la reducción de contaminantes para el medio ambiente.

El contenido de la investigación enfoca un sustento que se relaciona a la inclusión del plástico PET – fibra tiene una mejora significativa en los ámbitos de durabilidad y resistencia en el pavimento, al mismo tiempo disminuyendo la propagación de grietas y prolongando su vida útil, ya que tiene propiedades de rigidez y ligereza el plástico PET. Además, la fibra de plástico reciclado da como solución ambiental amigable al reutilizar este material.

Pérez (2020), "Estudio del comportamiento de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico (escoria y arena), adicionadas con polímero etileno vinil acetato (EVA), utilizando el ensayo MARZHALL, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.

La investigación expuesta desarrolla un contenido que tiene como objetivo encontrar resultados de porcentajes óptimos para ser implementados con materiales pétreos y reciclados. Adicional, se elabora por medio de dos materiales tales como la mina Villacrés y el material volcánico que es producido en Baños de Agua Santa. Realizando pruebas de laboratorio se estima encontrar un porcentaje apropiado para

la elaboración de las mezclas. Se implementa los ensayos de Marshall, con el fin de analizar los agregados finos y gruesos teniendo en cuenta la normativa que se rige.

El estudio de la investigación genera información detallada sobre el estudio del comportamiento de las mezclas asfálticas mediante el ensayo MARSHALL, ofrece una base técnica sólida para comparar y evaluar las opciones de pavimentación disponibles, tanto en términos de rendimiento técnico como económico. La información es crucial para verificaciones de investigaciones futuras y así realizar la toma de decisiones informadas en la selección de la mejor opción de pavimento, considerando tanto los aspectos de ingeniería como los financieros para garantizar una infraestructura vial eficiente y sostenible.

Suarez (2022), "Desarrollar un diseño de mezclas asfálticas convencional y mezclas asfálticas con nanotubos de carbono mediante el método Marshall. Trabajo de Titulación de Magister en Ingeniería Vial. UTPL, Loja"

El objetivo de esta investigación es introducir nuevos materiales en el ámbito de la construcción de carreteras, en donde se aplican nanotubos de material carbónico, además se agrega el Keroseno, como mejora para las mezclas aplicadas en vías. Al ejecutar la adición del 1% de NTCPM se incrementa estas características hasta en un 72%, aumentando la estabilidad de las muestras debido a los módulos de Young mejorados. Este tipo de asfalto modificado podría ser particularmente útil en regiones de altas temperaturas. Se desarrollaron tablas para optimizar los parámetros y las semejanzas de NTCPM ejecutadas en porcentajes.

La implementación de esta investigación representa una contribución significativa para la aplicación técnica, el desarrollo económico y el análisis comparativo en el sector. Aunque los costos asociados con la compra, producción y aplicación de NTCPM son elevados en comparación con el asfalto convencional, los beneficios potenciales en términos de rendimiento y durabilidad son destacables.

Rojas (2023), "Análisis estructural entre: pavimento flexible convencional, geomalla biaxial y material granular estabilizado con asfalto, para mejorar comportamiento mecánico, en parroquia Manglaralto, cantón y provincia de Santa Elena. La Libertad UPSE Matriz Facultad de Ciencias de la Ingeniería"

Este estudio se enfoca en comparar la estructura de un pavimento flexible convencional con dos variantes que incluyen materiales geo sintéticos y material granular estabilizado con asfalto, respectivamente, los cuales refuerzan y aumentan la capacidad portante del pavimento en comparación con el convencional. Se lleva un proceso practico que está relacionado con experimentación y procesos de laboratorio para delimitar sus ventajas sobre las propiedades que se encuentran en cada uno de sus materiales que provienen de canteras ubicadas en el cantón Santa Elena, evaluando sus características físico-mecánicas y estabilizando el material con un 4% de asfalto para lograr especificación de 1020 lbs. min, mejorando así la resistencia.

El resultado final incluye el diseño de pavimentos flexibles convencionales con espesores mayores, totalizando 95 cm, en comparación con los pavimentos reforzados con geomalla biaxial y materiales granulares que son estabilizados con ayuda del asfalto, teniendo resultados que en capas presenten totales de 83 cm y 62.5 cm, lo que si reduce el material a utilizar.

Este estudio es crucial para identificar la solución óptima que mejore el comportamiento mecánico de las carreteras. Lo que conlleva a que al aplicar este tipo de sustancias o elementos se reduce el porcentaje de materiales y su implementación debe considerar las condiciones específicas del sitio, los parámetros de diseño y los objetivos de sostenibilidad a largo plazo.

2.2 Fundamentación teórica:

2.2.1 Definición y propiedades del pavimento

El pavimento es un tipo de estructura que está elaborado por varias subcapas que se delimitan horizontalmente, este es construido o diseñado por medio de normativas y especificaciones que se detallan en la MOC. Las normativas so empleadas al ser realizadas las pruebas en laboratorio para especificar sus porcentajes respectivos al material que se desea emplear. Estas estructuras reposan en una base de tierra la cual se la denomina como subrasante, tiene como objetivo soportar el volumen de cada una de las cargas constantes del tránsito presente en la zona.

Un pavimento al ser diseñado debe cumplir con varios requisitos. Según Monserrath (2023), los principales requisitos para el diseño de la mezcla deben

permitir un buen desempeño de la mezcla en la vía al momento de ser aplicada. A continuación, se detalla los requisitos más importantes:

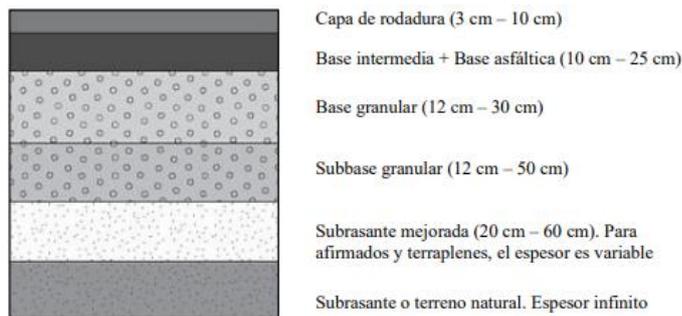
El pavimento debe presentar una sólida superficie, que se adapte a ciertas especificaciones, que están sujetas al tipo de vía que se desea implementa ya que de ella depender la influencia en la seguridad de las carreteras. Capacidad que soporte la fuerzas por el tránsito vehicular que se puede presentar en la vía. Resistencia a los efectos de los cambios climáticos. Durabilidad y presentar un sistema de drenaje correcto. La superficie debe presentar una regularidad en su ancho o medidas de las vías, de esa manera los usuarios puedan sentir satisfacción con el trabajo realizado. Debe ser económico y rentable es los costos de producción, además, es necesario que posee un tono apropiado ya que con ello se prevé los reflejos y destellos.

2.2.2 Pavimento Flexible

El pavimento flexible se lo define como un tipo de estructura que está formada por capas asfálticas, sujeta a capas que poseen una menor rigidez. El tipo de pavimento se lo encuentra compuesto por materiales granulares o también denominados materiales pétreos. Su composición se forma mediante sus capas las cuales se las define de la siguiente manera: base, subbase y en algunas ocasiones se aplica la subrasante mejorada o con un tipo de material que se lo conoce como material de confortación. Además, se presentan esfuerzos que son generados por las cargas vehiculares que permiten la disipación por cada una de las capas ya antes mencionadas. También se da la presencia de la resistencia, por esta razón es importante delimitar el tipo de suelo en donde se plantea realizar el estudio, el cual es capaz de resistir cada uno de los esfuerzos que serán producidos por un tipo de deformación que llegan en ocasiones a generar el deterioro de la estructura vial.

En el pavimento flexible es imprescindible realizar un estudio exhaustivo de las capas ya que juegan un papel fundamental para la elaboración e implementación del material. Así mismo, se tiene que delimitar que material va a ser utilizada para la incorporación de mejoramiento de la vía. Las mezclas están elaboradas por materiales que se los denomina como materiales pétreos en donde se da la presencia del 3/8, 3/4 y la arena fina que contienen diferente propiedades físicas y mecánicas. En la Figura 1 se detalla las capas que componen la mezcla asfáltica al momento de ser aplicadas en la zona que se desea ser mejorada

Figura 1 Perfil de las capas del pavimento flexible



Fuente: Brioso et al., (2022)

2.2.2.1 Funciones del pavimento

Según las investigaciones realizadas este tipo de pavimento se lo diseña para delimitar una buena superficie que conlleve a que la infraestructura tenga una mayor resistencia y durabilidad, la cual es mejorada para los vehículos y peatones. Entre las principales funciones que se pueden destacar están las siguientes:

Estructura: la capa debe ser diseñada y construida con una calidad de resistencia a un componente que se lo denomina como la fatiga que forma parte también de las propiedades del pavimento. Adicionalmente, hay que tener presente los efectos que son producidos por el clima.

Impermeabilización: se refiere a la capa que obstaculiza las filtraciones de agua a la capa subrasante. Tiene como finalidad impedir que se dé una pérdida de la resistencia al corte.

Funcional: aquella que recibe de manera directa las cargas vehiculares que son originadas por medio de la circulación de vehículos por el pavimento. Esta debe ser diseñada con parámetros que aseguren la garantía de la circulación segura y cómoda

2.2.3 Asfalto

Es considerado como un material de alta calidad, es un material que contiene muchas ventajas ya que este es resistente, adhesivo, impermeable y duradero. Su tono va a ser diferente ya que va a depender del material con el cual se elabore. Su

componente principal es el betún, con características muy relevantes y que se lo obtiene por medio del petróleo.

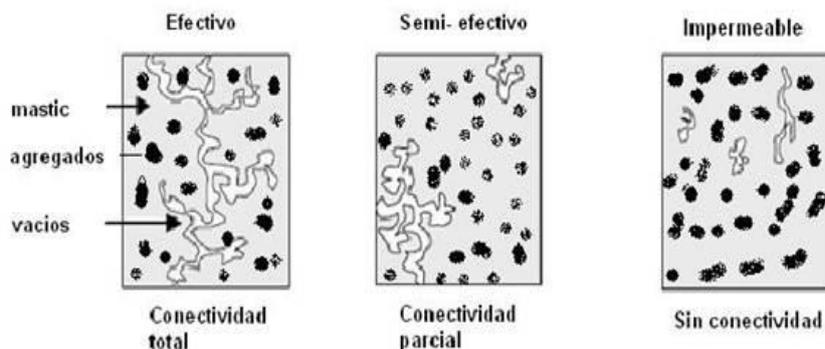
No obstante, el asfalto a pesar de contener todos esos componentes anteriores, se estima que presenta una buena flexibilidad controlable a las mezclas con áridos que en ocasiones suele combinarse con ello.

2.2.3.1 Propiedades químicas del asfalto

Los componentes químicos que forman parte del asfalto se relacionan con la implementación de materiales muy versátiles, constituidas por diferentes materiales en donde se la presencia de varios tipos de elementos. Además, se agrega otro tipo de sustancia que también juega un papel fundamental en la elaboración del asfalto, se hace referencia a los asfáltenos y máltenos.

La proporción de este tipo de material va a variar ya que depende de varios factores tales como la temperatura, oxigenación, el material que se aplique y el espesor de la capa asfáltica. Dentro de la Figura 2 se representa la composición química del asfalto, crucial en la elaboración de mezclas asfálticas:

Figura 2 Composición Química del asfalto



Fuente: Herrera et al., (2021)

2.2.3.2 Propiedades Físicas del asfalto

Las propiedades físicas poseen diferentes características que permiten que la mezcla mantenga una buena planificación, edificación y conservación, entre las principales propiedades físicas se encuentran las siguientes:

1. Cohesión: permite mantener la durabilidad de las partículas, así como mantenerlas firmes al agregar el pavimento terminado.
2. Durabilidad: el asfalto permite mantener sus características originales, pero para ello debe ser expuesto a procesos de degradación y envejecimiento
3. Adhesión: su función es que se adhiere al agregado de la mezcla asfáltica de manera exitosa
4. Endurecimiento y envejecimiento: se define como el proceso se origina al ser aplicada la mezcla asfáltica y va a depender de las temperaturas presentes en la zona donde se aplica.
5. Susceptibilidad a la temperatura: su consistencia se vuelve un poca más viscosa cuando se origina una temperatura baja, mientras que cuando se presenta una temperatura alta se ablanda es decir que es menos viscosa

En la Tabla 1 se detalla las propiedades físicas y químicas que se presentan al realizar la elaboración de la mezcla asfáltica convencional, donde se detalla la viscosidad, composición, el análisis sara, entre otros.

Tabla 2 Propiedades Físicas y Químicas del asfalto

| Asfalto | |
|----------------------------------|-------|
| Penetración 25°C (dmm). | 83 |
| Punto de ablandamiento (°C) | 45,8 |
| Análisis SARA (%) | |
| Asfaltenos | 12,39 |
| Resinas | 35,06 |
| Aromáticos | 38,18 |
| Saturados | 14,37 |
| SBS | |
| % Composición butadieno estireno | 70/30 |
| Viscosidad 180°C (cps) | 2200 |
| Dureza Shore A | 60 |
| Punto de ablandamiento (°C) | > 130 |
| Penetración a 25°C (dmm) | < 50 |
| CPE | |
| Viscosidad 140°C (cps) | 80 |
| Penetración 25°C (dmm) | 1 |
| Punto de ablandamiento (°C) | 130 |
| Punto de fusión (°C) | 122 |

Fuente: Lennon et al., (2019)

2.2.4 Asfalto AC-20

Es un asfalto que se lo obtiene por medio de procesos de separación del petróleo. La viscosidad de este tipo de asfalto cambia según su temperatura a la que está expuesta y a su vez la composición de las resinas que le permiten dar una buena adherencia a los materiales pétreos que se utiliza. Cuando las resinas son expuestas

a temperaturas altas se calientan y se disuelven cubriendo las partículas en su totalidad.

El asfalto AC-20 es el que se utiliza con mayor demanda en la construcción y mantenimiento de vías en Ecuador, sin embargo, para que se ejecute debe cumplir con las características que se detallan en la Tabla 2:

Tabla 3 Características del asfalto AC-20

| CARACTERÍSTICAS DEL ASFALTO | AC-20 | |
|--|--------------|------------|
| DEL CEMENTO ASFÁLTICO ORIGINAL | Min. | Max |
| Viscosidad rotacional a 60 °C. máximo, Pa.S | 200 ± 40 | |
| Viscosidad Cinemática a 135 °C; mm ² /s, mínimo (1 mm ² /s = 1 centistoke) | 300 | --- |
| Viscosidad Saybolt Furol a 135 °C, s. | 120 | --- |
| Penetración a 25 °C, 100 gr. 5 s, 101 mm. | 60 | --- |
| Punto de inflamación Cleveland; °C. | 232 | --- |
| Solubilidad, %. | 99 | --- |
| Punto de Reblandecimiento, °C | 48 - 56 | |
| DEL RESIDUO DE LA PRUEBA DE LA PELÍCULA DELGADA | | |
| Pérdida por calentamiento; %. | --- | 0.5 |
| Viscosidad dinámica a 60 °C, Pa.S. | --- | 800 |
| Ductilidad a 25 °C y 5 cm/min, cm. | 50 | --- |
| Penetración retenida a 25 °C, %. | 54 | --- |

Fuente: Manterola et al., (2019)

2.2.5 Agregados Pétreos

Los agregados pétreos se consideran a la materia prima que se utiliza para la elaboración de mezclas, aquellos que son expuestos para la elaboración de carreteras y vías. Las capas que se aplican están elaboradas con materiales que tienden hacer o presentar un soporte viable para la estructura. Entre los agregados que se estima para la mezcla se encuentran tres tipos de agregados:

- a) Agregado grueso formada por material de roca, grava, piedra natural o piedra triturada. El agregado grueso se lo define así por la parte del agregado pétreo total que se retiene en uno de los tamices que son empleados al momento de realizar la granulometría. Este normalmente es retenido en el tamiz #4 que es utilizado en el laboratorio para las respectivas pruebas.

- b)** Agregado fino: conformado por arenas, resultado de la trituración o procesamiento que se emplea dentro de una cantera. Considerada un tipo de material de yacimientos naturales presente en el ecosistema. La granulometría reporta que el agregado fino es aquel que se queda retenido en el tamiz
- c) Polvo mineral:** el polvo mineral al ser expuesto a ensayo de granulometría se considera en cambio que es aquel que pasa el tamiz #200 y es resultante de componentes como las cenizas de carbón, piedra caliza, u otros.

Cada uno de los agregados que se menciona deben estar sujetos a requisitos, tales como estar limpios, por eso se hace el respectivo lavado, sólidos y resistentes, para que si cumplen cada uno su función. A continuación, en la Tabla 3 se detalla los requisitos de graduación con cada uno de los porcentajes que pasan por los tamices.

Tabla 4 Graduación de los materiales

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

Fuente: Ministerio de obras públicas, (2023)

Tipo A: formado por partículas de agregados gruesos, el cual se lo obtiene por medio de trituraciones. Si embargo, el agregado estos compuestos por arenas naturales o materiales que se hayan triturado. En ocasiones se suele agregar material mineral. El tipo de relleno mineral suele tener cemento portland dependiendo el tipo de construcción.

Tipo B. Son los que estas compuestos por un 50% de partículas que se las obtiene por molienda de agregado grueso. El relleno mineral y los agregados finos

son dados por medio de la trituración o se lo obtiene de depósitos naturales. Esta va a depender de la zona en donde se desarrolle la obra.

Tipo c: son utilizadas en la fabricación del hormigón asfáltico, extraídos e yacimientos naturales mediante procesos de trituración. Para este tipo también es importante confirmar la estabilidad la cual es evaluada por pruebas dentro de laboratorios.

2.2.5.1 Propiedades físicas de los agregados pétreos

Según Yam (2022), las propiedades de los agregados pétreos van a depender del material que se utilice y también de la alta calidad que desempeñe la mezcla. Sin embargo, cabe mencionar que la idoneidad de los agregados en caliente se determina mediante evaluaciones de ciertas características mecánicas, entre estas están:

1. Absorción
2. Durabilidad
3. Resistencia
4. Tenacidad y dureza
5. Modelos de partícula
6. Materiales inocuos
7. Su tamaño
8. Su gradación
9. Afinidad por el asfalto

2.2.6 Ensayos de los agregados

Los ensayos son empleados en laboratorios, donde se estudian y detallan las propiedades de cada uno de los materiales que se emplean en el proceso de la mezcla asfáltica. Este proceso lleva una duración o periodo largo, ya que va a depender de los estudios que se deseen realizar y encontrar en las mezclas. A continuación, se detalla los procesos que se tiene que tener en cuenta al momento de realizar el ensayo que tiene que ver con los materiales pétreos:

2.2.6.1 Análisis granulométrico

Para llevar el proceso del análisis granulométrico es importante emplear el proceso de tamizado, en donde se delimita la distribución de cada uno de los

agregados finos como los gruesos. El proceso se efectúa de manera manual o mecánica para que se pueda separar cada una de las partículas del agregado según sus tamaños. Este proceso se debe determinar de la manera más efectiva ya que con el material que se toma en este análisis se va a realizar los siguientes procesos para corroboración de las briquetas.

2.2.6.2 Resistencia al desgaste por abrasión

El proceso que determina el desgaste que se detalla en cada una de las partículas, debe reflejar que los agregados gruesos presenten un 37.5mm, se considera que mediante este ensayo aplicado en la resistencia de cada una de las briquetas elaboradas se delimite la pérdida de masa de los agregados con los que se elaboró el material o la mezcla asfáltica modificada.

2.2.6.3 Densidad relativa y absorción del agregado

La densidad de un material está influenciada por la compactación de sus partículas o agregados individuales. Los datos de absorción se utilizan para medir cómo cambia la masa de los agregados cuando absorben agua a través de sus poros.

2.2.6.4 Porcentaje de caras fracturadas en los agregados

La mezcla del tipo de agregados puede tener un significativo impacto en el proceso de la pavimentación. En ocasiones se suele presentar el caso de que las partículas son irregulares y angulares. Las partículas tienden a ser más resistentes al movimiento del pavimento, ya que se interconectan al compactarse. La selección de los agregados puede influir considerablemente en el proceso de la pavimentación. En ciertos casos, los agregados pueden tener formas irregulares y ángulos pronunciados. Además, la resistencia en sus partículas tiende a ser mejoradas.

2.2.7 Mezclas asfálticas

Se proyecta elegir un tipo de material que permita contenga o especifique una mezcla uniforme, empleada para proyectar un material asfáltico con materiales pétreos el cual es escogido con el objetivo de determinar el efecto que emplea con respecto al ligante que se utiliza. Para ello es importante mantener cada uno de los parámetros, detallando la cantidad aglutinante que suele presentar el asfalto cuando uno emplea este tipo de pruebas de laboratorio.

A altas temperaturas, el aglutinante puede ablandarse, lo que puede afectar la estructura de la mezcla, especialmente en pavimentos sometidos a tráfico intenso. Por otro lado, a bajas temperaturas, el aglutinante se vuelve más rígido y menos resistente, lo que aumenta la probabilidad de fisuras.

2.2.7.1 Mezclas asfálticas en caliente

Se produce en caliente utilizando materiales pétreos y cemento asfáltico, mediante plantas estacionarias o móviles equipadas dispositivos que son utilizados con la finalidad de calentar cada uno de los componentes de la mezcla calentar. Durante la elaboración, utilizan temperaturas elevadas (aproximadamente 140-150°C) para mantener la viscosidad adecuada del asfáltico y evitar que se enfríe al mezclarse con los agregados, los cuales también deben ser precalentados para que puedan ser derretidos en el momento del calentamiento.

Al implementar la mezcla asfáltica en el lugar de construcción, es crucial que se mantenga a altas temperaturas para permitir una expansión adecuada y una compactación eficiente conforme a las condiciones ambientales.

Durante muchos años, el método Marshall ha sido ampliamente utilizado y continúa siendo relevante en la actualidad para evaluar la estabilidad, fluidez y porosidad de las mezclas asfálticas.

Las mezclas asfálticas calientes aplicadas en vías tienen a ser un proceso de gestión con parámetros de ejecución tal cual como lo menciona la Figura 3, en donde se ejecuta la aplicabilidad o proceso del asfaltado en vías como mejora para la zona de estudio.

Figura 3 Aplicación de mezclas en caliente



Fuente: Monroy et al., (2020)

2.2.7.2 Mezcla asfáltica en frío

Se elaboran utilizando emulsiones asfálticas que contienen asfalto, emulsificantes y agua. Estas mezclas se caracterizan por ser fáciles de manejar durante varias semanas después de su fabricación, esto se debe a la ayuda de que en ese momento se conserva en una baja viscosidad con un periodo prolongado, al ser almacenado el producto se origina un aumento significativo en la viscosidad. Sin embargo, después de aplicar la capa delgada, la rigidez aumenta más rápidamente debido a la evaporación del fluidificante.

En la Figura 4 se detalla la aplicabilidad de la mezcla en frío para replanteo de vía, este tipo de mezcla más se la utiliza para la reparación o mantenimiento vial.

Figura 4 Aplicación de Mezcla asfáltica en frío



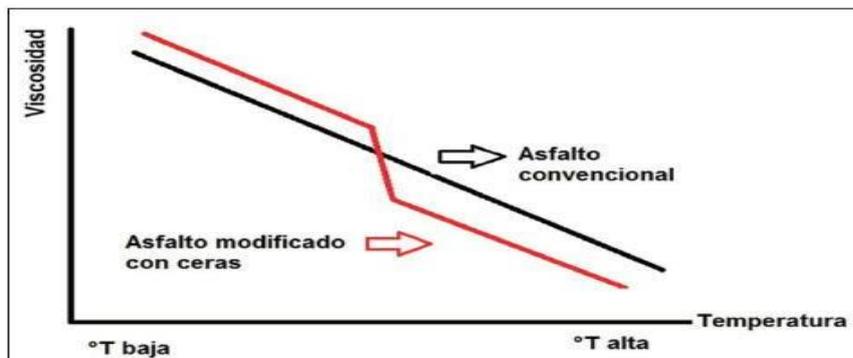
Fuente: Obando et al., (2022)

2.2.7.3 Mezclas asfálticas modificadas

El beneficio de la metodología modificada del asfalto es un aporte significativo en la evolución de las vías, ya que proporciona o renueva sus propiedades viscoelásticas, de tal manera que se desarrolle dentro de las especificaciones que se cumplan en el momento de implementar en obra. Hasta el momento estudios realizados demuestran como las mezclas modificadas pueden aumentar la elasticidad, su viscosidad varia y a su vez facilitan en la desintegración de material que contaminan al medio ambiente.

Las mezclas asfálticas modificadas poseen una gran variedad de propiedades físicas y mecánicas. Mediante una línea guía de investigación se puede detallar las ventajas de dichas mezclas como se observa en la Figura 5, donde se identifica que las propiedades de la mezcla modificada son más propicias que la mezcla convencional.

Figura 5 Línea guía de las propiedades de la mezcla modificadas



Fuente: Paredes et al., (2022)

2.2.8 Polímeros

Las macromoléculas están compuestas por monómeros más pequeños y están unidas por enlaces covalentes. Estas estructuras, compuestas por pequeños átomos de carbono suelen ser un aporte para la viabilidad de la mezcla modificada. Estos compuestos orgánicos son fundamentales en la constitución de materiales plásticos y también constituyen los tejidos presentes de tales materiales. La elaboración de ciertos polímeros se ejecuta mediante procesos técnicos que se lo conoce polimerización, la cual hace referencia a cada uno de los monómeros que forman parte de una cadena macromolecular. Para la elaboración de este tipo de material, se

debe de tener en cuenta gran cantidad de recursos que se los pueda obtener a manera que no contaminen al ambiente

2.2.8.1 Clasificación de los polímeros

Los polímeros tienden a ser muy importantes al ser aplicados a la mezcla asfáltica ya que contienen propiedades físicas y químicas muy importantes. Además, los polímeros se diferencian mediante su clasificación:

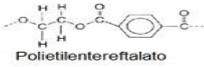
Por su originalidad.

Naturales: son encontrados en lugares naturales o en ocasiones suelen ser producidos por organismos vivos. Son encontrados en las celulosas, proteínas, almidón, polisacáridos, caucho natural, entre otros. Se emplean sin alteraciones en las estructuras.

Sintéticos: los polímeros son macromoléculas creadas por el ser humano y se clasifican principalmente en dos tipos: termoplásticos que son aquellos que se ablandan o se funden cuando son calentados y termoestables, que se descomponen

La clasificación de los polímeros es abundante, sin embargo, en la Figura 6 se detalla los principales polímeros que se los ha utilizado o implementado en las mezclas asfálticas.

Figura 6 Clasificación de polímeros por su origen

| Símbolo | Estructura química | Aplicaciones |
|---|---|---|
|  PET |  Poliétilentereftalato | Botellas de bebidas carbonatadas y agua mineral, bandejas |
|  HDPE |  Poliétileno de alta densidad | Contenedores para jugos, leche y agua, juguetes, botellas de detergente y lavandina |
|  PVC |  Policloruro de vinilo | Botellas de champú, algunas botellas de agua mineral y jugo de limón bolsas |
|  LDPE |  Poliétileno de baja densidad | Bolsas de todo tipo |
|  PP |  Polipropileno | Algunas bolsas, bandejas, vasos, juguetes, botellas, tarros, tapas de botellas |
|  PS |  Poliestireno | Vasos, bandejas, cajas de CD, cubiertos descartables, videocassettes |

Fuente: Reyes et al., (2022)

Según su termo-mecánica las mezclas modificadas presentas sus propiedades tales como:

Termoplásticos: su función radica en que a altas temperaturas pueden ser moldeados sin que sus enlaces se modifiquen, por ello debe ser enfriados y luego reconformado, de esa manera no va a afectar su comportamiento.

Termorrígidos: conocidos también como termoestables, se los obtiene a través de la polimerización o introduciendo enlaces químicos.

Elastómeros: Son materiales como caucho o hule que exhiben diferentes comportamientos térmicos según su estructura molecular, que puede ser lineal o reticulada.

Adhesivos: Estos materiales pueden ser extendidos y tienen alta adherencia superficial, pero no logran mantener una unión interna fuerte.

Recubrimientos de superficie: Similar a los adhesivos, estos materiales pueden pegarse a superficies, pero están diseñados para resistir el desgaste y protegerlas.

Fibras: Son materiales con propiedades físicas y químicas únicas, importantes en aplicaciones como mezclas asfálticas, y se entrelazan para formar estructuras tridimensionales, como prendas textiles.

Las fibras juegan un papel fundamental dentro de las mezclas asfálticas, consideradas como componentes esenciales para que las mezclas asfálticas poseen una mayor estructura en cuanto a sus propiedades. En La Figura 7 se detalla los tipos de fibras que se han aplicado en pavimentos y que han permitido que su evolución sea importante para el desarrollo en la construcción de vías.

Figura 7 Tipos de fibras sintéticas

| Tipo de Fibra | Diámetro equivalente [plg] x 10 ⁻³ | Gravedad específica | Resistencia a tensión [ksi] | Módulo de elasticidad [ksi] | Elongación última [%] | Temperatura de ignición [°F] | Temperatura de fundición, oxidación o descomposición [°F] | Absorción de agua, Método ASTM D 570, [%] |
|-------------------------|---|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|---|---|
| Acrílico | 0.5-4.1 | 1.16-1.18 | 39-145 | 2000-2800 | 7.5-50.0 | - | 430-455 | 1.0-2.5 |
| Aramida I | 0.47 | 1.44 | 425 | 9000 | 4.4 | Alta | 900 | 4.3 |
| Aramida II ¹ | 0.40 | 1.44 | 340 | 17000 | 2.5 | Alta | 900 | 1.2 |
| Carbón ² | 0.30 | 1.6-1.7 | 360-440 | 55100 | 0.5-0.7 | Alta | 752 | - |
| Carbón ³ | 0.35 | 1.6-1.7 | 500-580 | 33400 | 1.0-1.5 | Alta | 752 | - |
| Carbón ⁴ | 0.39-0.51 | 1.6-1.7 | 70-115 | 4000-5000 | 2.0-2.4 | Alta | 752 | 3-7 |
| Carbón ⁵ | 0.35-0.70 | 1.80-2.15 | 220-450 | 22000-70000 | 0.5-1.1 | Alta | 932 | - |
| Nylon | 0.90 | 1.14 | 140 | 750 | 20 | - | 392-430 | 2.8-5.0 |
| Poliéster | 0.78 | 1.34-1.39 | 33-160 | 2500 | 12-150 | 1100 | 495 | 0.4 |
| Poliétileno | 1.0-40.0 | 0.92-0.96 | 11-85 | 725 | 3-80 | - | 273 | - |
| Polipropileno | - | 0.90-0.91 | 20-100 | 500-700 | 15 | 1100 | 330 | - |

¹Módulo alto

²Basado en Poliacrilonitrilo, módulo alto.

³Basado en Poliacrilonitrilo, módulo alto de tensión.

⁴Propósito general.

⁵Alto desempeño.

Equivalentes métricos: 1 plg = 25.4 mm, 1 ksi = 6.895 MPa, (°F - 32)/1.8 = °C

Fuente: Rojas et al., (2019)

2.2.9 Tereftalato de polietileno (PET)

Se considera que el tereftalato de polietileno es un tipo de polímero que se relaciona con el termoplástico, combinación que se origina con el etilenglicol y un ácido conocido como ácido tereftalato ejecutado a través de la polimerización. Por esta razón es importante añadir que se presenta de manera cristalina o en más casos también se lo encuentra en varios colores, esto va a depender de la velocidad que presente al momento que se enfríe.

El plástico PET es muy implementado en varias industrias ya que se lo utiliza para almacenar líquidos dentro de ellas. Además, según estudios realizados el 70% de las fibras son utilizando este material el cual contiene un sinnúmero de propiedades que ayudan de mucho. Otro caso de estudio en donde también es implementado es en la producción de las cuerdas con las que se elabora las llantas, productos textiles y de piel y en producción de alimentos.

Se considera que para la década de los 90 fue el inicio de este material lo que por una parte fue un gran avance, pero también fue un problema para el medio ambiente por su difícil degradación, además se destaca que tiene un peso muy ligero, su utilización integran recipientes para bebidas, cintas magnéticas, y películas fotográficas.

2.2.9.1 Propiedades del PET

Se opone al ataque químico de aceites, ácidos, grasas e hidrocarburos, presenta un grado menor en cuanto a sus solventes en donde se da la presencia de solventes aromáticos, cetonas, entre otros.

- a) Una de sus características que lo hace efectivo es que en términos de resistencia es viables porque su envejecimiento es duradero, ya que a pesar de estar en diferentes cambios no se degrada fácilmente.
- b) Estabilidad térmica con firmeza a temperaturas por debajo de 71°C en estado sólido y hasta 230°C en estado cristalizado.
- c) Alta capacidad como barrera contra gases como CO₂ y O₂.
- d) Su densidad es otro aporte crucial ya que esta entre los 1.33 y 1.37g/cm³ en estado amorfo y cristalino.
- e) Excelente aislamiento térmico con una conductividad de 0.24 W/m x K.
- f) Baja absorción de agua, menos del 0.7% en un día.
- g) Propiedades ópticas destacadas con un índice de refracción de 1.576 y transmisión de luz del 89%.

La densidad, absorción, temperatura, resistencia y la durabilidad son las principales características que se encuentran en los plásticos PET, tal cual como se detalla en la Figura 8 a continuación:

Figura 8 Propiedades del plástico PET

| Propiedades | Tipo de PET | |
|---|-------------|----------------|
| | PET amorfo | PET cristalino |
| Densidad, g/cm ³ | 1.34 | 1.38 |
| Absorción de agua, % | 0.16 | 0.1 |
| Resistencia a la tensión, N/mm ² | 55 | 81 |
| Elongación, punto de ruptura, % | 300 | 70 |
| Resistencia dieléctrica, KV/cm | 450 | 600 |
| Temperatura de deflexión | | |
| 1.86 N/mm ² , °C | 70 | 80 |
| 0.45 N/mm ² , °C | 72 | 115 |

Fuente: Torrez et al., (2023)

2.2.9.2 Ventajas del plástico PET

Según Estrada (2020), en varias investigaciones realizadas nos menciona que cada una de las propiedades del PET tienen muchas ventajas al ser aplicadas en las mezclas. Sus características hacen que sean viables en su transparencia y el brillo que se origina al ser expuestas a trabajos en vías. Es así también productos adecuados para que sirvan de envases para alimentos como bebidas ya que al ser transparentes pueden verse a simple vista el alimento que contiene. Además, resulta ser muy resistente y flexible lo que hace que sea una ventaja más para quien lo utiliza o manipula.

2.2.9.3 Características del PET

El PET (tereftalato de polietileno) es un polímero termoplástico ampliamente utilizado por sus propiedades versátiles y su capacidad de reciclaje. Se destaca por su alta resistencia a impactos, su durabilidad, y su bajo costo de producción, lo que lo hace ideal para una variedad de aplicaciones, desde envases de bebidas hasta fibras textiles. Además, el PET es conocido por su estabilidad dimensional y su resistencia a la humedad, lo que contribuye a su amplia utilización en la industria del embalaje y en productos que requieren resistencia a condiciones ambientales variables. Su capacidad para ser reciclado y reutilizado también lo convierte en una opción más sostenible en comparación con otros plásticos.

2.2.9.4 Fibras plásticas

Las fibras plásticas son filamentos delgados y flexibles hechos de materiales plásticos que se utilizan para reforzar materiales, mejorar su resistencia mecánica y ofrecer características como ligereza, resistencia a la corrosión, flexibilidad y tenacidad.

Las fibras plásticas son importantes en la construcción de pavimentos debido a su capacidad para mejorar el refuerzo estructural, reducir las fisuras por contracción, aumentar la resistencia al desgaste, mejorar la resistencia a la fatiga y promover la sostenibilidad. Los aspectos contribuyen a la construcción de pavimentos más duraderos, seguros y sostenibles.

2.2.9.5 Propiedades de las fibras

Las fibras plásticas tienen como disposiciones características que las hacen más adecuadas para el momento que se deseen aplicar como modificadores. A continuación, se describen características más comunes que suelen presentar las fibras plásticas:

2.2.9.5.1 Resistencia mecánica

Las fibras plásticas tienen una alta resistencia a la tracción, lo que les permite soportar cargas y tensiones sin romperse, característica que las hace ideales para reforzar materiales y mejorar su resistencia estructural.

2.2.9.5.2 Flexibilidad

Las fibras plásticas son flexibles y pueden doblarse o curvarse sin romperse. La flexibilidad les permite adaptarse a diferentes formas y curvaturas, lo que las hace útiles en aplicaciones que requieren materiales flexibles.

2.2.9.5.3 Ligereza

En general, las fibras plásticas son ligeras en comparación con otros materiales. Las hace especialmente útiles en aplicaciones donde se busca reducir el peso de los productos sin sacrificar su resistencia.

2.2.9.5.4 Resistencia a la corrosión

Muchos plásticos tienen una excelente resistencia a la corrosión, lo que los hace adecuados para su uso en ambientes agresivos o en contacto con sustancias químicas. Las fibras plásticas pueden resistir la acción de ácidos, bases y otros productos químicos sin sufrir daños.

2.2.9.5.5 Resistencia química

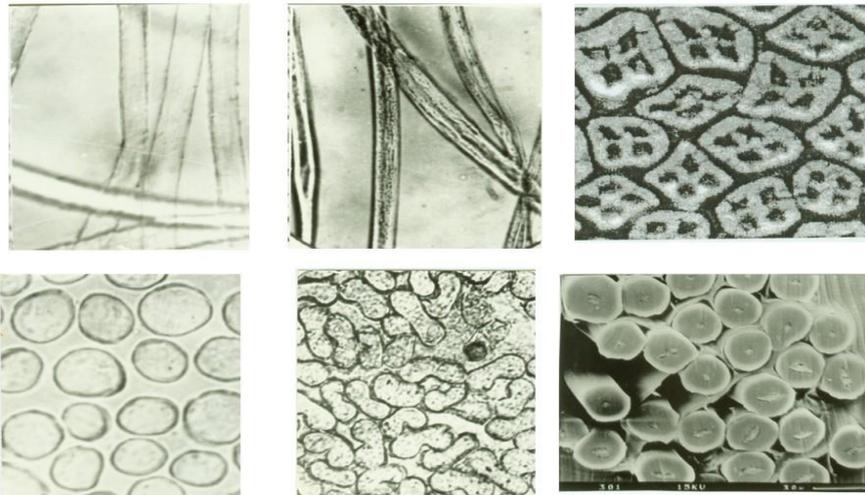
Las fibras plásticas pueden resistir la acción de muchos productos químicos, lo que las hace adecuadas para su uso en aplicaciones que involucran sustancias corrosivas o reactivas.

2.2.9.5.6 Durabilidad

Las fibras plásticas son generalmente duraderas y resistentes al desgaste, lo que les permite mantener sus propiedades mecánicas y estéticas durante un período prolongado de tiempo.

Según Paredes (2020), existen dos tipos de fibras que han sido aplicadas como componentes para modificación de la mezcla asfáltica convencional, las cuales son la plástica ya la fibra metálica. En la Figura 9 se puntualiza los dos tipos de fibras que han sido utilizadas para mejorar las propiedades de las mezclas.

Figura 9 Tipos de fibras



Fuente: Paredes et al., (2020)

2.2.10 Diseño de mezcla asfáltica

El diseño de mezcla asfáltica es un proceso fundamental en la ingeniería civil que busca crear una mezcla de materiales asfálticos que cumpla con los requisitos de resistencia, durabilidad y desempeño para pavimentos. Este proceso incluye la selección y proporción de componentes clave como el agregado mineral y el asfalto, con el objetivo de obtener una mezcla que soporte adecuadamente las cargas de tráfico y las condiciones ambientales. Se utilizan técnicas como el Método de Marshall o el Método Superpave para evaluar y ajustar las propiedades de la mezcla, asegurando que se alcance el equilibrio óptimo entre rigidez y flexibilidad.

El diseño también implica la realización de pruebas en laboratorio para determinar características cruciales, como la densidad, el contenido de vacíos y la

estabilidad de la mezcla. Los resultados obtenidos permiten ajustar las proporciones de los materiales y adaptar el diseño a las especificaciones del proyecto. Un diseño efectivo garantiza que el pavimento resultante tenga una vida útil prolongada y un desempeño adecuado bajo las condiciones esperadas de tráfico y clima.

2.2.11 Método de Marshall

El Método de Marshall es una técnica ampliamente utilizada para evaluar la calidad y la resistencia de mezclas asfálticas en el ámbito de la ingeniería civil. Este método, desarrollado por Bruce Marshall en la década de 1930, se centra en determinar las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas para pavimentos, proporcionando un enfoque sistemático para asegurar la durabilidad y el desempeño adecuado de las mezclas bajo condiciones de carga

Las muestras de mezcla asfáltica se preparan en moldes cilíndricos con un diámetro y altura específicos. Generalmente, la mezcla se compacta a una cantidad determinada de golpes con un compactador Marshall, que imita el proceso de compactación que ocurre en el campo.

El Método de Marshall es una técnica empleada para evaluar las propiedades de las mezclas asfálticas mediante la preparación de muestras compactadas en moldes cilíndricos. En primer lugar, la mezcla asfáltica se compacta con un compactador Marshall a un número específico de golpes, luego se deja enfriar y curar a temperatura controlada. Posteriormente, se realiza una prueba de compresión para medir la resistencia máxima de la mezcla, además de determinar la densidad y los vacíos de aire presentes en la muestra.

Los resultados obtenidos del ensayo permiten evaluar si la mezcla cumple con los requisitos de resistencia y durabilidad necesarios para aplicaciones en pavimentos. Esta información es esencial para asegurar que las mezclas asfálticas sean adecuadas para soportar las cargas de tráfico y las condiciones climáticas, optimizando así el desempeño y la longevidad de los pavimentos construidos.

2.2.12 Fallas de las mezclas asfálticas

Las fallas de las mezclas asfálticas se manifiestan en diversas formas, afectando la durabilidad y el rendimiento de los pavimentos. Entre las fallas más comunes se encuentran la deformación plástica, donde la mezcla se deforma bajo

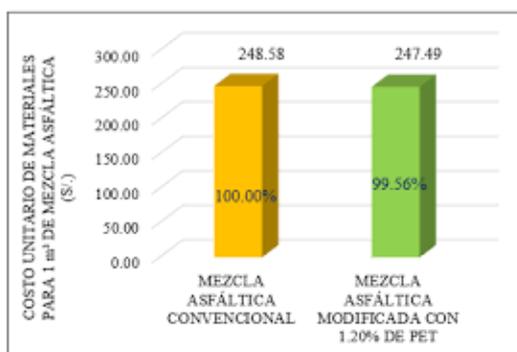
cargas de tráfico repetidas, y el agrietamiento por fatiga, que ocurre debido al ciclo constante de cargas y temperaturas extremas. Estas fallas pueden surgir debido a una mezcla inadecuada, problemas en la compactación, o deficiencias en el diseño que no responden adecuadamente a las condiciones de servicio.

Además, el desprendimiento o delaminación del asfalto, que se presenta cuando el asfalto se separa del agregado, puede ser causado por una adherencia insuficiente o por la presencia de contaminantes. Otro problema relevante es la inestabilidad de la mezcla, que puede conducir a la formación de baches o a una superficie rugosa. Para mitigar estos problemas, es crucial realizar un diseño adecuado de la mezcla, asegurar una correcta aplicación y realizar un mantenimiento regular para detectar y corregir cualquier signo de deterioro antes de que se convierta en un problema significativo.

2.2.13 Costos estimados de la mezcla asfáltica convencional

Las mezclas asfálticas convencionales al igual que cualquier material de construcción, en términos de costos va a depender de la zona en la que se desea aplicar, además de los diferentes factores que se pueden originar en la construcción. No obstante, el precio de sus materiales se los puede detallar mediante análisis de los resultados de las investigaciones ya realizadas como se detalla en la Tabla 5 y Figura 10.

Figura 10 Presupuesto referencial de la mezcla asfáltica modificada



Fuente: Valero et al., (2021)

Tabla 5 Presupuesto referencia de la mezcla asfáltica convencional

| 1. MATERIALES | | | | | |
|---|--------|----------|--|--|--------------|
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total | |
| 19499 Fino cribado | m3 | 0.10 | 13.50 | 1.35 | |
| 19500 Material granular | m3 | 0.10 | 13.50 | 1.35 | |
| 19501 Diesel | gal | 2.94 | 1.03 | 3.03 | |
| 19502 Asfalto AP-3 RC-350 | kg | 10.92 | 0.38 | 4.15 | |
| | | | Total materiales | 9.88 | |
| 2. MANO DE OBRA | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total | |
| 15837 Peón (ESTRUC. OCUP. E2) | Hora | 0.04 | 4.05 | 0.15 | |
| 15868 Maestro de Obra (ESTRUC. OCUP. C2) | Hora | 0.01 | 4.33 | 0.02 | |
| 15871 Operadores Equipo Pesado (ESTRUC. OCUP. C1) | Hora | 0.02 | 4.55 | 0.09 | |
| | | | Total mano de obra | 0.27 | |
| 3. EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS | | | | | |
| Descripción | Unidad | Cantidad | Precio productivo | Costo total | |
| 15876 Cargadora Frontal | Hora | 0.00 | 35.20 | 0.12 | |
| 15881 Rodillo compactador | Hora | 0.00 | 30.00 | 0.10 | |
| 15882 Rodillo vibratorio doble tambor | Hora | 0.00 | 30.00 | 0.10 | |
| 15886 Planta de asfalto | Hora | 0.00 | 88.00 | 0.30 | |
| 18997 Distribuidor de asfalto | Hora | 0.00 | 70.00 | 0.24 | |
| 18998 Terminadora de asfalto | Hora | 0.00 | 52.80 | 0.18 | |
| | | | Herramientas menores % M.O. | 5.00% | 0.01 |
| | | | Total equipo, maquinaria y herramientas | 1.05 | |
| 4. GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS | | | | | |
| 5. UTILIDAD | | | | | |
| 6. IMPUESTOS | | | | | |
| | | | | Total Precio Unitario de Carpeta asfáltica 7.5 cm | 11.20 |

Fuente: Mendoza et al., (2019)

2.3 MARCO LEGAL

Para realizar el proyecto de investigación se consideraron las siguientes leyes, normativas y reglamentos vigentes:

2.3.1 CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto

Legislativo 0 Registro Oficial 449 de 20-oct-2008

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

5. Planificar el desarrollo nacional, erradicar la pobreza, promover el desarrollo sustentable y la redistribución equitativa de los recursos y la riqueza, para acceder al buen vivir (Rodriguez, Quintanilla , & Elizalde , 2022)

Art. 259.- Con la finalidad de precautelar la biodiversidad del ecosistema amazónico, el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas de desarrollo sustentable que, adicionalmente, compensen las inequidades de su desarrollo y consoliden la soberanía. (Rodriguez, Quintanilla , & Elizalde , 2022)

Art. 385.- El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las

culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

1. Generar, adaptar y difundir conocimientos científicos y tecnológicos.
2. Recuperar, fortalecer y potenciar los saberes ancestrales.
3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

2.3.2 Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2260:2019 "Mezclas asfálticas en caliente Requisitos". Esta norma establece los requisitos técnicos y de calidad para las mezclas asfálticas en caliente utilizadas en la construcción y mantenimiento de carreteras en Ecuador (INEN, 2020)

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2261:2019 "Mezclas asfálticas en caliente. Método de ensayo para la determinación de la densidad aparente". Esta norma describe el método de ensayo para determinar la densidad aparente de las mezclas asfálticas en caliente, lo cual es importante para evaluar la calidad y compactación de la mezcla (INEN, 2020)

(Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2262:2019 "Mezclas asfálticas en caliente) Método de ensayo para la determinación del contenido de vacíos". Esta norma establece el método de ensayo para determinar el contenido de vacíos en las mezclas asfálticas en caliente, lo cual es esencial para evaluar la compactación y la resistencia de la mezcla. (INEN, 2020)

(Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2263:2019 "Mezclas asfálticas en caliente.) Método de ensayo para la determinación de la estabilidad y flujo". Esta norma describe el método de ensayo para determinar la estabilidad y flujo de las mezclas asfálticas en caliente, que son parámetros importantes para evaluar la capacidad de resistencia y deformación de la mezcla. (INEN, 2020)

2.3.3 Normativas: Método Marshall (Sociedad Estadounidense para pruebas y materiales) ASTM

Norma ASTM D1559: Standard Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (Método estándar de prueba de resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas utilizando un aparato Marshall). Esta norma de la ASTM International describe el procedimiento para determinar la resistencia a la fluencia plástica de las mezclas bituminosas utilizando el aparato Marshall. (Sociedad Estadounidense , 2019)

Norma AASHTO T245: Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (Método estándar de prueba de resistencia al flujo plástico de mezclas bituminosas utilizando un aparato Marshall). Esta norma de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y de Transporte (AASHTO) es similar a la ASTM D1559 y describe el procedimiento para determinar la resistencia a la fluencia plástica de las mezclas bituminosas utilizando el aparato Marshall. (Sociedad Estadounidense , 2019)

2.3.4 Ley Orgánica de Prevención, Control y Gestión Integral de Residuos

Artículo 1: Establece el objeto y ámbito de aplicación de la ley, que incluye la gestión integral de los residuos, incluyendo los residuos plásticos. (Ley organica de control y gestion de riesgos , 2004)

Artículo 15: Promueve la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos, incluyendo el plástico PET. (Ley organica de control y gestion de riesgos , 2004)

Artículo 19: Establece la responsabilidad de los productores y generadores de residuos en la gestión adecuada de los mismos. (Ley organica de control y gestion de riesgos , 2004)

2.3.5 Acuerdo Interministerial MDT-MAG-MAE-2017-0002

Artículo 3: Establece la obligación de los gobiernos autónomos descentralizados de implementar medidas para la gestión integral de los residuos plásticos, incluyendo el PET. (Maldonado, 2023)

Artículo 4: Fomenta la separación en origen, recolección selectiva y reciclaje de los residuos plásticos, incluyendo el PET. (Maldonado, 2023)

Artículo 7: Establece la responsabilidad extendida del productor, que implica que los fabricantes y distribuidores de productos plásticos asuman la responsabilidad de su gestión adecuada al final de su vida útil. (Maldonado, 2023)

2.3.6 Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2836:2017:

Según León (2020), esta norma establece los requisitos y métodos de ensayo para los envases y embalajes plásticos de PET destinados a estar en contacto con alimentos. Define los criterios de calidad y seguridad que deben cumplir los envases de PET utilizados en la industria alimentaria.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto)

El enfoque dentro de una investigación juega un papel fundamental ya que de él va a depender lo que se plantea realizar dentro del estudio, además nos permite detallar las variables del proyecto. El enfoque que se empleara en la investigación es el enfoque mixto. Este enfoque es una estrategia de investigación que combina tanto lo cualitativo y cuantitativo. Busca aprovechar cada una de las fortalezas para obtener una comprensión más compleja y profunda. Además, nos ayuda a emplear un método combinado que nos permita efectuar un buen análisis técnico y económico de la de la mezcla asfáltica con plástico PET-FIBRA y la mezcla convencional. No obstante, este enfoque nos sirve para abordar preguntas más complejas y obtener una perspectiva más completa.

Se considera que el enfoque es mixto ya que se aplicara pruebas de laboratorio y a su vez se realizara una entrevista a los expertos sobre el tema, con el fin de obtener percepciones y opiniones sobre la industria de la construcción de carreteras. Al realizar el estudio de los datos cuantitativos y cualitativos con respecto a las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla modificada con polímeros que se obtienen por medio de pruebas de laboratorio se podrá generar resultados más contundentes y se puede explorar aspectos tanto objetivos como subjetivos sobre el tema de estudio.

Es importante detallar que la elección de utilizar este tipo de enfoque mixto es para ahondar la información más detallada y con fines que sean de rentabilidad para los conocimientos constructivos relacionados con las mezclas asfálticas aplicadas en vías.

3.2 Alcance de la investigación: Exploratorio, descriptivo o correlacional

El alcance de la investigación es descriptivo y exploratorio. Los análisis tienen como finalidad proporcionar, investigar y explorar el tema para abordar un conocimiento y generar nuevas ideas. Además, se considera que es un alcance

exploratorio y descriptivo ya que se emplea para identificar patrones y establecer una base sólida en la investigación.

El alcance exploratorio se enfoca en cada uno de los resultados numéricos de la evaluación técnica y económica de la mezcla con aditivos reciclados PET- FIBRA y la mezcla convencional, detallando sus propiedades físicas y mecánicas y así mismo su costo de producción. Los resultados obtenidos nos van a otorgar una información detallada para la toma de decisiones futuras que estén relacionadas con la comparativa de las mezclas con y sin aditivos reciclados.

Mientras que el alcance descriptivo permite justificar la necesidad de explorar alternativas sostenibles en la construcción de vías que establezcan objetivos claros y que sean detallados mediante el análisis de las pruebas de laboratorio aplicadas en las mezclas con componentes reciclados. Al emplear esta metodología se describe cada uno de los resultados de manera analítica sobre las ventajas y viabilidad económica de las mezclas para la construcción de vías.

3.3 Técnicas e instrumentos para obtener los datos

Según Cedeño (2019), en estudios previos realizados nos delimita que al momento de realizar este tipo de investigación sus instrumentos y técnicas a emplear para la obtención de datos de cada uno de los procedimientos realizados van a depender de los hechos y la información pertinente que el autor realiza al emplear las pruebas de laboratorios.

3.3.1 Técnicas

Las técnicas aplicadas en las pruebas realizadas en el laboratorio que nos va a permitir ver los efectos que ocasiona la adición del PET- FIBRA en la mezcla asfáltica son los siguientes:

- Análisis Granulométrico
- Ensayo de gravedad
- Ensayos de RICE
- Ensayo De Bulk
- Ensayo Marshall
- Presupuestos

3.3.2 Instrumentos

Los instrumentos que se van a emplear para realizar la investigación son:

- Máquina de estabilidad Marshall
- Obtención de información mediante estudios bibliográficos
- Plantillas de registro exploratorios relacionados con la mezcla

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

Según Hernández et al. (2014), menciona en estudios empleados en siglos anteriores que la población a estudiar se la delimita al conjunto que se está analizando o se desea emplear en el proyecto, además, al delimitarse que la población es un conjunto de elementos que presentan características comunes en diversas situaciones se tiene lo siguiente:

De acuerdo a esto, esta indagación da como resultado que la población será la mezcla asfáltica con agregado de plástico PET- FIBRE para pavimento flexible.

3.4.2 Muestra

El análisis comparativo entre la mezcla de plástico PET-fibra y la mezcla asfáltica convencional muestra diferencias clave en rendimiento técnico y costos. La mezcla PET-fibra mejora la durabilidad y flexibilidad del pavimento, aprovechando un material reciclado, pero puede implicar mayores costos iniciales y desafíos en su integración. En cambio, las mezclas asfálticas convencionales ofrecen un rendimiento probado con costos de producción más bajos y procesos estandarizados, aunque presentan un impacto ambiental significativo por no reutilizar plásticos. La elección entre estos métodos dependerá del balance entre beneficios técnicos, sostenibilidad y costos del proyecto.

CAPÍTULO IV

PROPUESTA O INFORME

4.1 Generalidades

En el presente capítulo se exponen los resultados obtenidos durante el proceso de investigación, seguidos de una discusión que permite interpretar estos hallazgos en el contexto del estudio. Los datos recopilados han sido analizados utilizando métodos estadísticos avanzados y técnicas cualitativas. Los resultados muestran patrones claros que se alinean con las hipótesis planteadas inicialmente, indicando que las intervenciones propuestas tienen un impacto significativo en las variables de interés.

Se destacan las implicaciones prácticas y teóricas de los resultados obtenidos, así como las limitaciones del estudio. La investigación ofrece recomendaciones concretas para la aplicación de las nuevas metodologías en entornos reales, lo que podría conducir a mejoras sustanciales en el área de estudio. No obstante, es fundamental reconocer las limitaciones del estudio, como el tamaño de la muestra y la duración de la intervención, que podrían haber influido en los resultados.

Estas limitaciones proporcionan un marco para futuras investigaciones y sugieren posibles áreas de mejora en el diseño del estudio para obtener conclusiones más robustas y generalizables. Para esto se detalla cada uno de los procesos realizados, como ensayos de briquetas, elaboración de briquetas, ensayos de Marshall, ensayos de granulometría, delimitaciones de viscosidad, entre otros.

4.2 Procedimientos

4.2.1 Descripción del experimento

Las pruebas de laboratorio que se ejecutaron se llevaron a cabo en el laboratorio de Paco Alcoser que se lo denomina como laboratorio de suelos y mezclas asfálticas. En él se da la presencia de equipos e instrumentos que se utilizan para realizar los ensayos específicos. Para este proceso es importante que tenga una amplia experiencia que nos ayude a fomentar los conocimientos y obtener los mejores resultados óptimos en cada uno de los ensayos propuestos.

4.2.2 Materiales a utilizar en la elaboración de las mezclas

4.2.2.1 Recolección de agregados finos y gruesos

Para la elaboración de las mezclas se debe de tener una serie de materiales pétreos, tales como la piedra de $3/8$, $3/4$ y arena, el material de $3/8$ y $3/4$ se lo obtuvo de la cantera que se encuentra ubicada en vía Salitre denominada Inductroc, mientras que la arena se la tomo del Rio Chimbo. Estos productos se los obtuvo desde la cantera, en donde al principio se dio la respectiva producción del material.

En la figura 11 se puede observar la piedra de $3/8$ que se obtuvo desde la cantera, en donde se tomó 1 saco del material para realizar las pruebas de laboratorio.

Figura 11 Planta para la obtención del material



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Además, en la figura 12 se delimita la piedra de $3/4$, la cual también se obtuvo dentro de la cantera después de ser retirada del sitio, en donde una vez que se obtiene el producto es distribuida a varios lugares para la producción de mezclas asfálticas.

Figura 12 Material de $3/4$ de cantera



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Por último, se tiene en cuenta también el material de la arena la cual es obtenida del Rio Chimbo. A continuación, se detalla la figura 13 en donde se tomó la muestra de la arena, teniendo 2 sacos del material para las pruebas correspondientes.

Figura 13 Arena fina

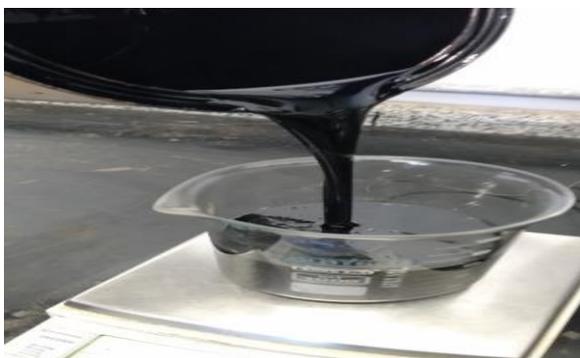


Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.2.2 Cemento asfaltico (AC20)

El cemento asfaltico fue tomado desde las instalaciones de CIA Cartoexport, el cual ya es producido. Además, para los ensayos se tomó una muestra de 2 galones de AC20, en la figura 14 se muestra el material de Ac20 que se utilizó para poder compactar el material pétreo:

Figura 14 Cemento asfaltico



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.2.3 Recolección del Platico PET

Para la obtención del tipo de polímero que se le adiciona a la mezcla denominado plástico PET se llevó a cabo el siguiente proceso:

Se identifico de la mayoría de distribuidores que existen en la ciudad de Guayaquil el más cercano teniendo como propósito delimitar que el producto que se lo puede encontrar fácilmente. El material fue dispuesto por la recolectora Guayaquil ya que esta se encarga de manejarlo en varias cantidades.

Se procede a la limpieza de cada uno de los recipientes teniendo en cuenta que el material que se utiliza es netamente la botella, lo demás que contiene la botella no es utilizado en este proceso. Es importante mencionar que los desechos al ser plásticos también pueden ser recolectados y utilizados.

Una vez que ya están limpias las botellas, en donde no se utiliza ningún tipo de químico para su limpieza se hace el respectivo secado de manera natural. Luego se procede a los respectivos cortes teniendo como resultado el material que se muestra en la figura 15, el tamaño no es relevante ya que al ser expuesta en el material de AC20 este tiende a desintegrarse por su temperatura al momento de ser calentado.

Figura 15 Plástico PET triturado



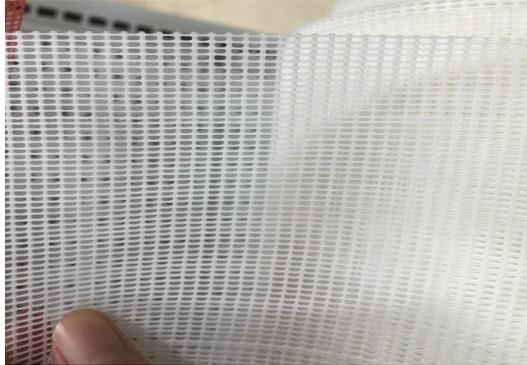
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.2.4 Recolección de la fibra plástica

La fibra plástica al igual que el plástico PET forma parte de la cadena de los polímeros, para la recolección de este material se tuvo como referencia los centros comerciales de la ciudad de Guayaquil, el material se lo encontró en la Ferretería Vanessa al Sur de la ciudad de Guayaquil. Este producto se lo puede encontrar de dos maneras en malla o también diluido. Sin embargo, se tomó como referencia en malla ya que contiene mejores propiedades y se puede compactar de manera más eficiente al resto de materiales. En la figura 16 se puede observar el producto en

forma de malla, el material que se compro fue una cantidad de 3 metros para realizar las pruebas.

Figura 16 Fibra plástica en Malla



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Sin embargo, en la figura 17 se muestra que el producto está en tiritas esto se debe a que se decidió tomar tamaños de fibras pequeñas para que se puedan compactar a la mezcla y ayude con su viscosidad.

Figura 17 Fibra Plástica en retazos



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.3 Equipos, materiales e instrumentos para ensayos en laboratorio

4.2.3.1 Equipos

Los equipos que se utilizaron para realizar el proceso de los ensayos en laboratorio son los siguientes:

- La gramera digital, equipo con el cual se tiene el registro de los pesos de cada material, los porcentajes estaban dados en gr.

- Balanza mecánica: fue utilizada en el proceso cuando se hace el lavado del material y se lo pesa para ver su peso en húmedo
- Cocina: donde se llevó cabo el calentamiento de cada material AC20, piedra de 3/4, 3/8 y arena natural. En la figura 18 se representa, el proceso que se llevó a cabo con el material de la cocina teniendo en cuenta la temperatura de la misma:

Figura 18 Cocina para calentamiento de material



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

- Briquetera: se la utiliza al momento que se desea compactar la mezcla para la elaboración de las briquetas. Se adjunta la figura 19, para muestra del instrumento que se utiliza en el proceso:

Figura 19 Maquina Briquetera en laboratorio



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

- Horno baño María: en la elaboración de las mezclas asfálticas es muy utilizada para encontrar mayores resultados. En la figura 20 se muestra el equipo que se utiliza para este proceso:

Figura 20 Horno Baño María



Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

- Picnómetro de vacíos
- Prensa Marshall: la prensa Marshall es aquella que se utiliza para hacer los respectivos procesos de resistencia, en donde se aplica cada una de las briquetas elaboradas. En la figura 21 se muestra la máquina que se utiliza para ello:

Figura 21 Prensa Marshall



Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

4.2.3.2 Instrumentos utilizados

Para que se dé un buen proceso dentro del laboratorio también es indispensable tener en cuenta los siguientes instrumentos que son de ayuda para seguir con los procesos. A continuación, se detallan los siguientes:

- Bandejas galvanizadas
- Guantes
- Bandejas plásticas

- Brochas
- Cucharón
- Espátulas
- Martillo de compactación Marshall
- Termómetros: utilizados para medir la temperatura que se tenía que tener en cuenta en el proceso de calentamiento del material pétreo. En la figura 22 se muestra imagen referencial del instrumento que se utiliza para tener presente el porcentaje de temperatura:

Figura 22 Termómetro para laboratorio de suelos y asfalto



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

- Molde de briquetas
- Molde de estabilidad Marshall: aquel que nos ayuda a realizar la tarea de compresión de cada una de las briquetas para el ensayo Marshall. Se muestra en la figura 23 el molde de estabilidad Marshall realizando su operación ya en el proceso de ensayo:

Figura 23 Molde de estabilidad Marshall



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

- Probeta de 5000 ml
- Tamices: Utilizados en el proceso de granulometría. En la figura 24 se muestra los tamices utilizados para el proceso granulométrico de cada uno de los materiales

Figura 24 Tamices para procesos de granulometrías



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.1.3.3 Materiales secundarios

Como materiales secundarios se llevó a cabo la utilización de los siguientes materiales. Es importante mencionar que esto se lo utilizo simplemente para la máquina de Marshall, para que pueda hacer su gestión

- Gasolina
- Diesel

4.2.4 Diseños de mezclas asfáltica modificada

Los diseños de mezclas asfálticas modificadas forman parte importante de una cadena que busca fomentar e incrementar los estudios y avances para las construcciones futuras. El diseño de mezcla asfáltica con plástico PET-Fibra, forma parte de esa cadena por ello se plantea el diseño de cada uno de los espesores que se tiene como referencia son aplicados en nuestras localidades. Los espesores que se van a utilizar en este estudio son de 1'', 2'',3'' pulgadas, en el cual se ha implementado sus porcentajes en cuanto a los materiales pétreos y el material que se lo conoce como aditivos mejorados, plástico PET y la fibra plástica. A continuación,

se detalla cada uno de los diseños de mezclas asfálticas modificadas con el material reciclado.

4.2.4.1 Diseño de mezcla asfáltica con plástico PET-Fibra de 1''

El diseño de una mezcla asfáltica con plástico PET-fibra de 1'' es un proceso especializado que busca mejorar las propiedades del asfalto, utilizando materiales reciclados para crear una mezcla más duradera y resistente. El proceso que se llevó a cabo para la elaboración del primer estudio es lo siguiente:

4.2.4.1.1 Preparación del material

Los materiales que se utilizaron para la elaboración del espesor de 1 pulgada son: material asfáltico, agregado (plástico PET, fibra plástica), arena natural y piedra chispa 3/8.

4.2.4.1.2 Análisis de los materiales

Pruebas de Agregados: Determina las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, como la granulometría, la forma y la calidad.

Análisis del PET y fibra plástica: Verifica las características del plástico PET, como la densidad, la forma de las fibras y su compatibilidad con el asfalto.

4.2.4.1.3 Diseño de la mezcla

Para el diseño de la mezcla y para que esta se comporte de manera eficiente ante las pruebas realizadas se debe manejar especificaciones técnicas y tener en cuenta que el material que se utilice se dé una buena cantera. Cada uno de los procesos que se tuvo en cuenta son los siguientes:

Ensayos de granulometría: El ensayo de granulometría es una prueba esencial que permite determinar la distribución del tamaño de las partículas en un agregado. Esta información es crucial para el diseño y la calidad de mezclas asfálticas y de concreto. El ensayo de granulometría se enfoca en el siguiente proceso, el cual debe ser dado de manera exhaustiva con el fin de obtener los mejores resultados, para ello se verifico el proceso por medio de cada uno de los tamices.

El material debe ser pasado por cada uno de los tamices, para corroborar el peso de retenido acumulado, % de retenido y el % que pasa, en la tabla 6 se muestra detalle de los tamices empleados, delimitando los porcentajes del material, en el cual se empleó un total de 2731gr de material de 3/8 que se utilizara para el diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 6 Agregado de 3/8 mezcla modificada

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 132.0 | 5.6 | 94.4 |
| No. 4 | 800.0 | 33.7 | 66.3 |
| No. 8 | 1 300.0 | 54.8 | 45.2 |
| No. 16 | 1 658.0 | 69.9 | 30.1 |
| No. 30 | 1 828.0 | 77.1 | 22.9 |
| No. 50 | 1 992.0 | 84.0 | 16.0 |
| No. 100 | 2 078.0 | 87.6 | 12.4 |
| No. 200 | 2 153.0 | 90.8 | 9.2 |
| Pasa el No. 200 | 218.0 | 9.2 | |
| TOTAL | 2 371.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Una vez que se ha obtenido el primer material se desarrolla el mismo proceso para el segundo material, en este caso se plantea el de la arena natural. En la tabla 7 se muestra el proceso del porcentaje que se retiene en cada tamiz, tanto acumulado como individual y a su vez se detalla la diferencia de las cantidades, el peso retenido que se obtuvo en la arena natural es de 1428gr.

Tabla 7 Arena natural mezcla modificada

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 23.0 | 1.6 | 98.4 |
| No. 4 | 66.0 | 4.6 | 95.4 |
| No. 8 | 166.0 | 11.6 | 88.4 |
| No. 16 | 360.0 | 25.2 | 74.8 |
| No. 30 | 720.0 | 50.4 | 49.6 |
| No. 50 | 1 249.0 | 87.5 | 12.5 |
| No. 100 | 1 377.0 | 96.4 | 3.6 |
| No. 200 | 1 400.0 | 98.0 | 2.0 |
| Pasa el No. 200 | 28.0 | 2.0 | |
| TOTAL | 1 428.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de verificar los gramos que se utilizaron en cada uno de los materiales se emplea el proceso de la graduación de la mezcla en donde ya se estipula los porcentajes para la elaboración de las briquetas a estudiar. Para ello se emplea el siguiente proceso el cual se desarrolla de manera organizada, para el buen funcionamiento de la misma. En la tabla 8 se identifica el porcentaje de cada uno de los retenidos que se mostraron en la tabla 5 y 6 de los materiales de 3/8 y arena natural con cada uno de sus especificaciones deseadas que están dadas por normativa del 2002 de la MOC

Tabla 8 Graduación combinada para mezcla modificada

| Agregado | Cantera | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------------|------------|---------------|--------------|--------------|--------|--------|-------------|---------|-------------|
| | | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/8" | Inductroc | 100 | 94.4 | 66.3 | 45.2 | 30.1 | 22.9 | 16.0 | 12.4 | 9.2 |
| A. Natural | Rio Chimbo | 100 | 98.4 | 95.4 | 88.4 | 74.8 | 49.6 | 12.5 | 3.6 | 2.0 |
| Especificaciones Deseadas 2002 | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Además, en la tabla 9 se representa la graduación de las mezclas asfálticas con sus respectivos porcentajes, donde se tomó como referencia el 77% del 3/8 y el material de arena natural 23%, para esto hay que tener en cuenta las fajas de trabajos que son delimitada por especificaciones técnicas

Tabla 9 Graduación de los materiales

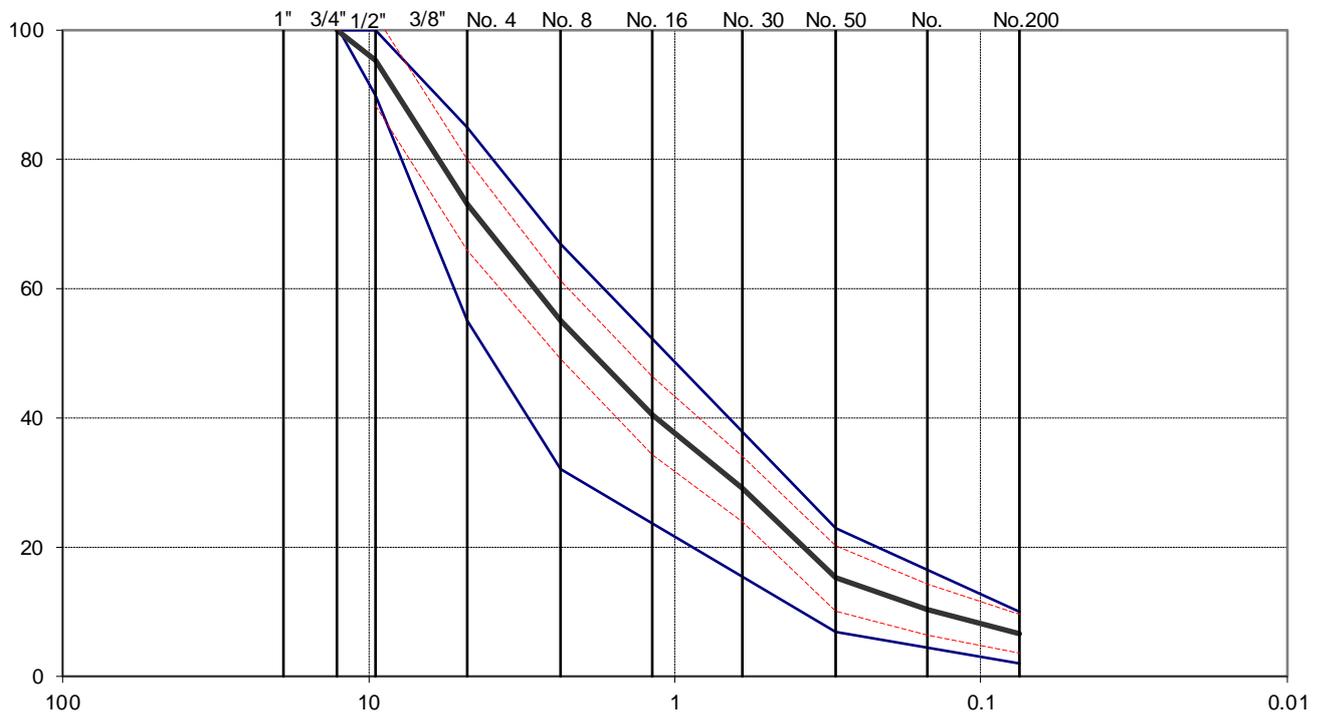
| Agregado | Porcentaje Usado | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/8" | 77% | 77.0 | 72.7 | 51.1 | 34.8 | 23.2 | 17.6 | 12.3 | 9.5 | 7.1 |
| A. Natural | 23% | 23.0 | 22.6 | 21.9 | 20.3 | 17.2 | 11.4 | 2.9 | 0.8 | 0.5 |
| | | 100 | 95.3 | 73.0 | 55.1 | 40.4 | 29.0 | 15.2 | 10.4 | 7.5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23. | | 2-10 |
| | | 100 | 95 | 70 | 50 | | | 15 | | 6 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 102 | 80 | 61 | 46 | 34 | 20 | 14 | 10 |
| | | | 88 | 66 | 49 | 34 | 24 | 10 | 6 | 4 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para finalizar con el ensayo de graduación de los materiales, se gestiona el estudio de la curva granulométrica en donde se representa cada uno de los datos obtenidos en los ensayos de granulometría y graduación de los materiales.

La figura 25 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 25 Curva granulometrica de mezcla asfaltica de espesor 1''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Diseño de briquetas: El diseño y la fabricación de briquetas pueden variar según el tipo de material utilizado y la aplicación final, pero estos pasos generales proporcionan una base sólida para comenzar.

Además, el proceso de elaboración de las briquetas se lo obtiene mediante los valores obtenidos en la graduación de los porcentajes y a su vez aquí ya se utiliza el porcentaje del plástico PET, fibra plástica y el AC20. En las tablas 10, 11, 12, 13 y 14 que se muestran a continuación, se detallan cada uno de los porcentajes para realizar el proceso del diseño de la mezcla. En el cual se desarrolló 5 ensayos variando solo el porcentaje del modificante, en este caso se manifiesta que para el espesor de 1 pulgada se debe tener en cuenta del 5,5% hasta el 7,5% dado por las especificaciones técnicas de la MOC.

Tabla 10 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1'' CON 5,5% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 0.75% | 37.5 | 237.5 |
| FIBRA PLASTICA | 0.75% | 37.5 | 275 |
| PIEDRA 3/8 | 77% | 3638 | 3913 |
| A. NATURAL | 23% | 1087 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 11 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1'' CON 6% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.00% | 50 | 250 |
| FIBRA PLASTICA | 1.00% | 50 | 300 |
| PIEDRA 3/8 | 77% | 3619 | 3919 |
| A. NATURAL | 23% | 1081 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 12 Diseño de briquetas con aditivos +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1'' CON 6,5% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.25% | 62.5 | 262.5 |
| FIBRA PLASTICA | 1.25% | 62.5 | 325 |
| PIEDRA 3/8 | 77% | 3600 | 3925 |
| A. NATURAL | 23% | 1075 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 13 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1'' CON 7% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.50% | 75 | 275 |
| FIBRA PLASTICA | 1.50% | 75 | 350 |
| PIEDRA 3/8 | 77% | 3581 | 3931 |
| A. NATURAL | 23% | 1070 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 14 Diseño de Briquetas con aditivos +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1'' CON 7,5% | | | |
|--|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.75% | 87.5 | 287.5 |
| FIBRA PLASTICA | 1.75% | 87.5 | 375 |
| PIEDRA 3/8 | 77% | 3561 | 3936 |
| A. NATURAL | 23% | 1064 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para la elaboración de las briquetas se utilizó el equipo que se lo conoce como briquetera y sus respectivos moldes. Además, para que la mezcla compacte se realiza 75 golpes de cada lado. Una vez ejecutado el proceso de esta actividad se tiene como resultado 3 briquetas por cada porcentaje para los respectivos estudios de BULK y Marshall. Para cada briqueta se pesó un total de 1200gr de la mezcla ya elaborada con los materiales modificantes. En la figura 26 que se muestra a continuación se demuestra la figura referencial de las briquetas elaboradas en laboratorio:

Figura 26 Briquetas de 1'' mezcla modificada



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Seguido de la elaboración de las briquetas se emplearon los siguientes estudios que tienen que ver con los antecedentes de cada una de las propiedades físicas y químicas que se encontraron en el material. Al ya tener las briquetas se empleó de manera continua el pesaje de cada briqueta como se muestra en la figura 27 para corroboración de los datos obtenido en los porcentajes.

Figura 27 Peso de la briqueta



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego se ejecuta el peso en agua, el cual consiste en ubicar la briqueta sumergida en el mismo para obtener los resultados de sus pesos teniendo variaciones ya que al ser sumergidas en agua su peso es menor. A este proceso que se muestra en la figura 28 se lo conoce como el baño María el cual su temperatura no debe ser mayor a los 60°

Figura 28 Briquetas en baño María



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Una vez que este realizado el proceso de baño María se la seca para poder delimitar el porcentaje que absorbió la briqueta, el cual sería mayor al peso en seco, para luego realizar el ensayo de Marshall. Una vez ejecutado este proceso se lleva a cabo el ensayo de Marshall en donde se estudia cada una de las briquetas y se analiza la resistencia de las mismas. En la tabla 15 se muestra los datos obtenidos en cada ensayo ejecutado.

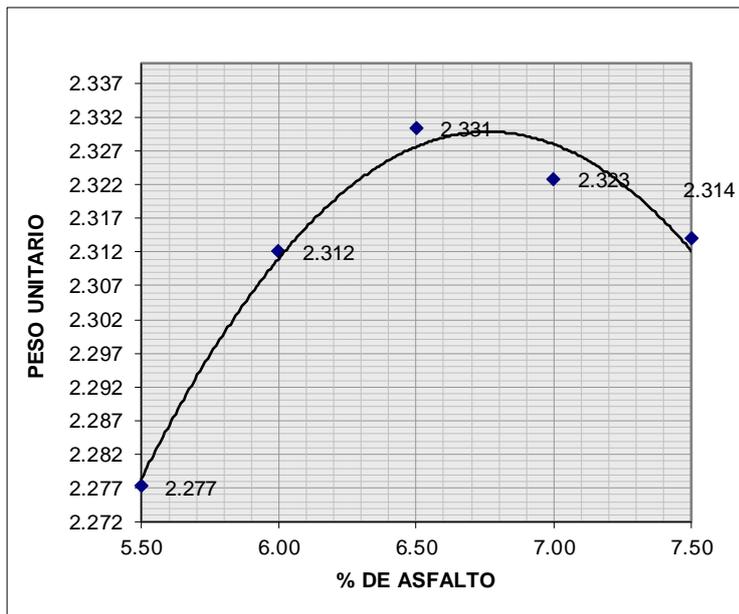
Tabla 15 Datos obtenidos en los ensayos de Marshall

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.01" |
|-----------------|--------------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|--|------------------------------|---|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADO S | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEDIDA | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(i - h)10^4}{i \cdot h(100 - b)}$ | $\frac{(100 - b)g}{G_{agr}}$ | $\left(1 - \frac{g}{i}\right) \times 100$ | $100 - k - l$ | $100 - k$ | $b - \frac{(100 - h)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{n}$ | | | | |
| 1 | | 1 242.0 | 1 246.0 | 700.0 | 546.0 | 2.275 | | | | | | | | | | 0.93 | 2510 | 2 334 | 8 |
| 2 | | 1 232.0 | 1 236.0 | 694.0 | 542.0 | 2.273 | | | | | | | | | | 0.93 | 2500 | 2 325 | 9 |
| 3 | | 1 222.0 | 1 225.0 | 690.0 | 535.0 | 2.284 | | | | | | | | | | 0.96 | 2460 | 2 362 | 8 |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.277 | 2.407 | 2.464 | 1.02 | 82.27 | 7.57 | 10.15 | 17.73 | 4.52 | 57.27 | | | 2 340 | 8 |
| 1 | | 1 216.0 | 1 220.0 | 694.0 | 526.0 | 2.312 | | | | | | | | | | 0.96 | 2572 | 2 469 | 10 |
| 2 | | 1 246.0 | 1 249.0 | 710.0 | 539.0 | 2.312 | | | | | | | | | | 0.93 | 2646 | 2 461 | 10 |
| 3 | | 1 226.0 | 1 230.0 | 700.0 | 530.0 | 2.313 | | | | | | | | | | 0.96 | 2598 | 2 494 | 9 |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.312 | 2.389 | 2.445 | 1.02 | 83.09 | 5.45 | 11.46 | 16.91 | 5.02 | 67.79 | | | 2 475 | 10 |
| 1 | | 1 200.0 | 1 203.0 | 689.0 | 514.0 | 2.335 | | | | | | | | | | 1.00 | 2527 | 2 527 | 11 |
| 2 | | 1 200.0 | 1 204.0 | 690.0 | 514.0 | 2.335 | | | | | | | | | | 1.00 | 3436 | 2 555 | 11 |
| 3 | | 1 196.0 | 1 201.0 | 686.0 | 515.0 | 2.322 | | | | | | | | | | 1.00 | 2321 | 2 521 | 12 |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.331 | 2.372 | 2.427 | 1.02 | 83.30 | 3.98 | 12.71 | 16.70 | 5.52 | 76.15 | | | 2 534 | 11 |
| | | 1 210.0 | 1 212.0 | 691.0 | 521.0 | 2.322 | | | | | | | | | | 1.00 | 2516 | 2 516 | 12 |
| | | 1 239.0 | 1 242.0 | 710.0 | 532.0 | 2.329 | | | | | | | | | | 0.96 | 2612 | 2 508 | 13 |
| | | 1 219.0 | 1 222.0 | 696.0 | 526.0 | 2.317 | | | | | | | | | | 0.96 | 2585 | 2 482 | 13 |
| Promedio | 7.00 | | | | | 2.323 | 2.355 | 2.409 | 1.02 | 82.59 | 3.58 | 13.83 | 17.41 | 6.02 | 79.43 | | | 2 502 | 13 |
| | | 1 240.0 | 1 242.0 | 706.0 | 536.0 | 2.313 | | | | | | | | | | 0.93 | 2536 | 2 358 | 14 |
| | | 1 222.0 | 1 224.0 | 696.0 | 528.0 | 2.314 | | | | | | | | | | 0.96 | 2477 | 2 378 | 14 |
| | | 1 206.0 | 1 209.0 | 688.0 | 521.0 | 2.315 | | | | | | | | | | 1.00 | 2444 | 2 444 | 14 |
| Promedio | 7.50 | | | | | 2.314 | 2.339 | 2.392 | 1.02 | 81.84 | 3.23 | 14.93 | 18.16 | 6.52 | 82.19 | | | 2 393 | 14 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

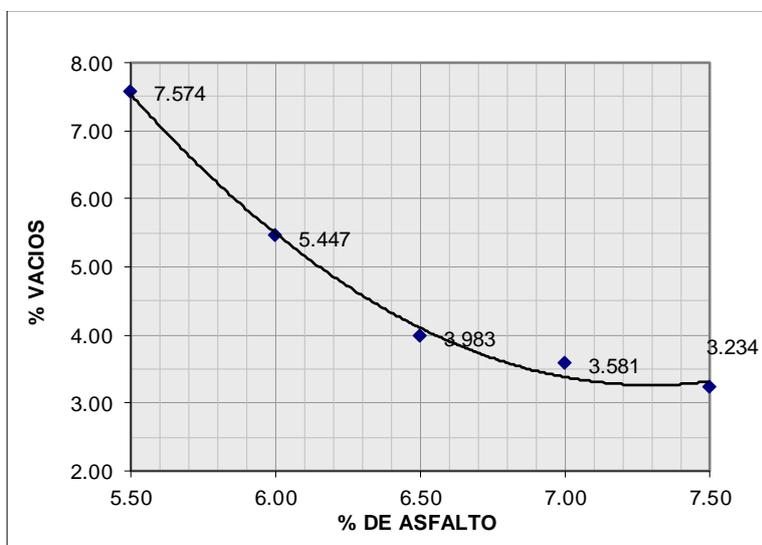
Para culminar con el diseño de la mezcla asfáltica modificada de 1 pulgada se emplea cada una de sus gráficas granulométricas que nos da la referencia de los materiales pétreos utilizados al igual que el flujo que tiene en cada una de las briquetas que se estudiaron. Las figuras 29, 30, 31, 32, 33 y 34 representan las diferentes propiedades que se estudiaron en el laboratorio y denotan los porcentajes que son visibles en las figuras.

Figura 29 Pesos unitarios del asfalto



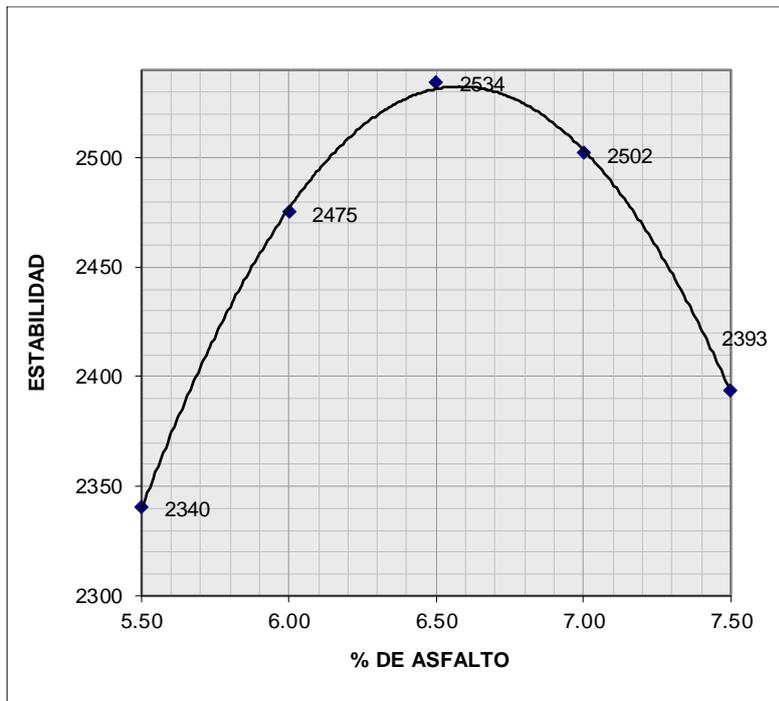
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 30 Porcentajes de vacíos



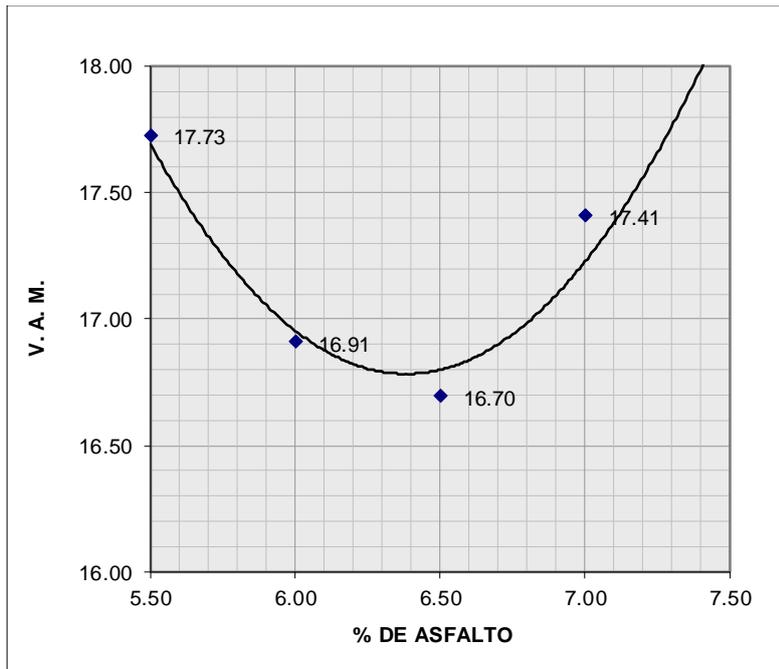
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 31 Estabilidad del asfalto



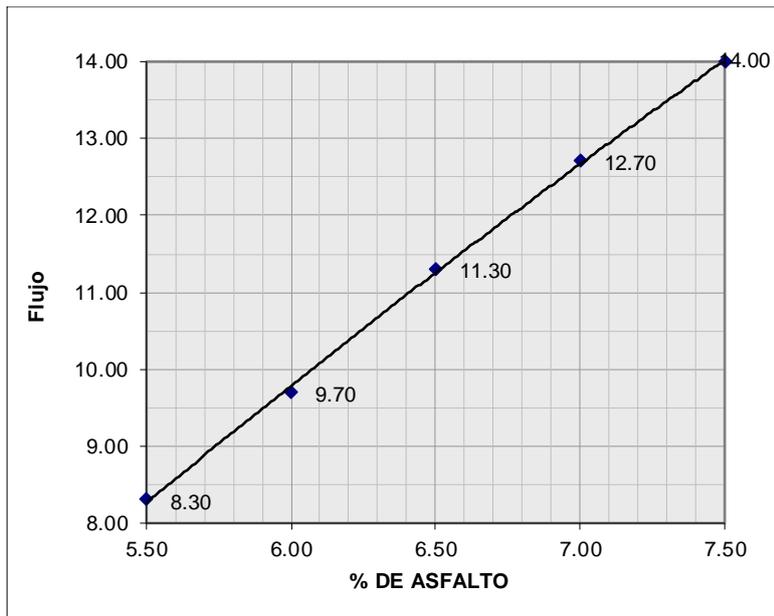
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 32 V.A.M del asfalto



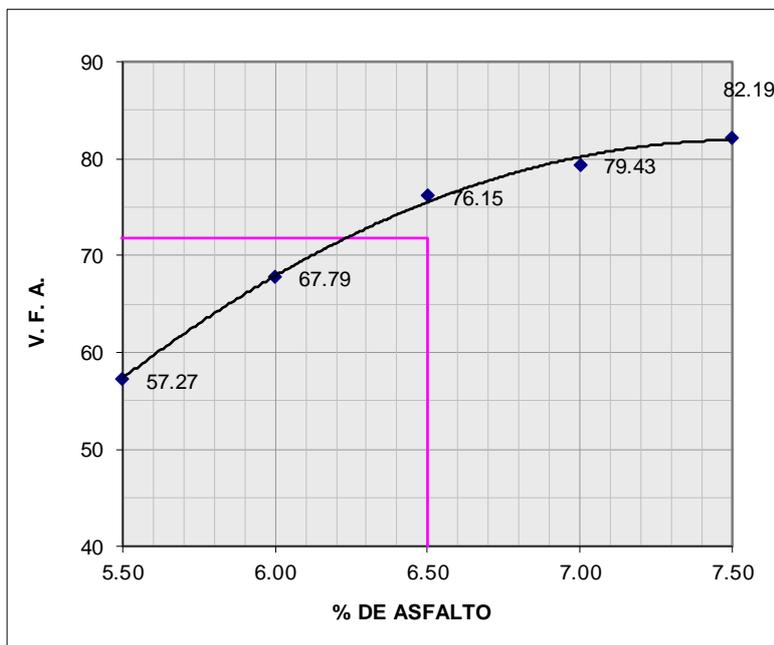
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 33 Flujo del asfalto de 1'' modificada



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 34 V.F.A del asfalto



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.4.2 Diseño de mezcla asfáltica con plástico PET-Fibra de 2''

El diseño de una mezcla asfáltica con plástico PET-fibra de 2'' también se desarrolla como un proceso especializado que busca mejorar las propiedades del asfalto. El proceso que se llevó a cabo para la elaboración del segundo estudio es lo siguiente:

4.2.4.2.1 Preparación del material

Los materiales que se utilizaron para la elaboración del espesor de 2 pulgada son: material asfáltico, agregado (plástico PET, fibra plástica), arena natural, piedra de $\frac{3}{4}$ y piedra $\frac{3}{8}$.

4.2.4.2.2 Diseño de la mezcla

Para el diseño de la mezcla se debe manejar especificaciones técnicas y tener en cuenta que el material que se utilice se extraiga de una buena cantera. Cada uno de los procesos que se tuvo en cuenta son los siguientes:

Ensayos de granulometría: El ensayo de granulometría se enfoca en el siguiente proceso, el cual debe ser dado de manera exhaustiva con el fin de obtener los mejores resultados, para ello se verifico el proceso por medio de cada uno de los tamice.

El material debe ser pasado por cada uno de los tamices, para corroborar el peso de retenido acumulado, % de retenido y el % que pasa. En la tabla 15 se muestra los datos correspondientes a los ensayos de granulometría donde se obtuvo un total de material que se ensaya de 4517gr correspondiente al material de $\frac{3}{4}$.

Una vez que se ha obtenido el primer material se desarrolla el mismo proceso para el segundo material y el tercer material. En la tabla 16, 17 y 18 se muestra el proceso del porcentaje que se retiene en cada tamiz, tanto acumulado como individual y a su vez se detalla la diferencia de las cantidades y de los tamices que se utilizan en cada agregado, el peso retenido que se obtuvo en la arena natural es de 1428gr y el de la piedra de $\frac{3}{8}$ es de 2487gr.

Tabla 16 Material de 3/4 para mezcla modificada

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|--------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4" | 689.0 | 15.3 | 84.7 |
| 1/2" | 2 800.0 | 62.0 | 38.0 |
| 3/8" | 4 006.0 | 88.7 | 11.3 |
| No. 4 | 4 480.0 | 99.2 | 0.8 |
| No. 8 | 37.0 | 0.8 | |
| TOTAL | 4 517.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 17 Material de arena natural para mezcla modificada

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 23.0 | 1.6 | 98.4 |
| No. 4 | 160.0 | 11.2 | 88.8 |
| No. 8 | 300.0 | 21.0 | 79.0 |
| No. 16 | 540.0 | 37.8 | 62.2 |
| No. 30 | 980.0 | 68.6 | 31.4 |
| No. 50 | 1 222.0 | 85.6 | 14.4 |
| No. 100 | 1 366.0 | 95.7 | 4.3 |
| No. 200 | 1 400.0 | 98.0 | 2.0 |
| Pasa el No. 200 | 28.0 | 2.0 | |
| TOTAL | 1 428.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 18 Material de 3/8 para mezcla modificada

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 111.0 | 4.5 | 95.5 |
| No. 4 | 800.0 | 32.2 | 67.8 |
| No. 8 | 1 500.0 | 60.3 | 39.7 |
| No. 16 | 1 888.0 | 75.9 | 24.1 |
| No. 30 | 2 000.0 | 80.4 | 19.6 |
| No. 50 | 2 147.0 | 86.3 | 13.7 |
| No. 100 | 2 184.0 | 87.8 | 12.2 |
| No. 200 | 2 233.0 | 89.8 | 10.2 |
| Pasa el No. 200 | 254.0 | 10.2 | |
| TOTAL | 2 487.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de verificar los gramos que se utilizaron en cada uno de los materiales pétreos se emplea el proceso de la graduación de la mezcla en donde ya se estipula los porcentajes para la elaboración de las briquetas a estudiar. Para ello se emplea el siguiente proceso el cual se desarrolla de manera organizada, para el buen funcionamiento de la misma al igual que el ensayo anterior. En la tabla 19 se identifica el porcentaje de cada uno de los retenidos que se estudian. Además, en la tabla 20 se representa ya la graduación de los materiales con sus respectivos porcentajes los cuales nos serán útiles para aplicarlos en la elaboración de las briquetas.

Tabla 19 Análisis granulométrico de los materiales

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|--------------------------------------|------------|------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|---------|-----------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Piedra 3/4" | Inductroc | 84.7 | 38.0 | 11.3 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Áridos 3/8" | Inductroc | 100 | 100 | 95.5 | 67.8 | 39.7 | 24.1 | 19.6 | 13.7 | 12.2 | 10.2 |
| A. Natural | Rio Chimbo | 100 | 100 | 98.4 | 88.8 | 79.0 | 62.2 | 31.4 | 14.4 | 4.3 | 2.0 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 100 | | 74 | 58 | | | 21 | | 10 |
| | | 95 | 90 | | 44 | 28 | | | 7 | | 2 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

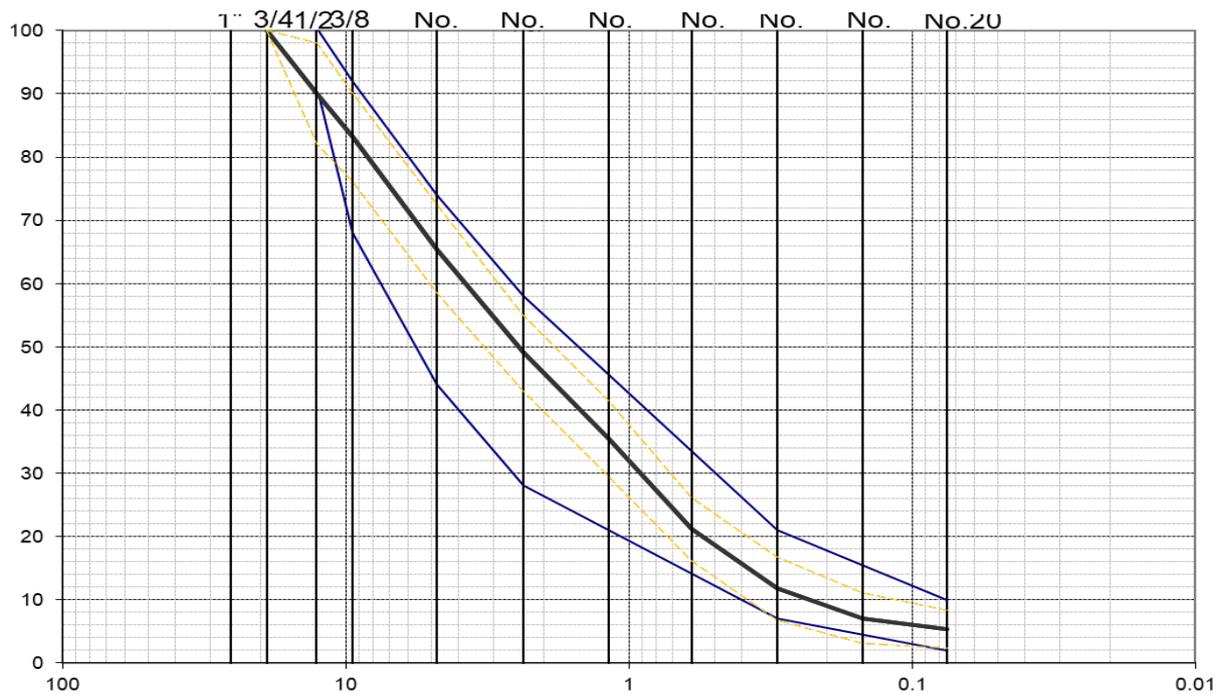
Tabla 20 Graduación de los materiales

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Piedra 3/4" | 16% | 16.0 | 6.1 | 1.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Aridos 3/8" | 44% | 44.0 | 44.0 | 42.0 | 29.8 | 17.5 | 10.6 | 8.6 | 6.0 | 5.4 | 4.5 |
| A. Natural | 40% | 40.0 | 40.0 | 39.4 | 35.5 | 31.6 | 24.9 | 12.6 | 5.8 | 1.7 | 0.8 |
| | | 100 | 90.1 | 83.2 | 65.5 | 49.1 | 35.5 | 21.2 | 11.8 | 7.1 | 5.3 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 100 | | 74 | 58 | | | 21 | | 10 |
| | | 95 | 90 | | 44 | 28 | | | 7 | | 2 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 98 | 90 | 72 | 55 | 41 | 26 | 17 | 11 | 8 |
| | | 92 | 82 | 76 | 58 | 43 | 29 | 16 | 7 | 3 | 2 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para finalizar con el ensayo de graduación de los materiales, se emplea la tabla tal cual como se realizó en el espesor de 1 pulgada. En la figura 35 se muestra la gráfica que nos muestra la curva granulométrica que se obtiene a partir de los porcentajes y materiales pétreos estudiados

Figura 35 Curva granulométrica de 2''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Diseño de briquetas: En las tablas 21,22,23, 24 y 25 que se muestran a continuación, se detallan cada uno de los porcentajes que se toma en cuenta para realizar el proceso del diseño de la mezcla. Así mismo se emplea el desarrollo de 5 ensayos variando solo el porcentaje del modificante, en este caso se manifiesta que para el espesor de 2 pulgada se debe tener en cuenta del 5% hasta en 7% dado por las especificaciones técnicas de la MOC.

Tabla 21 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' CON 5% | | | |
|--|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 0.50% | 25 | 225 |
| FIBRA PLASTICA | 0.50% | 25 | 250 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1900 | 2150 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1615 | 3765 |
| A. NATURAL | 26% | 1235 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 22 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' CON 5,5% | | | |
|--|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 0.75% | 37.5 | 237.5 |
| FIBRA PLASTICA | 0.75% | 37.5 | 275 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1890 | 2165 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1607 | 3772 |
| A. NATURAL | 26% | 1229 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 23 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' CON 6% | | | |
|--|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1% | 50 | 250 |
| FIBRA PLASTICA | 1% | 50 | 300 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1880 | 2180 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1598 | 3778 |
| A. NATURAL | 26% | 1222 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 24 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' CON 6,5% | | | |
|--|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.25% | 62.5 | 262.5 |
| FIBRA PLASTICA | 1.25% | 62.5 | 325 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1870 | 2195 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1590 | 3785 |
| A. NATURAL | 26% | 1216 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 25 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' CON 7% | | | |
|--|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.50% | 75 | 275 |
| FIBRA PLASTICA | 1.50% | 75 | 350 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1860 | 2210 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1581 | 3791 |
| A. NATURAL | 26% | 1209 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

De la misma manera que se desarrolló las briquetas en el ensayo anterior una vez de tener la mezcla, se realiza el mismo proceso en este ensayo, determinando los golpes respectivos que se estima 75 de cada lado. En la figura 36 se emplea la briqueta elaborada:

Figura 36 Briquetas de 2''



Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Al ya tener las briquetas se desarrolla el pesaje de cada briqueta como se muestra en la figura 37 para corroboración de los datos obtenido en los porcentajes de cada briqueta.

Figura 37 Peso de la briqueta



Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Luego se ejecuta el peso en agua, el cual consiste en ubicar la briqueta sumergida ya que al ser sumergidas en agua su peso es menor. A este proceso se lo conoce como el baño María el cual su temperatura no debe ser mayor a los 60° en la figura 38 se muestra a detalle el proceso

Figura 38 Briquetas en baño María



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Una vez que este realizado el proceso de baño María se la seca para poder delimitar el porcentaje que absorbió la briqueta, el cual sería mayor al peso en seco, para luego realizar el ensayo de Marshall. Una vez ejecutado este proceso se lleva a cabo el ensayo de Marshall en donde se estudia cada una de las briquetas y se analiza la resistencia de las mismas. En la tabla 26 se muestra los datos obtenidos en cada ensayo ejecutado.

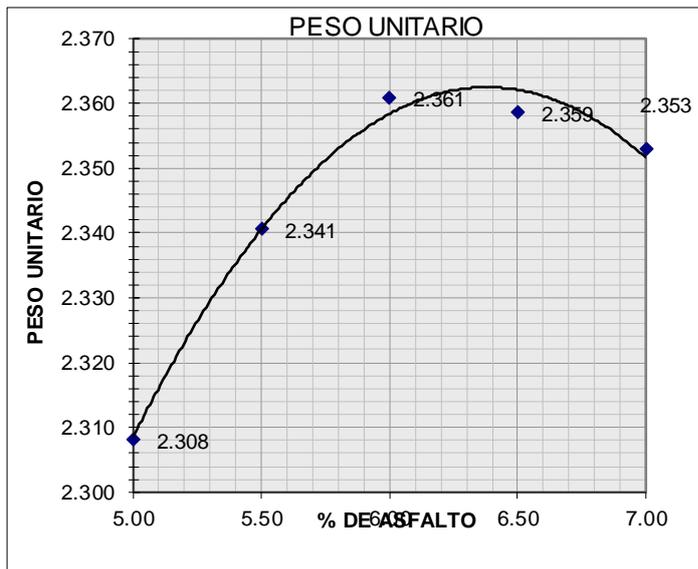
Tabla 26 Tabla 25 Datos obtenidos en los ensayos de Marshall

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORBIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.01" |
|------------|--------------|----------------|------------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|--|------------------------------|---|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADOS | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEDIDA | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(i - h)10^4}{i \cdot h(100 - b)}$ | $\frac{(100 - b)g}{G_{max}}$ | $\left(1 - \frac{e}{i}\right) \times 100$ | $100 - k - l$ | $100 - k$ | $b - \frac{(100 - p)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{n}$ | | | | |
| 1 | | 1 219.0 | 1 222.0 | 694.0 | 528.0 | 2.309 | | | | | | | | | | 0.96 | 2414 | 2 317 | 8 |
| 2 | | 1 222.0 | 1 226.0 | 697.0 | 529.0 | 2.310 | | | | | | | | | | 0.96 | 2398 | 2 302 | 9 |
| 3 | | 1 236.0 | 1 239.0 | 703.0 | 536.0 | 2.306 | | | | | | | | | | 0.93 | 2422 | 2 252 | 8 |
| Promedio | 5.00 | | | | | 2.308 | 2.461 | 2.495 | 0.57 | 82.42 | 7.47 | 10.11 | 17.58 | 4.02 | 57.49 | | | 2 291 | 8 |
| 1 | | 1 202.0 | 1 205.0 | 691.0 | 514.0 | 2.339 | | | | | | | | | | 1.00 | 2462 | 2 462 | 9 |
| 2 | | 1 208.0 | 1 212.0 | 696.0 | 516.0 | 2.341 | | | | | | | | | | 1.00 | 2459 | 2 459 | 10 |
| 3 | | 1 211.0 | 1 215.0 | 698.0 | 517.0 | 2.342 | | | | | | | | | | 1.00 | 2472 | 2 472 | 10 |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.341 | 2.443 | 2.476 | 0.57 | 83.14 | 5.45 | 11.41 | 16.86 | 4.52 | 67.65 | | | 2 464 | 10 |
| 1 | | 1 197.0 | 1 200.0 | 693.0 | 507.0 | 2.361 | | | | | | | | | | 1.04 | 2412 | 2 508 | 12 |
| 2 | | 1 199.0 | 1 203.0 | 695.0 | 508.0 | 2.360 | | | | | | | | | | 1.04 | 2491 | 2 591 | 11 |
| 3 | | 1 199.0 | 1 203.0 | 695.0 | 508.0 | 2.360 | | | | | | | | | | 1.04 | 2455 | 2 553 | 11 |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.361 | 2.425 | 2.457 | 0.57 | 83.42 | 3.91 | 12.67 | 16.58 | 5.02 | 76.44 | | | 2 551 | 11 |
| 1 | | 1 196.0 | 1 199.0 | 692.0 | 507.0 | 2.359 | | | | | | | | | | 1.04 | 2479 | 2 578 | 12 |
| 2 | | 1 215.0 | 1 218.0 | 703.0 | 515.0 | 2.359 | | | | | | | | | | 1.00 | 2547 | 2 547 | 13 |
| 3 | | 1 200.0 | 1 203.0 | 694.0 | 509.0 | 2.358 | | | | | | | | | | 1.00 | 2479 | 2 479 | 13 |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.359 | 2.407 | 2.439 | 0.57 | 82.89 | 3.28 | 13.83 | 17.11 | 5.52 | 80.82 | | | 2 535 | 13 |
| 1 | | 1 215.0 | 1 218.0 | 702.0 | 516.0 | 2.355 | | | | | | | | | | 1.00 | 2498 | 2 498 | 14 |
| 2 | | 1 236.0 | 1 239.0 | 713.0 | 526.0 | 2.350 | | | | | | | | | | 0.96 | 2473 | 2 374 | 14 |
| 3 | | 1 229.0 | 1 232.0 | 710.0 | 522.0 | 2.354 | | | | | | | | | | 1.00 | 2504 | 2 504 | 14 |
| Promedio | 7.00 | | | | | 2.353 | 2.390 | 2.420 | 0.57 | 82.25 | 2.79 | 14.96 | 17.75 | 6.02 | 84.28 | | | 2 459 | 14 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

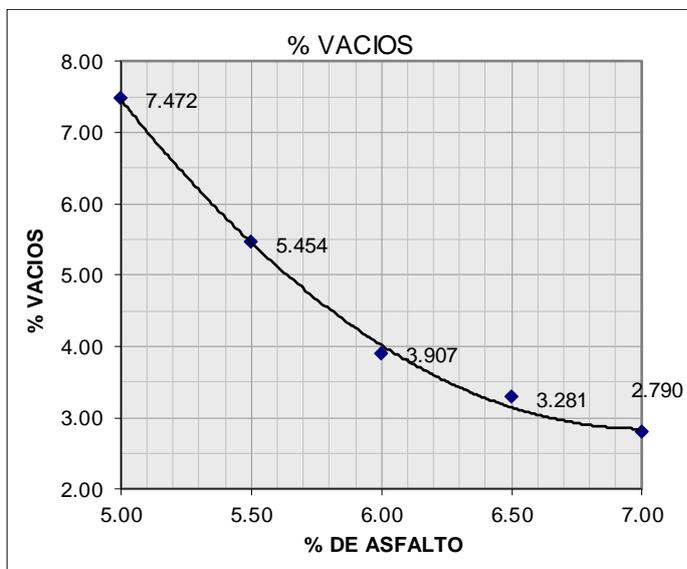
Para culminar con el diseño de la mezcla asfáltica modificada de 1 pulgada se emplea cada una de sus gráficas granulométricas que nos da la referencia de los materiales pétreos utilizados al igual que el fujo que tiene en cada una de las briquetas que se estudiaron. Las figuras 39, 40, 41, 42, 43 y 44 muestran cada una de las características que se emplea estudiar en la mezcla asfáltica modificada tales como su V.A.F., V.A.M, flujo, entre otros.

Figura 39 Peso unitario de la mezcla asfáltica



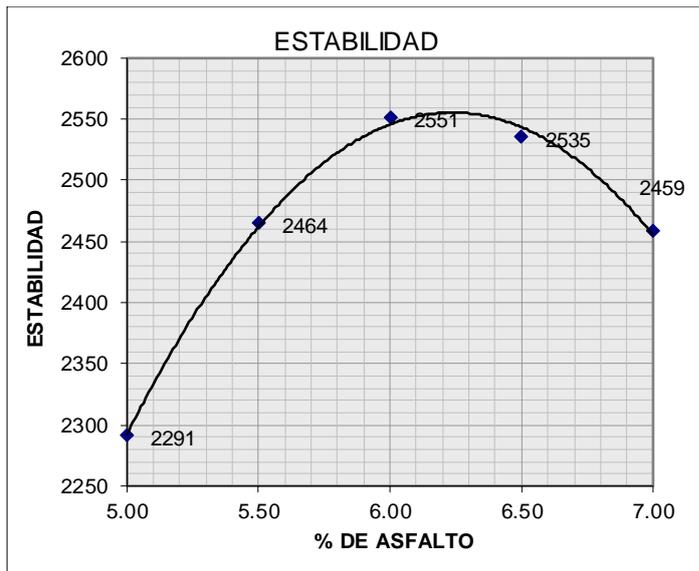
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 40 Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica



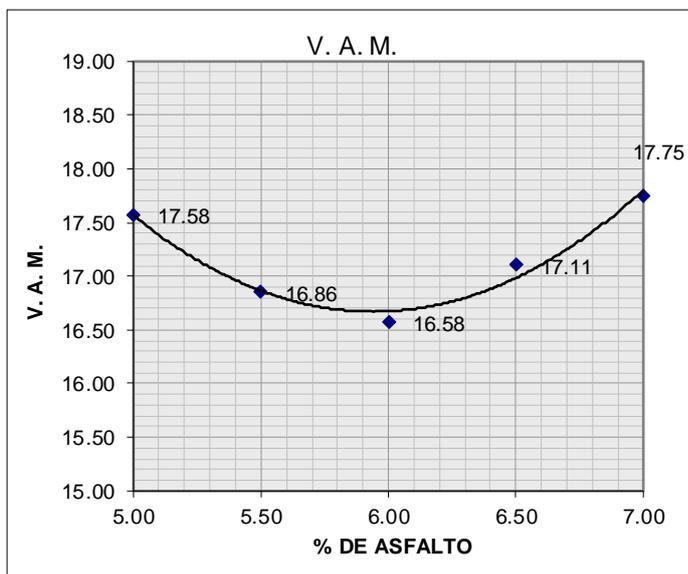
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 41 Estabilidad de la mezcla asfáltica



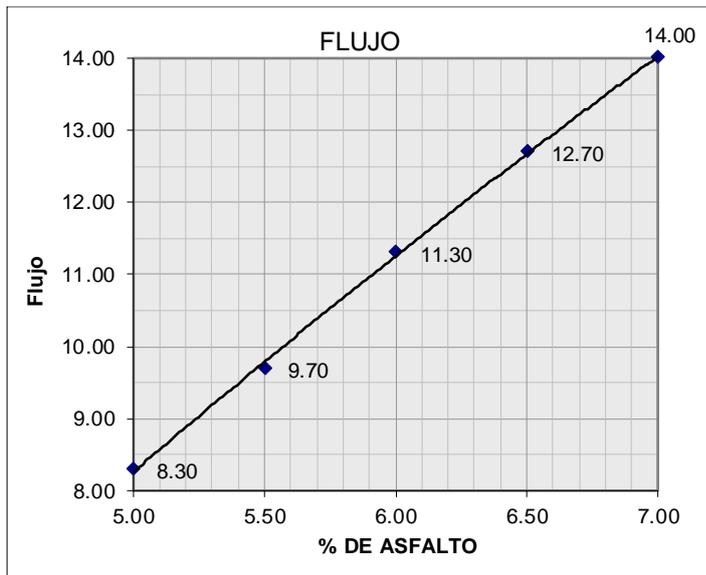
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 42 V.A.M de la mezcla asfáltica



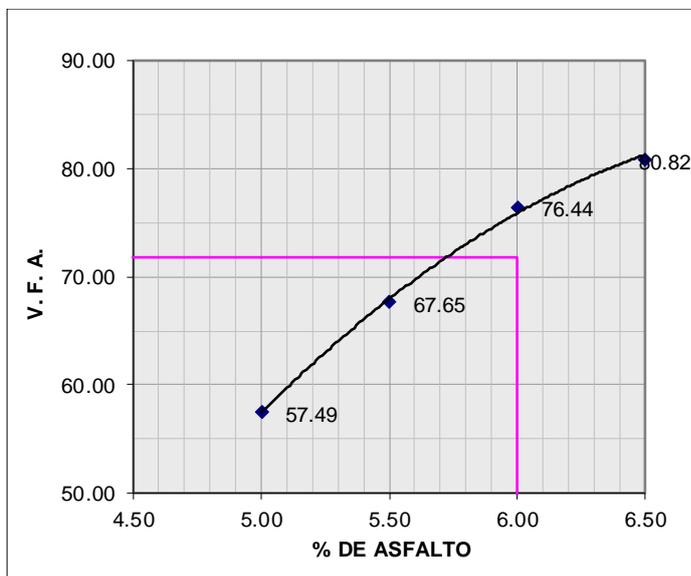
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 43 Flujo de la mezcla asfáltica



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 44 V.F.A de la mezcla asfáltica



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.4.3 Diseño de mezcla asfáltica con plástico PET-Fibra de 3''

El diseño de una mezcla asfáltica con plástico PET-fibra de 3'' es un proceso especializado que busca mejorar las propiedades del asfalto, utilizando materiales reciclados para crear una mezcla más duradera y resistente. El proceso que se llevó a cabo para la elaboración del primer estudio es lo siguiente:

4.2.4.3.1 Preparación del material

Los materiales que se utilizaron para la elaboración del espesor de 3 pulgada son: material asfáltico, agregado (plástico PET, fibra plástica), arena natural, piedra chispa 3/8 y piedra 3/4

4.2.4.3.2 Diseño de la mezcla

Para el diseño de la mezcla se debe manejar especificaciones técnicas y tener en cuenta que el material que se utilice se extraiga de una buena cantera. Cada uno de los procesos que se tuvo en cuenta son los siguientes:

Ensayos de granulometría: El material debe ser pasado por cada uno de los tamices, para corroborar el peso de retenido acumulado, porcentaje de retenido y el porcentaje que pasa, en la tabla 27 se muestra detalle de los tamices empleados, delimitando los porcentajes del material, en el cual se empleó un total de 4510gr de material de 3/4 que se utilizara para el diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 27 Análisis granulométrico del material 3/4

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|---------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 3/4" | 689,0 | 15,3 | 84,7 |
| 1/2" | 2.820,0 | 62,5 | 37,5 |
| 3/8" | 4.166,0 | 92,4 | 7,6 |
| No. 4 | 4.492,0 | 99,6 | 0,4 |
| Pasa el No. 4 | | | |
| No. 8 | 18,0 | 0,4 | |
| TOTAL | 4.510,0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

En la tabla 28 se muestra detalle de los tamices empleados, delimitando los porcentajes del material, en el cual se empleó un total de 2487gr de material de 3/8 que se utilizara para el diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 28 Análisis Granulométrico del material 3/8

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 3/8" | 111,0 | 4,5 | 95,5 |
| No. 4 | 771,0 | 31,0 | 69,0 |
| Pasa el No. 4 | | | |
| No. 8 | 1.247,0 | 50,1 | 49,9 |
| No. 10 | | | |
| No. 16 | 1.747,0 | 70,2 | 29,8 |
| No. 20 | | | |
| No. 30 | 1.900,0 | 76,4 | 23,6 |
| No. 50 | 1.990,0 | 80,0 | 20,0 |
| No. 100 | 2.078,0 | 83,6 | 16,4 |
| No. 200 | 2.153,0 | 86,6 | 13,4 |
| Pasa el No. 200 | 334,0 | 13,4 | |
| TOTAL | 2.487,0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

En la tabla 29 se muestra detalle de los tamices empleados, delimitando los porcentajes del material, en el cual se empleó un total de 1425gr de material de arena que se utilizara para el diseño de la mezcla asfáltica.

Tabla 29 Análisis granulométrico del material de arena natural

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1" | | | 100 |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 1/2" | 8,0 | 0,6 | 99,4 |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 |
| No. 4 | 66,0 | 4,6 | 95,4 |
| No. 8 | 121,0 | 8,5 | 91,5 |
| No. 16 | 304,0 | 21,3 | 78,7 |
| No. 30 | 558,0 | 39,1 | 60,9 |
| No. 50 | 1.249,0 | 87,5 | 12,5 |
| No. 100 | 1.409,0 | 98,7 | 1,3 |
| No. 200 | 1.421,0 | 99,5 | 0,5 |
| Pasa el No. 200 | 7,0 | 0,5 | |
| TOTAL | 1.428,0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de verificar los gramos que se utilizaron en cada uno de los materiales se emplea proceso de la graduación de la mezcla en donde se estipula los porcentajes para la elaboración de las briquetas a estudiar. En la tabla 30 se identifica el porcentaje de cada uno de los retenidos que se mostraron en la tabla 27, 28, y 29 de los materiales de 3/8, 3/4 y arena natural con cada una de sus especificaciones deseadas que están dadas por la normativa 2002

Tabla 30 Análisis granulométrico de los materiales

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|--------------------------------------|---------------|------|--------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|-------------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | Inductroc | 100 | 84.7 | 37.5 | 7.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3/8" | Inductroc | 100 | 100 | 100 | 95.5 | 69.0 | 49.9 | 29.8 | 23.6 | 20.0 | 16.4 | 13.4 |
| A. Natural | Rio chimbo | 100 | 100 | 99.4 | 98.4 | 95.4 | 91.5 | 78.7 | 60.9 | 12.5 | 1.3 | 0.5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | | 56-80 | 35-65 | 23-49 | | | 5-19, | 2-8, | |
| | | 100 | 95 | | 68 | 50 | 36 | | | 14 | 5 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Además, en la tabla 31 se representa la graduación de las mezclas asfálticas con sus respectivos porcentajes, donde se representa que se tomó como referencia el 34% de piedra 3/4, 40% de piedra 3/8 y de arena natural 26%, para esto hay que tener en cuenta las fajas de trabajos que son delimitadas por especificaciones técnicas.

Tabla 31 Graduación de los materiales

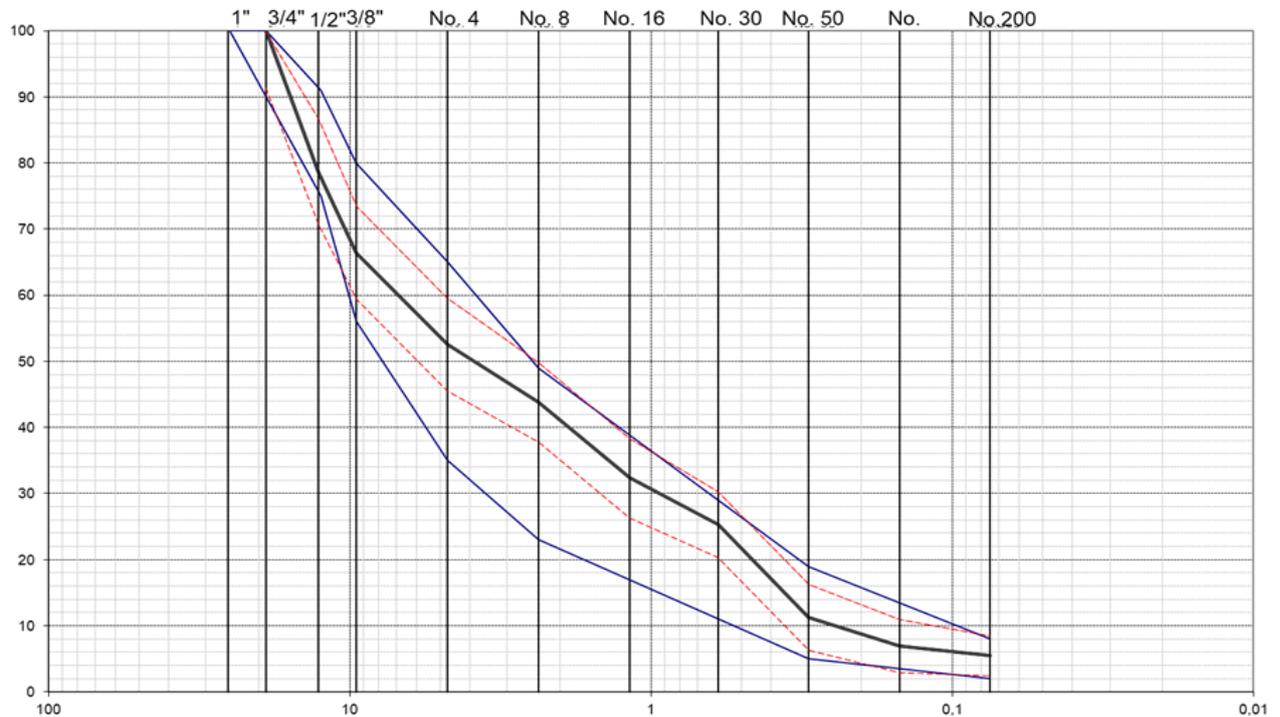
| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|------------|-------------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | 34% | 34,0 | 28,8 | 12,8 | 2,6 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3/8" | 40% | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 38,2 | 27,6 | 20,0 | 11,9 | 9,4 | 8,0 | 6,6 | 5,4 |
| A. Natural | 26% | 26,0 | 26,0 | 25,8 | 25,6 | 24,8 | 23,8 | 20,5 | 15,8 | 3,3 | 0,3 | 0,1 |
| | | 100 | 94,8 | 78,6 | 66,4 | 52,5 | 43,8 | 32,4 | 25,3 | 11,3 | 6,9 | 5,5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | | 56-80 | 35-65 | 23-49 | | | 5-19, | | 2-8, |
| | | 100 | 95 | | 68 | 50 | 36 | | | 14 | | 5 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 100 | 87 | 73 | 60 | 50 | 38 | 30 | 16 | 11 | 8 |
| | | | 87 | 71 | 59 | 46 | 38 | 26 | 20 | 6 | 3 | 2 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para finalizar con el ensayo de graduación de los materiales, por último, se gestiona el estudio de la curva granulométrica en donde se representa cada uno de los datos obtenidos de los ensayos de granulometría y graduación de los materiales.

Esta figura 45 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 45 Curva Granulométrica



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Elaboración de briquetas: El proceso se obtiene mediante datos obtenidos por la graduación de los porcentajes y al mismo tiempo se utilizan en los materiales como los plásticos PET, fibra plástica y el AC20. En las tablas 32, 33, 34, 35, 36 y 37 que se mostraran posteriormente, se detalla los porcentajes con que se toma en cuenta para el diseño de la mezcla. Se realizaron 5 muestras variando solo el porcentaje del aditivo, tomando en cuenta que sería con un espesor 3 pulgadas, se manejó los porcentajes entre 4.5% hasta 6.5% tomando en cuenta las especificaciones técnicas de la MOP.

Tabla 32 Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' CON 4,5% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 0.25% | 12.5 | 212.5 |
| FIBRA PLASTICA | 0.25% | 12.5 | 225 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1910 | 2135 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1624 | 3759 |
| A. NATURAL | 26% | 1242 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 33 Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' CON 5% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 0.50% | 25 | 225 |
| FIBRA PLASTICA | 0.50% | 25 | 250 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1900 | 2150 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1615 | 3765 |
| A. NATURAL | 26% | 1235 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 34 Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' CON 5,5% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 0.75% | 37.5 | 237.5 |
| FIBRA PLASTICA | 0.75% | 37.5 | 275 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1890 | 2165 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1607 | 3772 |
| A. NATURAL | 26% | 1229 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 35 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.0%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' CON 6% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1% | 50 | 250 |
| FIBRA PLASTICA | 1% | 50 | 300 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1880 | 2180 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1598 | 3778 |
| A. NATURAL | 26% | 1222 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 36 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' CON 6,5% | | | |
|---|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 4.0% | 200 | 200 |
| PET | 1.25% | 62.5 | 262.5 |
| FIBRA PLASTICA | 1.25% | 62.5 | 325 |
| PIEDRA 3/8 | 40% | 1870 | 2195 |
| PIEDRA ¾ | 34% | 1590 | 3785 |
| A. NATURAL | 26% | 1216 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para la realizar las briquetas se utilizó el equipo llamado briquetera y con sus respectivos moldes. Para compactar la mezcla se realiza 75 golpes de cada lado del molde y así da como resultado una briqueta, este proceso se repite 3 veces. Seguido, al tener las briquetas se procede al pesaje de las mismas como se observa en la figura 46 para comprobar los datos obtenidos del porcentaje.

Figura 46 Briquetas de 3'' con aditivos



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Seguido de la elaboración de las briquetas se emplearon los siguientes estudios que tienen que ver con los antecedentes de cada una de las propiedades físicas y químicas que se encontraron en el material. Al ya tener las briquetas se empleó hizo el pesaje de cada briqueta como se muestra en la figura 47 para corroboración de los datos obtenido en los porcentajes de cada briqueta.

Figura 47 Peso del material



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

El siguiente paso es sumergir la briqueta en agua para sacar el peso sumergido y así obtenemos un peso menor cuando está en el aire. Luego se procede a llevar la briqueta a baño María este equipo tiene que estar con agua en su interior y tener una temperatura de 60 grados. Se insertas las briquetas cuando cumpla con la temperatura el quipo y se las deja por 30 minutos exactos luego de esto se las retira. A continuación, se las seca y se las vuelve a pesar para verificar cuanto de agua absorbió la briqueta y ya obtenido eso valores, se realiza el ensayo de Marshall. En la tabla 37 se muestra los resultados que se dan a conocer en cada ensayo:

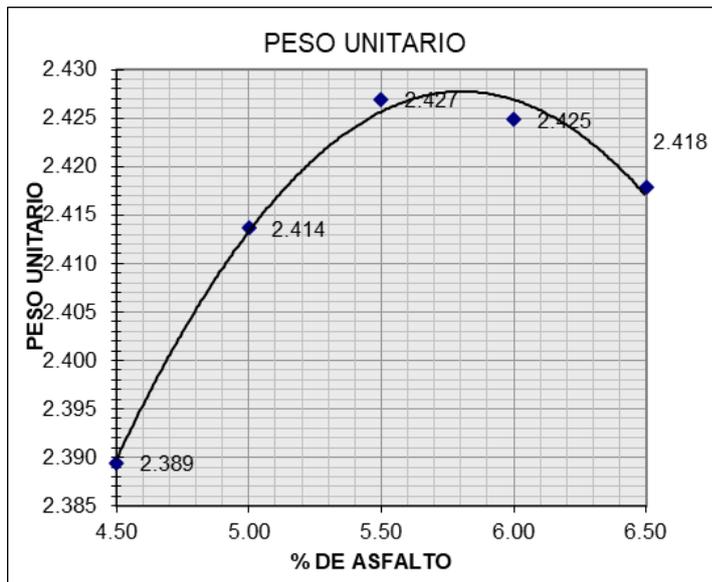
Tabla 37 Fatos obtenidos en los ensayos de Laboratorio

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.01" |
|-----------------|--------------|----------------|------------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|--|------------------------------|---|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADOS | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEDIDA | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(i - h)10^4}{i \cdot h(100 - b)}$ | $\frac{(100 - b)g}{G_{agr}}$ | $\left(1 - \frac{g}{i}\right) \times 100$ | $100 - k - l$ | $100 - k$ | $b - \frac{(100 - h)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{n}$ | | | | |
| 1 | | 1 266.0 | 1 270.0 | 740.0 | 530.0 | 2.389 | | | | | | | | | | 0.96 | 2512 | 2 412 | 9 |
| 2 | | 1 282.0 | 1 286.0 | 749.0 | 537.0 | 2.387 | | | | | | | | | | 0.93 | 2525 | 2 348 | 8 |
| 3 | | 1 244.0 | 1 248.0 | 728.0 | 520.0 | 2.392 | | | | | | | | | | 1.00 | 2502 | 2 502 | 8 |
| Promedio | 4.50 | | | | | 2.389 | 2.538 | 2.566 | 0.45 | 83.57 | 6.87 | 9.56 | 16.43 | 3.53 | 58.20 | | | 2 421 | 8 |
| 1 | | 1 272.0 | 1 275.0 | 748.0 | 527.0 | 2.414 | | | | | | | | | | 0.96 | 2711 | 2 603 | 10 |
| 2 | | 1 288.0 | 1 291.0 | 758.0 | 533.0 | 2.417 | | | | | | | | | | 0.96 | 2713 | 2 604 | 9 |
| 3 | | 1 297.0 | 1 300.0 | 762.0 | 538.0 | 2.411 | | | | | | | | | | 0.93 | 2802 | 2 606 | 10 |
| Promedio | 5.00 | | | | | 2.414 | 2.518 | 2.545 | 0.45 | 83.98 | 5.17 | 10.85 | 16.02 | 4.03 | 67.72 | | | 2 604 | 10 |
| 1 | | 1 204.0 | 1 208.0 | 709.0 | 499.0 | 2.413 | | | | | | | | | | 1.04 | 2555 | 2 657 | 11 |
| 2 | | 1 197.0 | 1 201.0 | 711.0 | 490.0 | 2.443 | | | | | | | | | | 1.09 | 2479 | 2 702 | 11 |
| 3 | | 1 198.0 | 1 202.0 | 708.0 | 494.0 | 2.425 | | | | | | | | | | 1.09 | 2477 | 2 700 | 12 |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.427 | 2.499 | 2.525 | 0.45 | 83.99 | 3.90 | 12.11 | 16.01 | 4.52 | 75.66 | | | 2 686 | 11 |
| 1 | | 1 222.0 | 1 225.0 | 721.0 | 504.0 | 2.425 | | | | | | | | | | 1.04 | 2525 | 2 626 | 13 |
| 2 | | 1 233.0 | 1 236.0 | 728.0 | 508.0 | 2.427 | | | | | | | | | | 1.04 | 2555 | 2 657 | 12 |
| 3 | | 1 255.0 | 1 258.0 | 740.0 | 518.0 | 2.423 | | | | | | | | | | 1.00 | 2600 | 2 600 | 13 |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.425 | 2.479 | 2.506 | 0.45 | 83.48 | 3.22 | 13.30 | 16.52 | 5.02 | 80.49 | | | 2 628 | 13 |
| 1 | | 1 261.0 | 1 263.0 | 741.0 | 522.0 | 2.416 | | | | | | | | | | 1.00 | 2547 | 2 547 | 14 |
| 2 | | 1 274.0 | 1 277.0 | 750.0 | 527.0 | 2.417 | | | | | | | | | | 0.96 | 2545 | 2 443 | 14 |
| 3 | | 1 244.0 | 1 247.0 | 733.0 | 514.0 | 2.420 | | | | | | | | | | 1.00 | 2502 | 2 502 | 14 |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.418 | 2.461 | 2.486 | 0.45 | 82.79 | 2.75 | 14.46 | 17.21 | 5.52 | 84.01 | | | 2 497 | 14 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

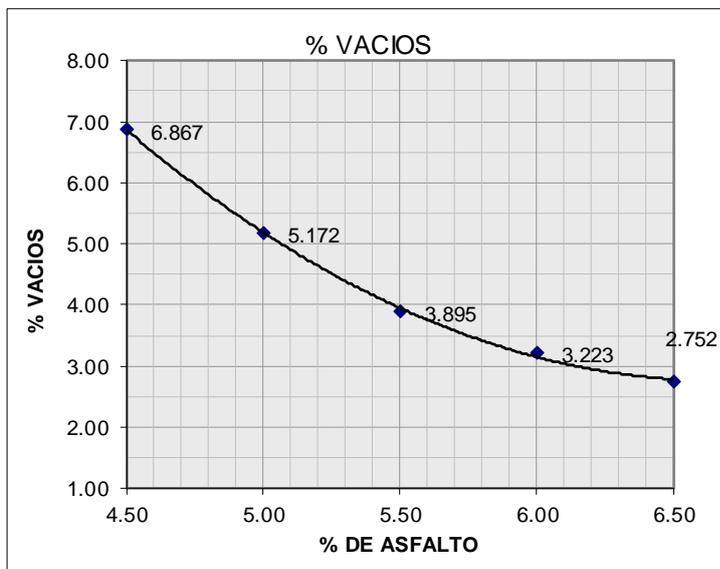
Para culminar con el diseño de la mezcla asfáltica modificada de 3 pulgada se emplea cada una de sus gráficas granulométricas que nos da la referencia de los materiales pétreos utilizados al igual que el fujo que tiene en cada una de las briquetas que se estudiaron. Las figuras 48, 49, 50, 51, 52 y 53 muestran cada una de las características que se emplea estudiar en la mezcla asfáltica modificada tales como su V.A.F., V.A.M, flujo, entre otros.

Figura 48 Peso unitario de las mezclas asfálticas modificada



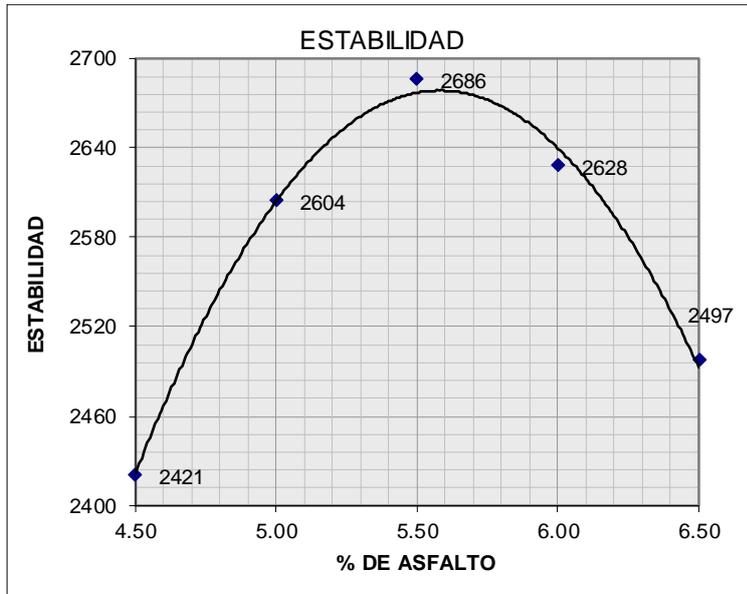
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 49 Porcentaje de vacíos de mezcla asfáltica modificada



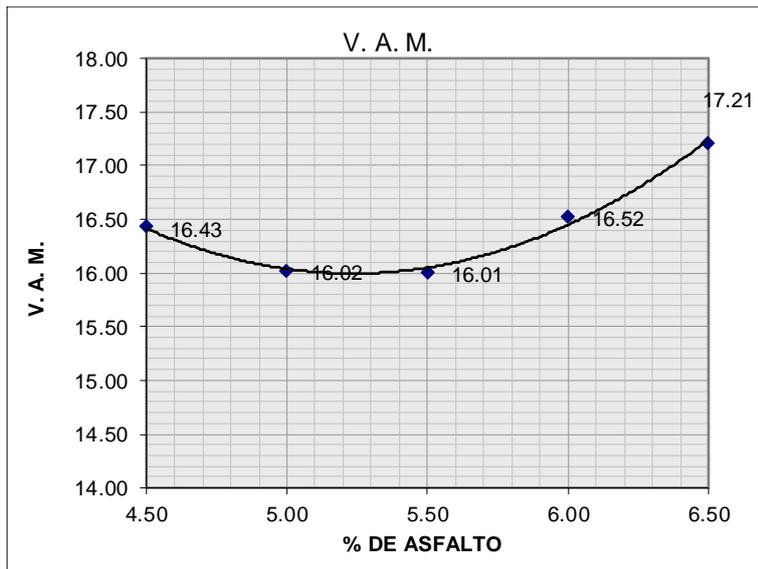
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 50 Estabilidad de mezcla asfáltica modificada



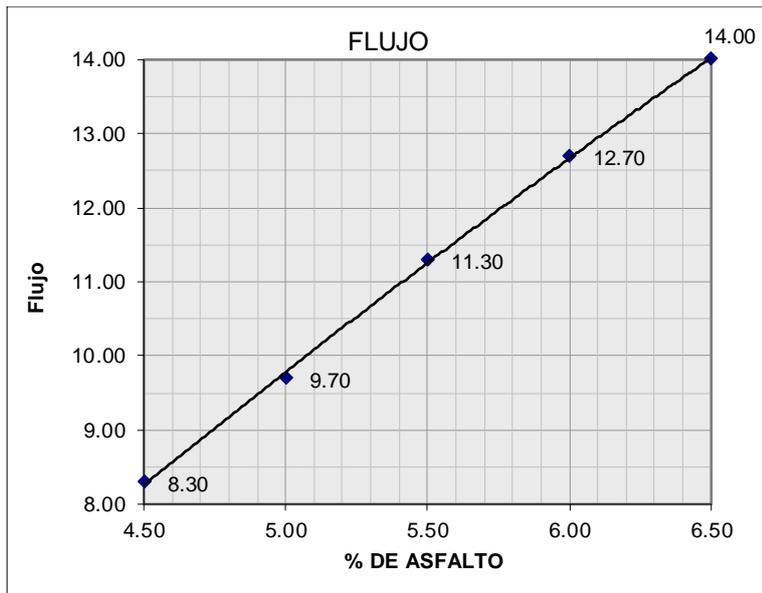
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 51 V.A.M de mezclas asfáltica modificada



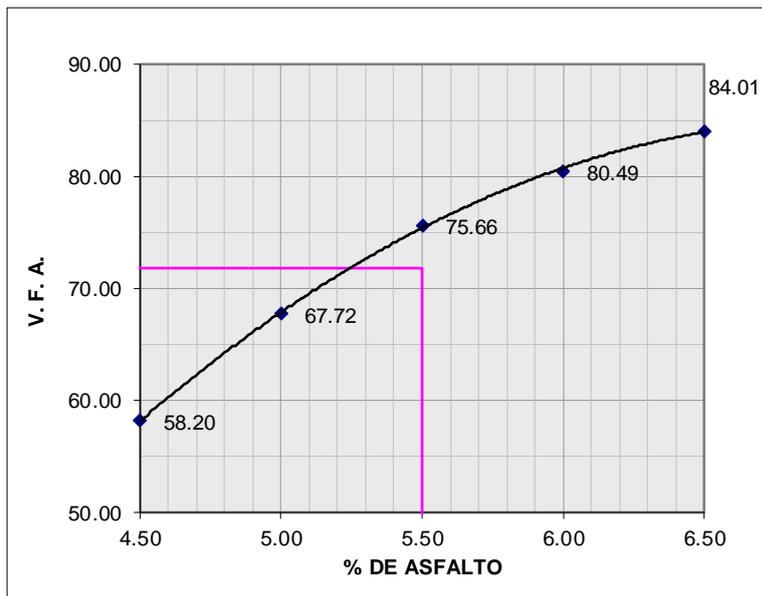
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 52 Flujo de mezcla asfáltica modificada



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 53 V.F.A de mezcla asfáltica modificada



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.4.4 Diseño de mezcla asfáltica convencional de 1''

El diseño de mezcla asfáltica convencional de 1 pulgada se refiere a la creación de una mezcla de asfalto para pavimentos que tiene un espesor total de 1 pulgada. El diseño de mezcla asfáltica implica seleccionar y combinar los componentes adecuados para obtener una mezcla que cumpla con los requisitos técnicos y de rendimiento para la aplicación específica.

Agregados: Incluyen arena y 3/8. Los agregados deben tener las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para proporcionar resistencia y durabilidad. Además, se agrega un ligante viscoso que une los agregados y proporciona cohesión y flexibilidad a la mezcla. El proceso es igual o parecido al que se elaboró en la mezcla asfáltica con los aditivos, la única diferencia es que este varía con respecto a los materiales a utilizar. Aquí solo se daría la presencia de los materiales pétreos y del AC20.

A continuación, se detalla el primer estudio que se realizó que fue el proceso del análisis granulométrico que serían los mismos datos del material estudiado. En las tablas 38 y 39 se detalla el análisis de los 2 materiales utilizados en el diseño de 1 pulgadas.

Tabla 38 Análisis granulométrico de 3/8

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 3/8" | 132,0 | 5,6 | 94,4 |
| No. 4 | 800,0 | 33,7 | 66,3 |
| No. 8 | 1.300,0 | 54,8 | 45,2 |
| No. 16 | 1.658,0 | 69,9 | 30,1 |
| No. 20 | | | |
| No. 30 | 1.828,0 | 77,1 | 22,9 |
| No. 50 | 1.992,0 | 84,0 | 16,0 |
| No. 100 | 2.078,0 | 87,6 | 12,4 |
| No. 200 | 2.153,0 | 90,8 | 9,2 |
| Pasa el No. 200 | 218,0 | 9,2 | |
| TOTAL | 2.371,0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 39 Análisis Granulométrico de arena natural

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 |
| No. 4 | 66,0 | 4,6 | 95,4 |
| No. 8 | 166,0 | 11,6 | 88,4 |
| No. 16 | 360,0 | 25,2 | 74,8 |
| No. 30 | 720,0 | 50,4 | 49,6 |
| No. 50 | 1.249,0 | 87,5 | 12,5 |
| No. 100 | 1.377,0 | 96,4 | 3,6 |
| No. 200 | 1.400,0 | 98,0 | 2,0 |
| Pasa el No. 200 | 28,0 | 2,0 | |
| TOTAL | 1.428,0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de tener cada una de los análisis granulométricos de cada material se realiza la graduación de la misma manera que se ensayó en la mezcla con aditivos. En las tablas 40 y 41 se detallan los datos que se tomó de referencia para la elaboración de las briquetas:

Tabla 40 Graduación de los materiales para 1''

| Agregado | Cantera | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
|---------------------------------------|------------|------------|---------------|--------------|--------------|--------|--------|-------------|---------|-------------|
| | | 3/8" | Inductroc | 100 | 94,4 | 66,3 | 45,2 | 30,1 | 22,9 | 16,0 | 12,4 | 9,2 |
| A. Natural | Rio Chimbo | 100 | 98,4 | 95,4 | 88,4 | 74,8 | 49,6 | 12,5 | 3,6 | 2,0 |
| Especificaciones Deseadas 2002 | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

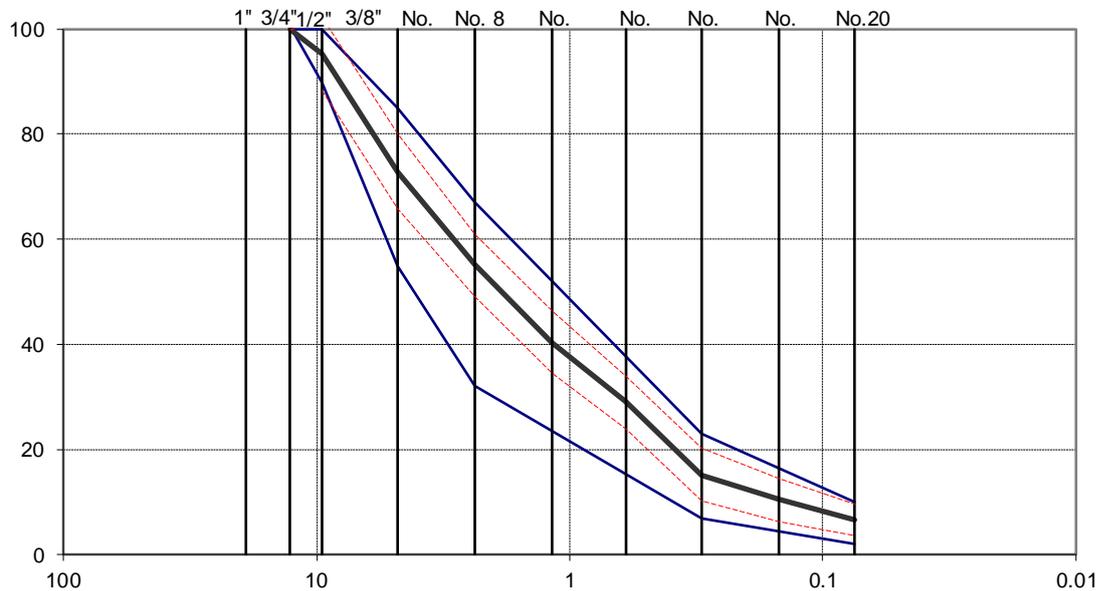
Tabla 41 Graduación combinada para mezclas de pruebas

| Agregado | Porcentaje Usado | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
|----------------------------------|------------------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 3/8" | 77% | 77,0 | 72,7 | 51,1 | 34,8 | 23,2 | 17,6 | 12,3 | 9,5 | 7,1 |
| A. Natural | 23% | 23,0 | 22,6 | 21,9 | 20,3 | 17,2 | 11,4 | 2,9 | 0,8 | 0,5 |
| | | 100 | 95,3 | 73,0 | 55,1 | 40,4 | 29,0 | 15,2 | 10,4 | 7,5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |
| | | 100 | 95 | 70 | 50 | | | 15 | | 6 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 102 | 80 | 61 | 46 | 34 | 20 | 14 | 10 |
| | | | 88 | 66 | 49 | 34 | 24 | 10 | 6 | 4 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para finalizar con el ensayo de graduación de los materiales, por último, se gestiona el estudio de la curva granulométrica en donde se representa cada uno de los datos obtenidos de los ensayos de granulometría y graduación de los materiales. Esta figura 54 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 54 Curva Granulométrica de asfalto convencional de 1''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de tener los datos de la graduación de los materiales con ella, se emplea el material que se desea utilizar teniendo en cuenta que solo se toma en cuenta el porcentaje de los materiales y el porcentaje del AC2, que en ese caso se va a aplicar los porcentajes que se detalló con el plástico PET y la fibra plástica al realizar el ensayo de 1 pulgadas. En la tabla 42, 43, 44, 45 y 46 se muestran los resultados de los porcentajes a utilizar.

Tabla 42 Diseño de Briquetas con AC20 de 5.5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3/8 | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 5.5 | 275 | 275 |
| PIEDRA 3/8 | 77 | 3638 | 3913 |
| A. NATURAL | 23 | 1087 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 43 Diseño de Briquetas con AC20 de 6%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3/8 | | | |
|--|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 6 | 300 | 300 |
| PIEDRA 3/8 | 77 | 3619 | 3919 |
| A. NATURAL | 23 | 1081 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Tabla 44 Diseño de Briquetas con AC20 de 6.5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3/8 | | | |
|--|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 6.5 | 325 | 325 |
| PIEDRA 3/8 | 77 | 3600 | 3925 |
| A. NATURAL | 23 | 1075 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Tabla 45 Diseño de Briquetas con AC20 de 7%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3/8 | | | |
|--|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 7 | 350 | 350 |
| PIEDRA 3/8 | 77 | 3581 | 3931 |
| A. NATURAL | 23 | 1070 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Tabla 46 Diseño de Briquetas con AC20 de 7.5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3/8 | | | |
|--|-------------------|----------------------|---------------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 7.5 | 375 | 375 |
| PIEDRA 3/8 | 77 | 3561 | 3936 |
| A. NATURAL | 23 | 1064 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Luego de realizar las briquetas se tiene que emplear el pesaje de las briquetas en seco y sumergido, para obtener los resultados correspondientes. Una vez de realizar ese estudio se desarrolla el ensayo de Marshal, donde se representa la tabla 47, esta nos detalla cada uno de los pesos y datos obtenidos en el ensayo ya antes mencionado.

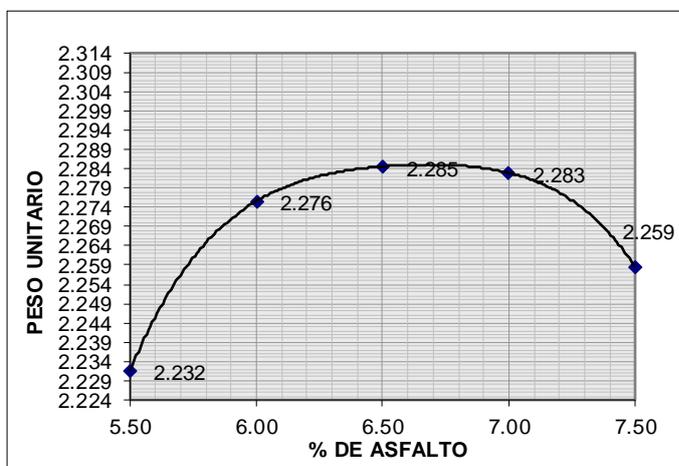
Tabla 47 Datos de los estudios de Marshall

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.01" |
|------------|--------------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|--|------------------------------|---|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|-------------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADO | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEDIDA | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(i - h)10^4}{i \cdot h(100 - b)}$ | $\frac{(100 - b)g}{G_{app}}$ | $\left(1 - \frac{g}{i}\right) \times 100$ | $100 - k - l$ | $100 - k$ | $b - \frac{(100 - h)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{n}$ | | | | |
| 1 | | 1,270.0 | 1,273.0 | 700.0 | 573.0 | 2,216 | | | | | | | | | | 0,86 | 2510 | 2,159 | 8 |
| 2 | | 1,252.0 | 1,255.0 | 694.0 | 561.0 | 2,232 | | | | | | | | | | 0,86 | 2500 | 2,150 | 9 |
| 3 | | 1,236.0 | 1,240.0 | 690.0 | 550.0 | 2,247 | | | | | | | | | | 0,89 | 2460 | 2,189 | 8 |
| Promedio | 5,50 | | | | | 2,232 | 2,407 | 2,464 | 1,02 | 80,63 | 9,42 | 9,95 | 19,37 | 4,52 | 51,37 | | | 2,166 | 8 |
| 1 | | 1,250.0 | 1,253.0 | 695.0 | 558.0 | 2,240 | | | | | | | | | | 0,89 | 2572 | 2,289 | 10 |
| 2 | | 1,246.0 | 1,248.0 | 704.0 | 544.0 | 2,290 | | | | | | | | | | 0,93 | 2646 | 2,461 | 10 |
| 3 | | 1,240.0 | 1,242.0 | 702.0 | 540.0 | 2,296 | | | | | | | | | | 0,93 | 2598 | 2,416 | 9 |
| Promedio | 6,00 | | | | | 2,276 | 2,389 | 2,445 | 1,02 | 81,78 | 6,94 | 11,28 | 18,22 | 5,02 | 61,90 | | | 2,389 | 10 |
| 1 | | 1,203.0 | 1,206.0 | 682.0 | 524.0 | 2,296 | | | | | | | | | | 0,96 | 2527 | 2,426 | 11 |
| 2 | | 1,250.0 | 1,253.0 | 695.0 | 558.0 | 2,240 | | | | | | | | | | 0,89 | 3436 | 2,555 | 11 |
| 3 | | 1,196.0 | 1,201.0 | 685.0 | 516.0 | 2,318 | | | | | | | | | | 1,00 | 2321 | 2,521 | 12 |
| Promedio | 6,50 | | | | | 2,285 | 2,372 | 2,427 | 1,02 | 81,66 | 5,88 | 12,46 | 18,34 | 5,52 | 67,96 | | | 2,501 | 11 |
| | | 1,243.0 | 1,246.0 | 691.0 | 555.0 | 2,240 | | | | | | | | | | 0,89 | 2516 | 2,239 | 12 |
| | | 1,239.0 | 1,242.0 | 710.0 | 532.0 | 2,329 | | | | | | | | | | 0,96 | 2612 | 2,508 | 13 |
| | | 1,229.0 | 1,235.0 | 696.0 | 539.0 | 2,280 | | | | | | | | | | 0,93 | 2585 | 2,404 | 13 |
| Promedio | 7,00 | | | | | 2,283 | 2,355 | 2,409 | 1,02 | 81,17 | 5,24 | 13,59 | 18,83 | 6,02 | 72,16 | | | 2,384 | 13 |
| | | 1,240.0 | 1,243.0 | 698.0 | 545.0 | 2,275 | | | | | | | | | | 0,93 | 2536 | 2,358 | 14 |
| | | 1,232.0 | 1,235.0 | 695.0 | 540.0 | 2,281 | | | | | | | | | | 0,93 | 2477 | 2,304 | 14 |
| | | 1,236.0 | 1,239.0 | 682.0 | 557.0 | 2,219 | | | | | | | | | | 0,89 | 2444 | 2,175 | 14 |
| Promedio | 7,50 | | | | | 2,259 | 2,339 | 2,392 | 1,02 | 79,87 | 5,56 | 14,57 | 20,13 | 6,52 | 72,38 | | | 2,279 | 14 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

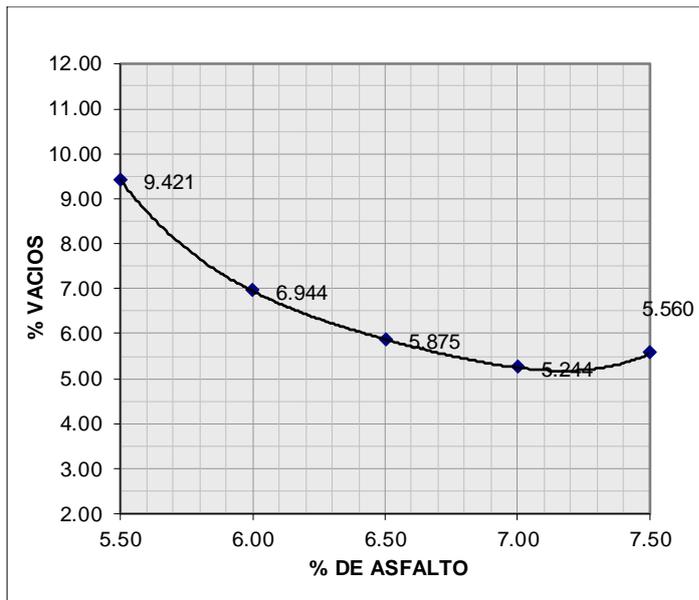
Para terminar con el ensayo de material convencional de 1'' se concluye con cada una de las gráficas donde se permite visibilizar las variaciones que se tiene al utilizar variaciones en los porcentajes. En las figuras 55, 56, 57, 58, 59 y 60 se muestra a detalle los valores que se obtuvo en el ensayo de Marshall, peso en aire, en seco, baño María, entre otros.

Figura 55 Pesos unitarios de mezcla asfáltica convencional 1''



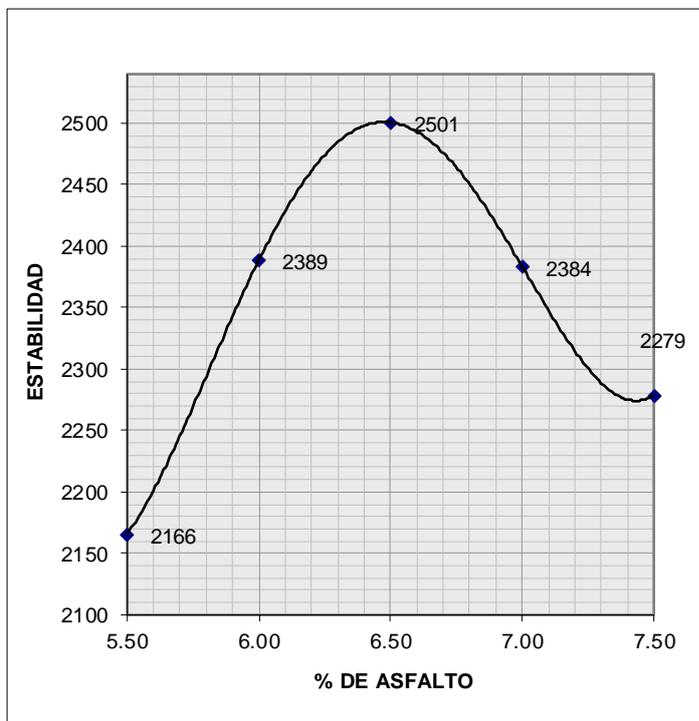
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 56 Porcentajes de vacíos en mezcla convencional 1''



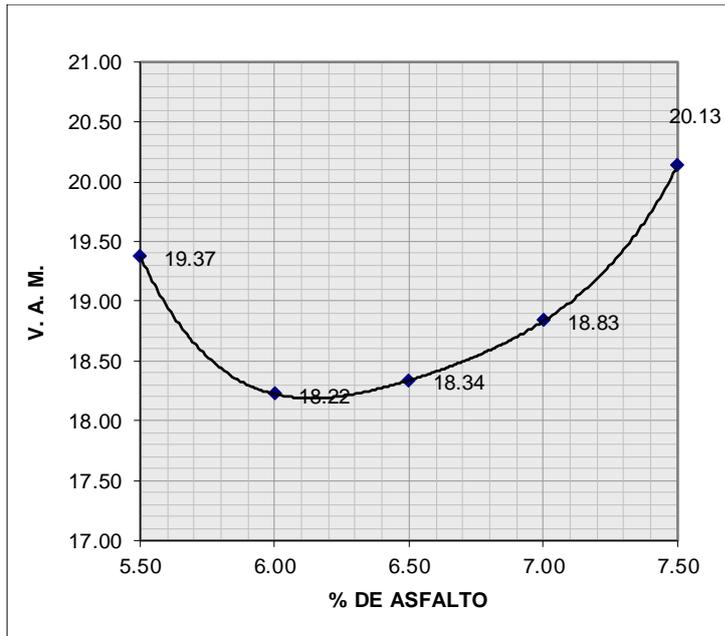
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 57 Estabilidad de Mezcla asfáltica convencional de 1''



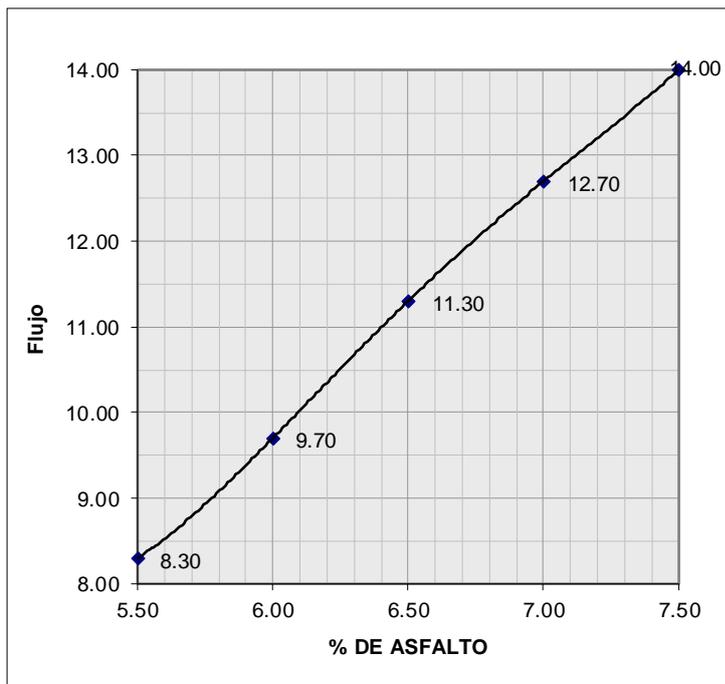
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 58 Vacios en agregados minerales mezcla convencional 1''



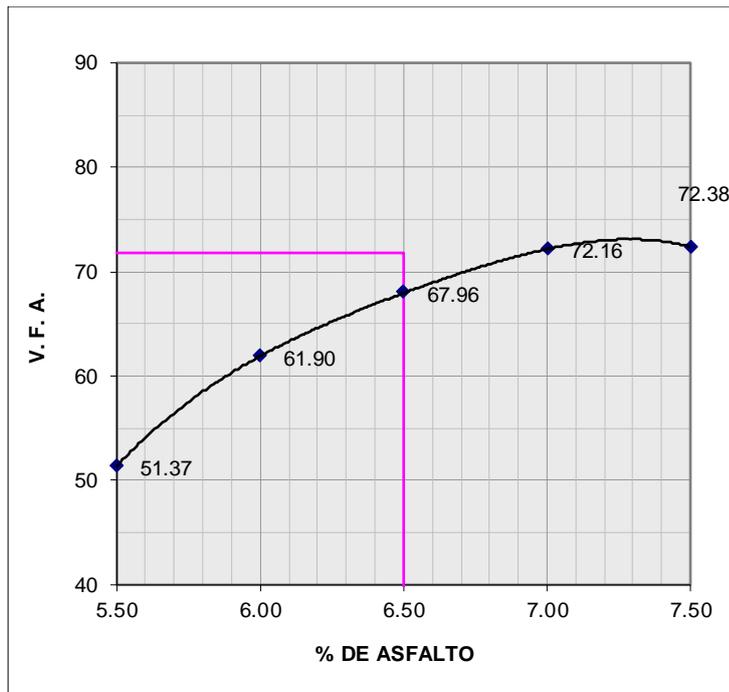
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 59 Flujo de mezcla asfáltica convencional de 1''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 60 V.F.A de la mezcla asfáltica convencional 1''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.4.5 Diseño de mezcla asfáltica convencional de 2''

El diseño de mezcla asfáltica convencional de 2 pulgadas, se lleva a cabo de la misma manera que se ejecuta el primer proceso, teniendo en cuenta que los materiales que se han utilizado son materiales pétreos y además considerando los porcentajes diferentes para este estudio.

Agregados: los materiales que se utiliza en este ensayo son arena natural, piedra de $\frac{3}{4}$ y piedra de $\frac{3}{8}$. Además, se agrega el porcentaje de AC20 para cada uno de los ensayos realizados.

El proceso es igual o parecido al que se elaboró en la mezcla asfáltica con los aditivos, la única diferencia es que este varía con respecto a los materiales a utilizar. Aquí solo se daría la presencia de los materiales pétreos y del AC20. A continuación se detalla el primer estudio que se realizó que fue el proceso del análisis granulométrico que serían los mismos datos del material estudiado. En las tablas 48, 49 y 50 se detalla el análisis de los 3 materiales utilizados en el diseño de 2 pulgadas.

Tabla 48 Análisis granulométrico de 3/4

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|--------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4" | 689.0 | 15.3 | 84.7 |
| 1/2" | 2 800.0 | 62.0 | 38.0 |
| 3/8" | 4 006.0 | 88.7 | 11.3 |
| No. 4 | 4 480.0 | 99.2 | 0.8 |
| No. 8 | 37.0 | 0.8 | |
| TOTAL | 4 517.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 49 Análisis Granulométrico de arena natural

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 23.0 | 1.6 | 98.4 |
| No. 4 | 160.0 | 11.2 | 88.8 |
| Pasa el No. 4 | | | |
| No. 8 | 300.0 | 21.0 | 79.0 |
| No. 10 | | | |
| No. 16 | 540.0 | 37.8 | 62.2 |
| No. 20 | | | |
| No. 30 | 980.0 | 68.6 | 31.4 |
| No. 40 | | | |
| No. 50 | 1 222.0 | 85.6 | 14.4 |
| No. 100 | 1 366.0 | 95.7 | 4.3 |
| No. 200 | 1 400.0 | 98.0 | 2.0 |
| Pasa el No. 200 | 28.0 | 2.0 | |
| TOTAL | 1 428.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 50 Análisis Granulométrico de 3/4

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 111.0 | 4.5 | 95.5 |
| No. 4 | 800.0 | 32.2 | 67.8 |
| No. 8 | 1 500.0 | 60.3 | 39.7 |
| No. 16 | 1 888.0 | 75.9 | 24.1 |
| No. 30 | 2 000.0 | 80.4 | 19.6 |
| No. 50 | 2 147.0 | 86.3 | 13.7 |
| No. 100 | 2 184.0 | 87.8 | 12.2 |
| No. 200 | 2 233.0 | 89.8 | 10.2 |
| Pasa el No. 200 | 254.0 | 10.2 | |
| TOTAL | 2 487.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de tener cada una de los análisis granulométricos de cada uno de los materiales se realiza la graduación de los materiales de la misma manera que se ensayó en la mezcla con aditivos. En las tablas 51 y 52 se detallan los datos que se tomó de referencia para la elaboración de las briquetas:

Tabla 51 Análisis granulométrico de los materiales para 2''

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------|--------------------------------------|------------|------------|------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|---------|-----------|
| | | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Piedra 3/4" | Inductroc | | 84.7 | 38.0 | 11.3 | 0.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Aridos 3/8" | Inductroc | | 100 | 100 | 95.5 | 67.8 | 39.7 | 24.1 | 19.6 | 13.7 | 12.2 | 10.2 |
| A. Natural | Rio Chimbo | | 100 | 100 | 98.4 | 88.8 | 79.0 | 62.2 | 31.4 | 14.4 | 4.3 | 2.0 |
| Especificaciones Deseadas | | | 100 | 100 | | 74 | 58 | | | 21 | | 10 |
| | | | 95 | 90 | | 44 | 28 | | | 7 | | 2 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

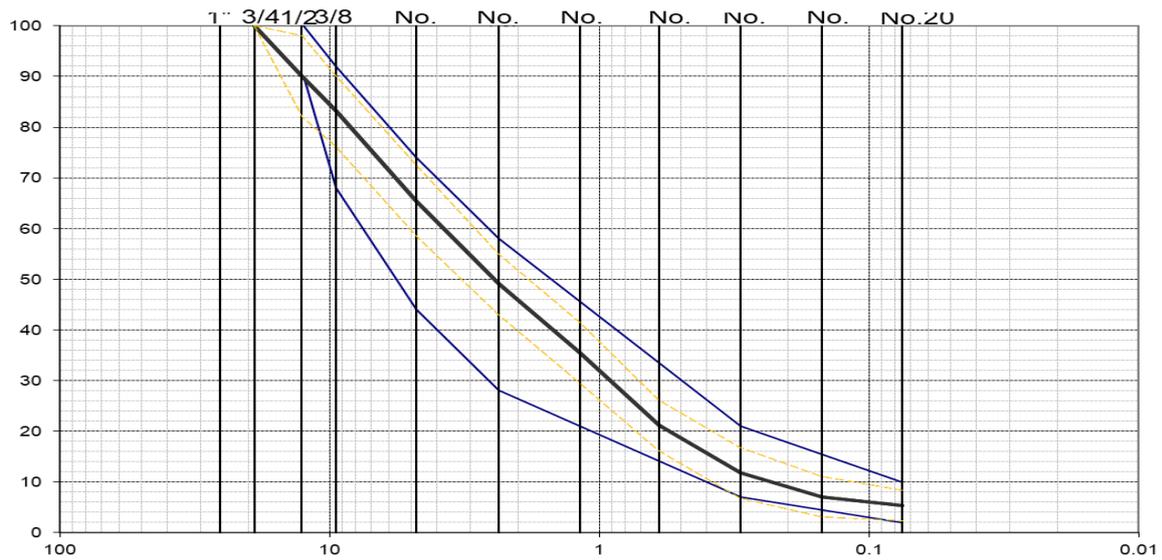
Tabla 52 Granulometría de los materiales

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|
| | | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Piedra 3/4" | 16% | | 16.0 | 6.1 | 1.8 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Aridos 3/8" | 44% | | 44.0 | 44.0 | 42.0 | 29.8 | 17.5 | 10.6 | 8.6 | 6.0 | 5.4 | 4.5 |
| A. Natural | 40% | | 40.0 | 40.0 | 39.4 | 35.5 | 31.6 | 24.9 | 12.6 | 5.8 | 1.7 | 0.8 |
| | | | 100 | 90.1 | 83.2 | 65.5 | 49.1 | 35.5 | 21.2 | 11.8 | 7.1 | 5.3 |
| Especificaciones Deseadas | | | 100 | 100 | | 74 | 58 | | | 21 | | 10 |
| | | | 95 | 90 | | 44 | 28 | | | 7 | | 2 |
| Faja de Trabajo | | | 100 | 98 | 90 | 72 | 55 | 41 | 26 | 17 | 11 | 8 |
| | | | 92 | 82 | 76 | 58 | 43 | 29 | 16 | 7 | 3 | 2 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Para finalizar con el ensayo de graduación de los materiales, por último, se gestiona el estudio de la curva granulométrica en donde se representa cada uno de los datos obtenidos de los ensayos de granulometría y graduación de los materiales. Esta figura 61 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 61 Curva granulometrica de los materiales



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de tener los datos de la graduación de los materiales con ella, se emplea el material que se desea utilizar teniendo en cuenta que solo se toma en cuenta el porcentaje de los materiales y el porcentaje del AC20. En la tabla 53, 54, 55, 56, 57 se muestran los resultados de los porcentajes a utilizar.

Tabla 53 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 5 | 250 | 250 |
| PIEDRA 3/8 | 44 | 2090 | 2340 |
| PIEDRA ¾ | 16 | 760 | 3100 |
| A. NATURAL | 40 | 1900 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 54 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 5,5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 5.5 | 275 | 275 |
| PIEDRA 3/8 | 44 | 2079 | 2354 |
| PIEDRA ¾ | 16 | 756 | 3110 |
| A. NATURAL | 40 | 1890 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 55 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 6%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 6 | 300 | 300 |
| PIEDRA 3/8 | 44 | 2068 | 2368 |
| PIEDRA ¾ | 16 | 752 | 3120 |
| A. NATURAL | 40 | 1880 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 56 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 6,5%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 6.5 | 325 | 325 |
| PIEDRA 3/8 | 44 | 2057 | 2382 |
| PIEDRA ¾ | 16 | 748 | 3130 |
| A. NATURAL | 40 | 1870 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 57 Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 7%

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 7 | 350 | 350 |
| PIEDRA 3/8 | 44 | 2046 | 2396 |
| PIEDRA ¾ | 16 | 744 | 3140 |
| A. NATURAL | 40 | 1860 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Ya teniendo el porcentaje de cada material se procede a elaborar el porcentaje de cada briqueta, teniendo en cuenta que a su vez el mismo material que se emplea para la elaboración de briquetas con aditivos se utiliza el mismo aquí en este caso es de 1200gr. Luego de obtener las briquetas se hacen los mismos estudios que deben estar relacionados con el porcentaje en seco, baño María, Bulk, entre otros.

Una vez que ya se tenga esos datos se tabulan y se hace la tabla correspondiente los estudios de Marshall para obtener más resultados sobre las propiedades que se emplea estudiar. En la tabla 58 se representa cada uno de los datos que se obtuvo en los estudios de Marshall, teniendo en cuenta los porcentajes de los agregados que se desea estudiar.

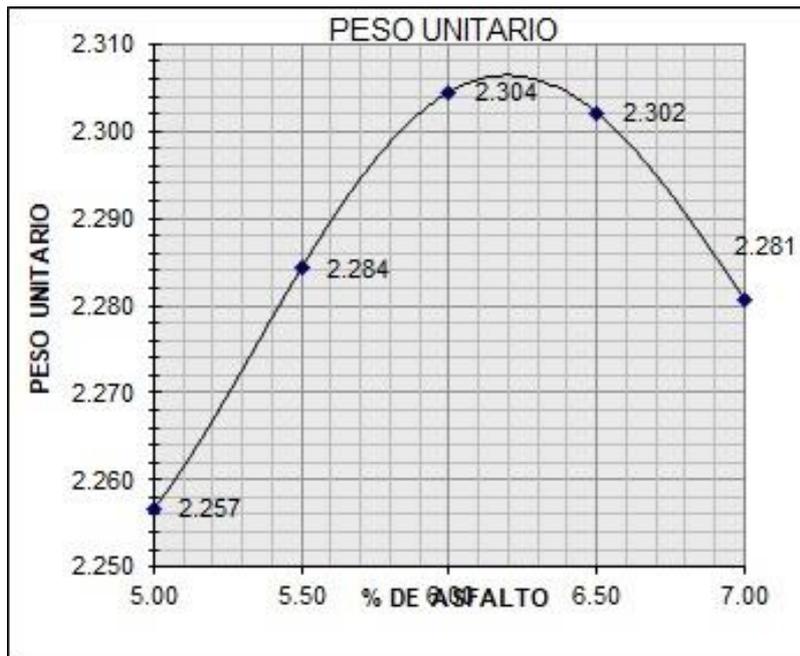
Para culminar, se detallan las figuras 62, 63, 64, 65, 66 Y 67 con sus análisis de los datos que se obtuvo en cada uno de los ensayos. Donde se logra visibilizar una variación con los estudios de las mezclas modificadas:

Tabla 58 Resultados de ensayos Marshall

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN ASFALTO AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION N | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.01' |
|-----------------|--------------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|---|----------------------------------|---|-----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADO | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEDIDA | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(i - h)10^4}{1,4(100 - \delta)}$ | $\frac{(100 - \delta)g}{G_{sp}}$ | $\left(1 - \frac{g}{i}\right) \times 100$ | $100 \cdot k \cdot l$ | $100 - k$ | $b - \frac{(100 - h)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{n}$ | | | | |
| 1 | | 1 202.0 | 1 205.0 | 633.0 | 572.0 | 2.101 | | | | | | | | | | 0.86 | 2414 | 2 076 | 8 |
| 2 | | 1 204.0 | 1 207.0 | 684.0 | 523.0 | 2.302 | | | | | | | | | | 0.96 | 2398 | 2 302 | 9 |
| 3 | | 1 207.0 | 1 209.0 | 699.0 | 510.0 | 2.367 | | | | | | | | | | 1.00 | 2422 | 2 422 | 8 |
| Promedio | 5.00 | | | | | 2.257 | 2.461 | 2.495 | 0.57 | 80.58 | 9.54 | 9.88 | 19.42 | 4.02 | 50.89 | | | 2 267 | 8 |
| 1 | | 1 202.0 | 1 204.0 | 639.0 | 565.0 | 2.127 | | | | | | | | | | 0.86 | 2462 | 2 117 | 9 |
| 2 | | 1 208.0 | 1 212.0 | 702.0 | 510.0 | 2.369 | | | | | | | | | | 1.00 | 2459 | 2 459 | 10 |
| 3 | | 1 209.0 | 1 212.0 | 699.0 | 513.0 | 2.357 | | | | | | | | | | 1.00 | 2472 | 2 472 | 10 |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.284 | 2.443 | 2.476 | 0.57 | 81.14 | 7.73 | 11.13 | 18.86 | 4.52 | 59.01 | | | 2 349 | 10 |
| 1 | | 1 197.0 | 1 200.0 | 651.0 | 549.0 | 2.180 | | | | | | | | | | 0.89 | 2412 | 2 147 | 12 |
| 2 | | 1 201.0 | 1 203.0 | 689.0 | 514.0 | 2.337 | | | | | | | | | | 1.00 | 2491 | 2 491 | 11 |
| 3 | | 1 203.0 | 1 206.0 | 704.0 | 502.0 | 2.396 | | | | | | | | | | 1.04 | 2455 | 2 553 | 11 |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.304 | 2.425 | 2.457 | 0.57 | 81.42 | 6.21 | 12.37 | 18.58 | 5.02 | 66.58 | | | 2 397 | 11 |
| 1 | | 1 194.0 | 1 196.0 | 667.0 | 529.0 | 2.257 | | | | | | | | | | 0.96 | 2479 | 2 380 | 12 |
| 2 | | 1 215.0 | 1 218.0 | 692.0 | 526.0 | 2.310 | | | | | | | | | | 0.96 | 2547 | 2 445 | 13 |
| 3 | | 1 200.0 | 1 202.0 | 689.0 | 513.0 | 2.339 | | | | | | | | | | 1.00 | 2479 | 2 479 | 13 |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.302 | 2.407 | 2.439 | 0.57 | 80.90 | 5.60 | 13.50 | 19.10 | 5.52 | 70.68 | | | 2 435 | 13 |
| 1 | | 1 212.0 | 1 214.0 | 645.0 | 569.0 | 2.130 | | | | | | | | | | 0.86 | 2498 | 2 148 | 14 |
| 2 | | 1 236.0 | 1 239.0 | 713.0 | 526.0 | 2.350 | | | | | | | | | | 0.96 | 2473 | 2 374 | 14 |
| 3 | | 1 226.0 | 1 229.0 | 710.0 | 519.0 | 2.362 | | | | | | | | | | 1.00 | 2504 | 2 504 | 14 |
| Promedio | 7.00 | | | | | 2.281 | 2.390 | 2.420 | 0.57 | 79.72 | 5.77 | 14.50 | 20.28 | 6.02 | 71.52 | | | 2 342 | 14 |

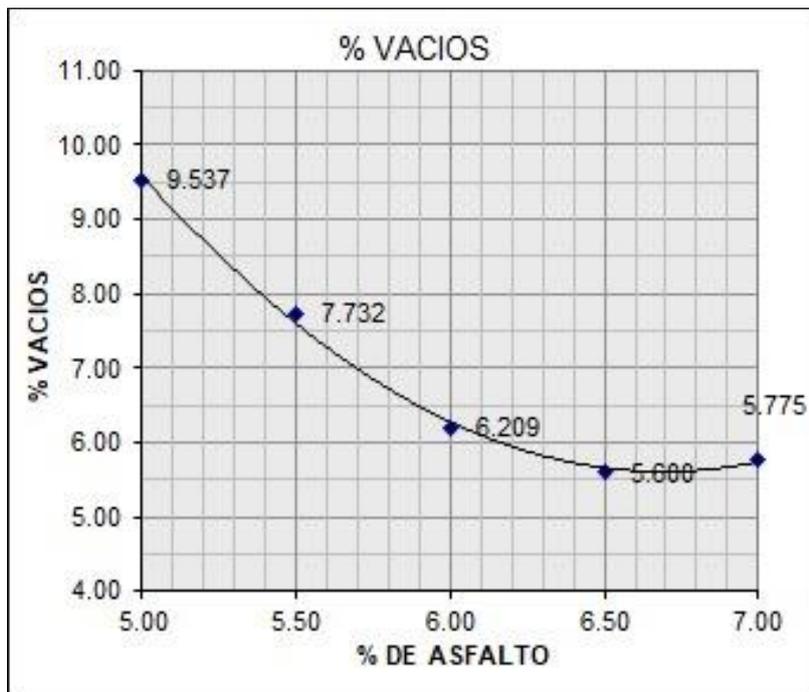
Elaborado por: Elaborado por: Mindiola & Soria (2024)

Figura 62 Peso unitario de mezcla convencional 2''



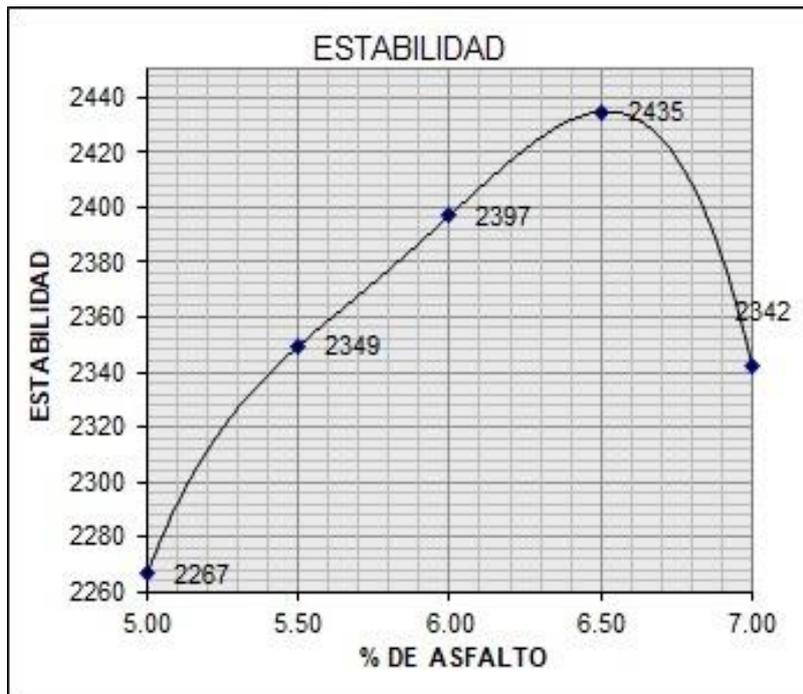
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 63 Porcentaje de vacíos de mezcla convencional 2''



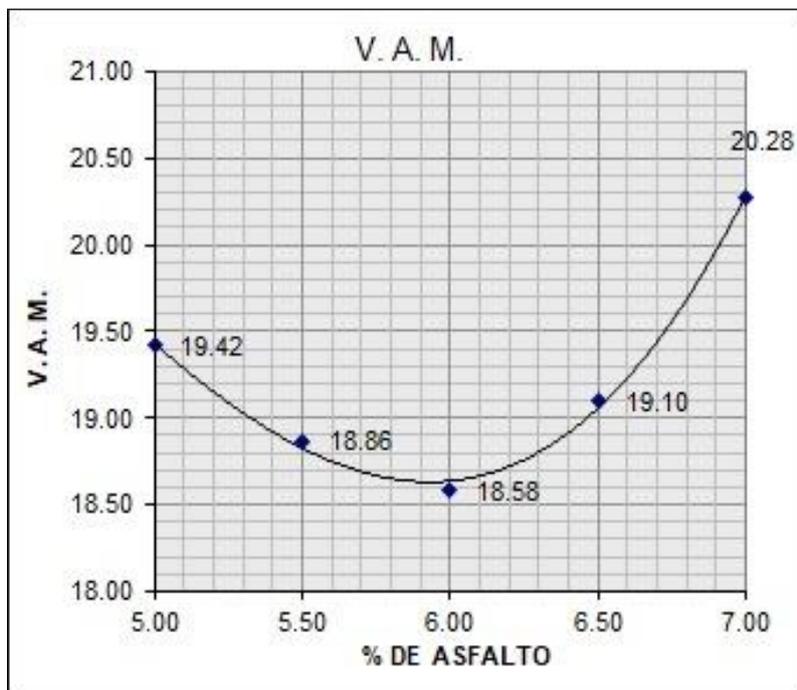
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 64 Estabilidad de mezcla convencional 2''



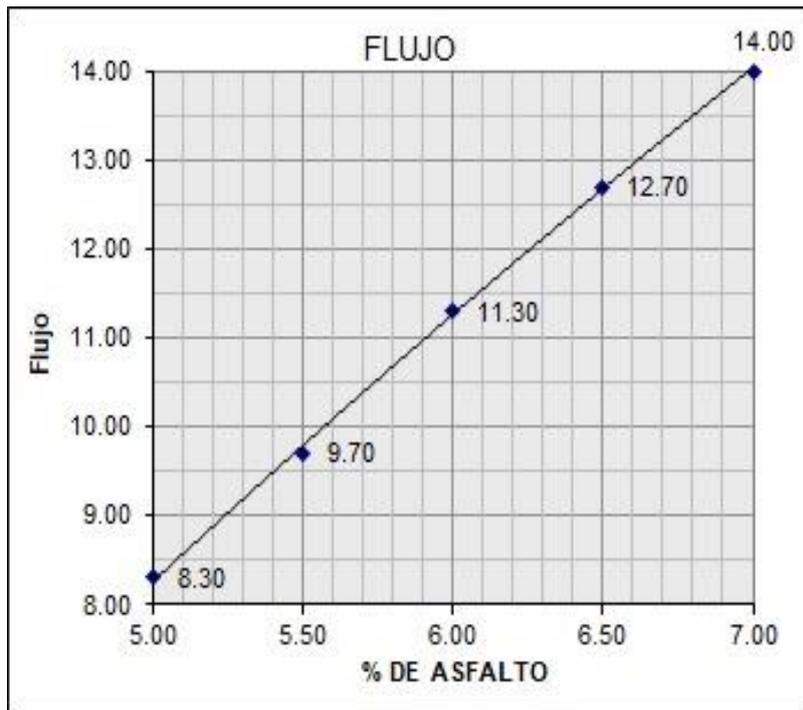
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 65 V.A.M de mezcla convencional 2''



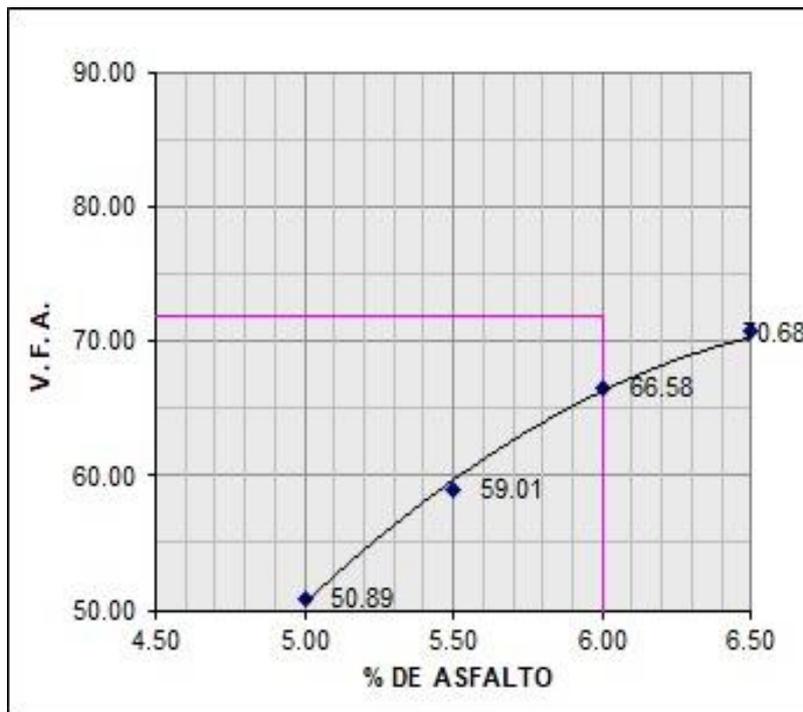
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 66 Flujo de mezcla convencional 2''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 67 V.F.A. de mezcla asfáltica convencional 2''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.2.4.6 Diseño de mezcla asfáltica convencional de 3''

El diseño de mezcla asfáltica convencional de 3 pulgadas se refiere a la creación de una mezcla de asfalto para pavimentos que tiene un espesor total de 3 pulgadas. El diseño de mezcla asfáltica implica seleccionar y combinar los componentes adecuados para obtener una mezcla que cumpla con los requisitos técnicos y de rendimiento para la aplicación específica.

Agregados: Incluyen arena, grava, y piedra triturada. Los agregados deben tener las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para proporcionar resistencia y durabilidad. Además, se agrega un ligante viscoso que une los agregados y proporciona cohesión y flexibilidad a la mezcla.

El proceso es igual o parecido al que se elaboró en la mezcla asfáltica con los aditivos, la única diferencia es que este varía con respecto a los materiales a utilizar. Aquí solo se daría la presencia de los materiales pétreos y del AC20. A continuación se detalla el primer estudio que se realizó que fue el proceso del análisis granulométrico que serían los mismos datos del material estudiado. En las tablas 59, 60, 61 se detalla el análisis de los 3 materiales utilizados en el diseño de 3 pulgadas.

Tabla 59 Análisis granulométrico de $\frac{3}{4}$ de mezcla convencional 3''

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|---------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/4" | 689.0 | 15.3 | 84.7 |
| 1/2" | 2 820.0 | 62.5 | 37.5 |
| 3/8" | 4 166.0 | 92.4 | 7.6 |
| No. 4 | 4 492.0 | 99.6 | 0.4 |
| Pasa el No. 4 | | | |
| No. 8 | 18.0 | 0.4 | |
| TOTAL | 4 510.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 60 Análisis Granulométrico de 3/8 mezcla convencional de 3''

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 3/8" | 111.0 | 4.5 | 95.5 |
| No. 4 | 771.0 | 31.0 | 69.0 |
| Pasa el No. 4 | | | |
| No. 8 | 1 247.0 | 50.1 | 49.9 |
| No. 10 | | | |
| No. 16 | 1 747.0 | 70.2 | 29.8 |
| No. 20 | | | |
| No. 30 | 1 900.0 | 76.4 | 23.6 |
| No. 40 | | | |
| No. 50 | 1 990.0 | 80.0 | 20.0 |
| No. 100 | 2 078.0 | 83.6 | 16.4 |
| No. 200 | 2 153.0 | 86.6 | 13.4 |
| Pasa el No. 200 | 334.0 | 13.4 | |
| TOTAL | 2 487.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 61 Análisis Granulométrico arena natural mezcla convencional de 3''

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|
| 1" | | | 100 |
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 |
| 1/2" | 8.0 | 0.6 | 99.4 |
| 3/8" | 23.0 | 1.6 | 98.4 |
| No. 4 | 66.0 | 4.6 | 95.4 |
| Pasa el No. 4 | | | |
| No. 8 | 121.0 | 8.5 | 91.5 |
| No. 10 | | | |
| No. 16 | 304.0 | 21.3 | 78.7 |
| No. 20 | | | |
| No. 30 | 558.0 | 39.1 | 60.9 |
| No. 50 | 1 249.0 | 87.5 | 12.5 |
| No. 100 | 1 409.0 | 98.7 | 1.3 |
| No. 200 | 1 421.0 | 99.5 | 0.5 |
| Pasa el No. 200 | 7.0 | 0.5 | |
| TOTAL | 1 428.0 | | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Luego de tener cada una de los análisis granulométricos de cada uno de los materiales se realiza la graduación de los materiales de la misma manera que se ensayó en la mezcla con aditivos. En las tablas 62 y 63 se detallan los datos que se tomó de referencia para la elaboración de las briquetas:

Tabla 62 Análisis granulométrico de los materiales mezcla convencional 3''

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------|--------------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | Inductroc | 100 | 84.7 | 37.5 | 7.6 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3/8" | Inductroc | 100 | 100 | 100 | 95.5 | 69.0 | 49.9 | 29.8 | 23.6 | 20.0 | 16.4 | 13.4 |
| A. Natural | Rio Chimbo | 100 | 100 | 99.4 | 98.4 | 95.4 | 91.5 | 78.7 | 60.9 | 12.5 | 1.3 | 0.5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | | 56-80 | 35-65 | 23-49 | | | 5-19, | | 2-8, |
| | | 100 | 95 | | 68 | 50 | 36 | | | 14 | | 5 |

Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Tabla 63 Granulometría de los materiales

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | 34% | 34.0 | 28.8 | 12.8 | 2.6 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 3/8" | 40% | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 38.2 | 27.6 | 20.0 | 11.9 | 9.4 | 8.0 | 6.6 | 5.4 |
| A. Natural | 26% | 26.0 | 26.0 | 25.8 | 25.6 | 24.8 | 23.8 | 20.5 | 15.8 | 3.3 | 0.3 | 0.1 |
| | | 100 | 94.8 | 78.6 | 66.4 | 52.5 | 43.8 | 32.4 | 25.3 | 11.3 | 6.9 | 5.5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | | 56-80 | 35-65 | 23-49 | | | 5-19, | | 2-8, |
| | | 100 | 95 | | 68 | 50 | 36 | | | 14 | | 5 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 100 | 87 | 73 | 60 | 50 | 38 | 30 | 16 | 11 | 8 |
| | | | 87 | 71 | 59 | 46 | 38 | 26 | 20 | 6 | 3 | 2 |

Elaborado por: Mendiola & Soria, (2024)

Para finalizar con el ensayo de graduación de los materiales, por último, se gestiona el estudio de la curva granulométrica en donde se representa cada uno de los datos obtenidos de los ensayos de granulometría y graduación de los materiales. Esta figura 68 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Tabla 65 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 5.0% AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 5 | 250 | 250 |
| PIEDRA 3/8 | 40 | 1900 | 2150 |
| PIEDRA ¾ | 34 | 1615 | 3765 |
| A. NATURAL | 26 | 1235 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 66 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 5.50%AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 5,5 | 275 | 275 |
| PIEDRA 3/8 | 40 | 1890 | 2165 |
| PIEDRA ¾ | 34 | 1607 | 3772 |
| A. NATURAL | 26 | 1229 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 67 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.0% AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 6 | 300 | 300 |
| PIEDRA 3/8 | 40 | 1880 | 2180 |
| PIEDRA ¾ | 34 | 1598 | 3778 |
| A. NATURAL | 26 | 1222 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 68 Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.5% AC20

| PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3'' | | | |
|---|------------|---------------|--------------|
| AGREGADO | PORCENTAJE | R. INDIVIDUAL | R. ACUMULADO |
| AC20 | 6.5 | 325 | |
| PIEDRA 3/8 | 40 | 1870 | 4675 |
| PIEDRA ¾ | 34 | 1590 | |
| A. NATURAL | 26 | 1216 | 5000 |
| TOTAL | | 5000 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Ya teniendo el porcentaje de cada material se procede a elaborar el porcentaje de cada briqueta, teniendo en cuenta que a su vez el mismo material que se emplea para la elaboración de briquetas con aditivos se utiliza el mismo aquí en este caso es de 1200gr.

Al ya estar elaboradas las briquetas se continua con el estudio de las propiedades, para determinar esto se debe de realizar los ensayos de Marshall y los

ensayos de Bulk en donde se visibiliza en la tabla 69, en donde se realiza el estudio detallado y valores que se obtuvo en las respectivas pruebas. Además, en las figuras 69, 70, 71, 72, 73, y 74 ya se resume cada una de las pruebas de laboratorio realizadas dando un importante conocimiento que el material modificante ayuda de manera significativa en el proceso de la mezcla, para que sus propiedades pueden tener mayores ventajas y mejores resultados.

Tabla 69 Datos de los estudios de Marshall mezcla convencional

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.01" |
|-----------------|--------------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|-----------------------------------|------------------------------|---|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADO | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEDIDA | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(f - h)10^4}{Lb(100 - b)}$ | $\frac{(100 - b)g}{G_{app}}$ | $\left(1 - \frac{g}{i}\right) \times 100$ | $100 \cdot k \cdot l$ | $100 \cdot k$ | $b \cdot \frac{(100 - h)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{n}$ | | | | |
| 1 | | 1 264.0 | 1 266.0 | 701.0 | 565.0 | 2.237 | | | | | | | | | | 0.86 | 2512 | 2 160 | 9 |
| 2 | | 1 282.0 | 1 286.0 | 733.0 | 553.0 | 2.318 | | | | | | | | | | 0.89 | 2525 | 2 247 | 8 |
| 3 | | 1 244.0 | 1 248.0 | 708.0 | 540.0 | 2.304 | | | | | | | | | | 0.93 | 2502 | 2 327 | 8 |
| Promedio | 4.50 | | | | | 2.286 | 2.538 | 2.566 | 0.45 | 79.97 | 10.88 | 9.15 | 20.03 | 3.53 | 45.67 | | | 2 245 | 8 |
| 1 | | 1 252.0 | 1 254.0 | 710.0 | 544.0 | 2.301 | | | | | | | | | | 0.93 | 2711 | 2 521 | 10 |
| 2 | | 1 235.0 | 1 238.0 | 694.0 | 544.0 | 2.270 | | | | | | | | | | 0.93 | 2713 | 2 523 | 9 |
| 3 | | 1 248.0 | 1 249.0 | 721.0 | 528.0 | 2.364 | | | | | | | | | | 0.96 | 2802 | 2 690 | 10 |
| Promedio | 5.00 | | | | | 2.312 | 2.518 | 2.545 | 0.45 | 80.43 | 9.17 | 10.39 | 19.57 | 4.03 | 53.11 | | | 2 578 | 10 |
| 1 | | 1 210.0 | 1 212.0 | 698.0 | 514.0 | 2.354 | | | | | | | | | | 1.00 | 2555 | 2 555 | 11 |
| 2 | | 1 204.0 | 1 208.0 | 689.0 | 519.0 | 2.320 | | | | | | | | | | 1.00 | 2479 | 2 479 | 11 |
| 3 | | 1 198.0 | 1 203.0 | 701.0 | 502.0 | 2.386 | | | | | | | | | | 1.04 | 2477 | 2 576 | 12 |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.353 | 2.499 | 2.525 | 0.45 | 81.45 | 6.80 | 11.74 | 18.55 | 4.52 | 63.32 | | | 2 537 | 11 |
| 1 | | 1 230.0 | 1 233.0 | 702.0 | 531.0 | 2.316 | | | | | | | | | | 0.96 | 2525 | 2 424 | 13 |
| 2 | | 1 233.0 | 1 236.0 | 719.0 | 517.0 | 2.385 | | | | | | | | | | 1.00 | 2555 | 2 555 | 12 |
| 3 | | 1 242.0 | 1 244.0 | 710.0 | 534.0 | 2.326 | | | | | | | | | | 0.96 | 2600 | 2 496 | 13 |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.342 | 2.479 | 2.506 | 0.45 | 80.64 | 6.51 | 12.85 | 19.36 | 5.02 | 66.35 | | | 2 492 | 13 |
| 1 | | 1 235.0 | 1 236.0 | 707.0 | 529.0 | 2.335 | | | | | | | | | | 0.96 | 2547 | 2 445 | 14 |
| 2 | | 1 263.0 | 1 265.0 | 711.0 | 554.0 | 2.280 | | | | | | | | | | 0.89 | 2545 | 2 265 | 14 |
| 3 | | 1 246.0 | 1 249.0 | 716.0 | 533.0 | 2.338 | | | | | | | | | | 0.96 | 2502 | 2 402 | 14 |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.317 | 2.461 | 2.486 | 0.45 | 79.35 | 6.79 | 13.86 | 20.65 | 5.52 | 67.11 | | | 2 371 | 14 |

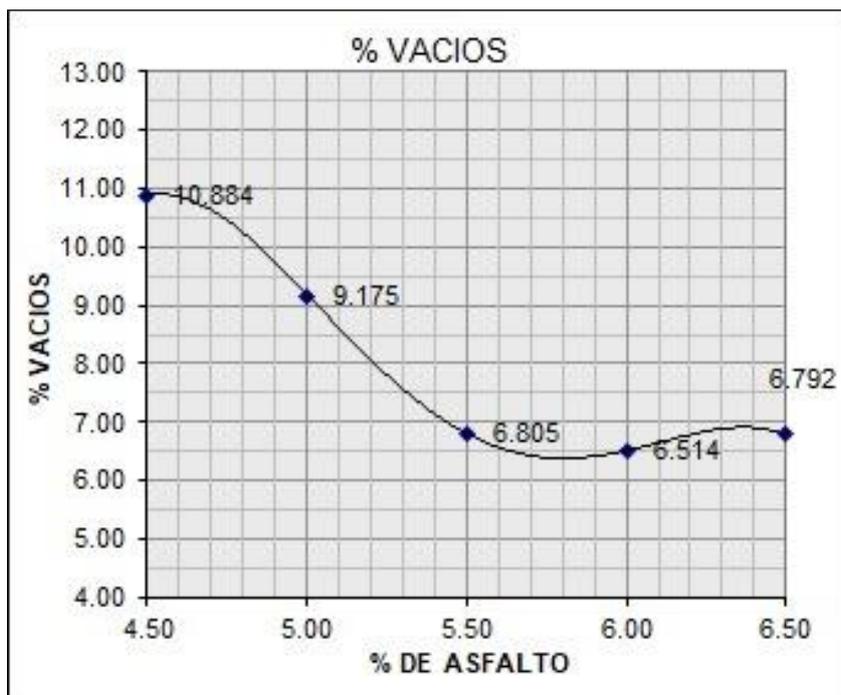
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 69 Peso unitario de mezcla convencional 3''



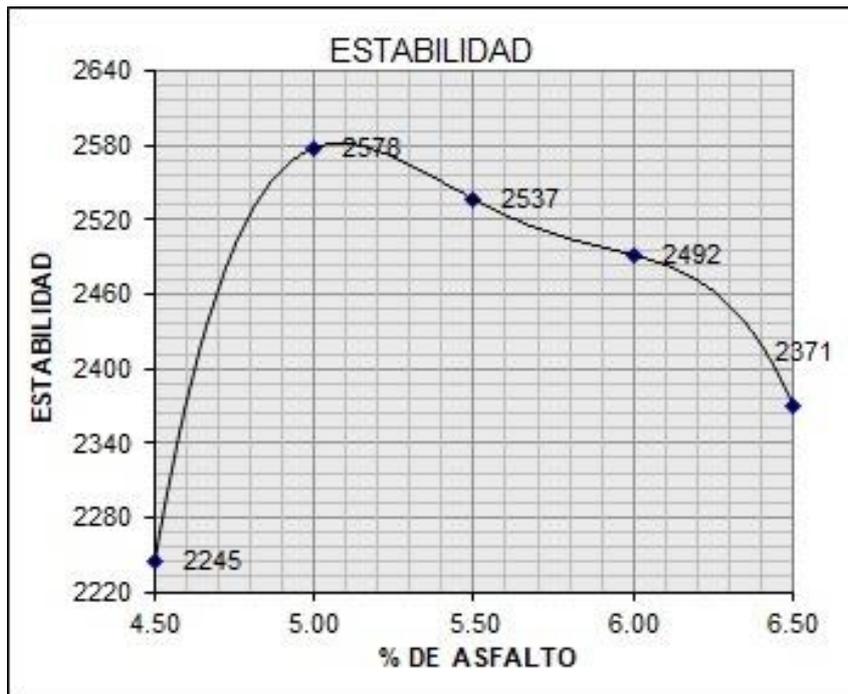
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 70 Porcentaje de vacíos mezcla convencional 3''



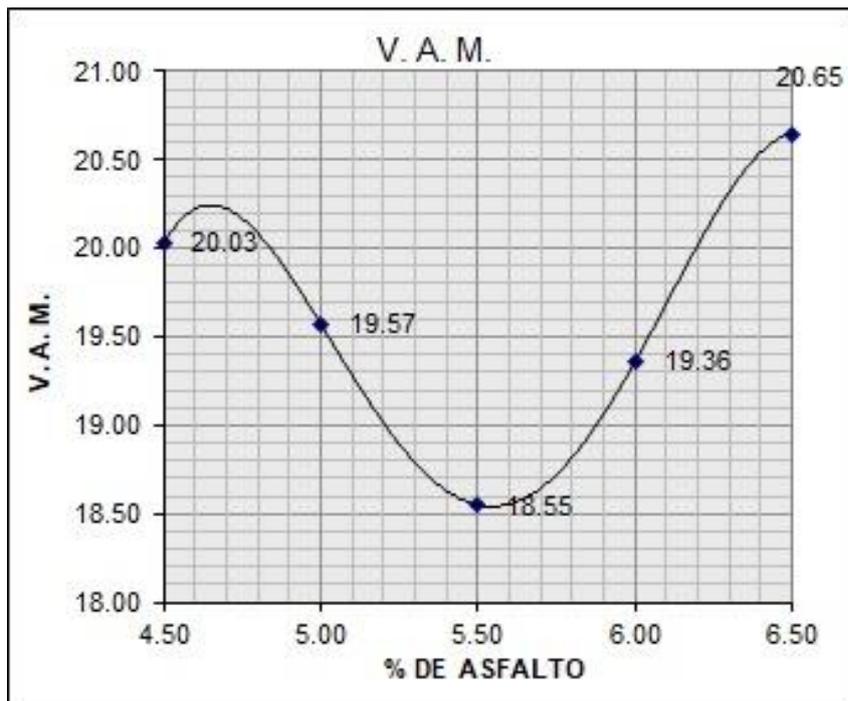
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 71 Estabilidad de mezcla asfáltica convencional 3''



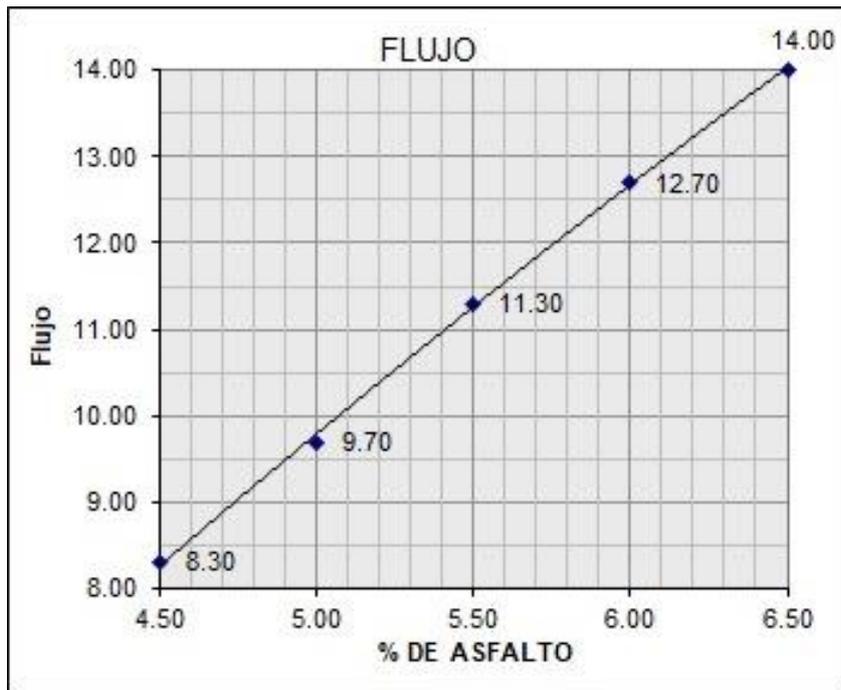
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 72 V.A.M de mezcla asfáltica convencional 3''



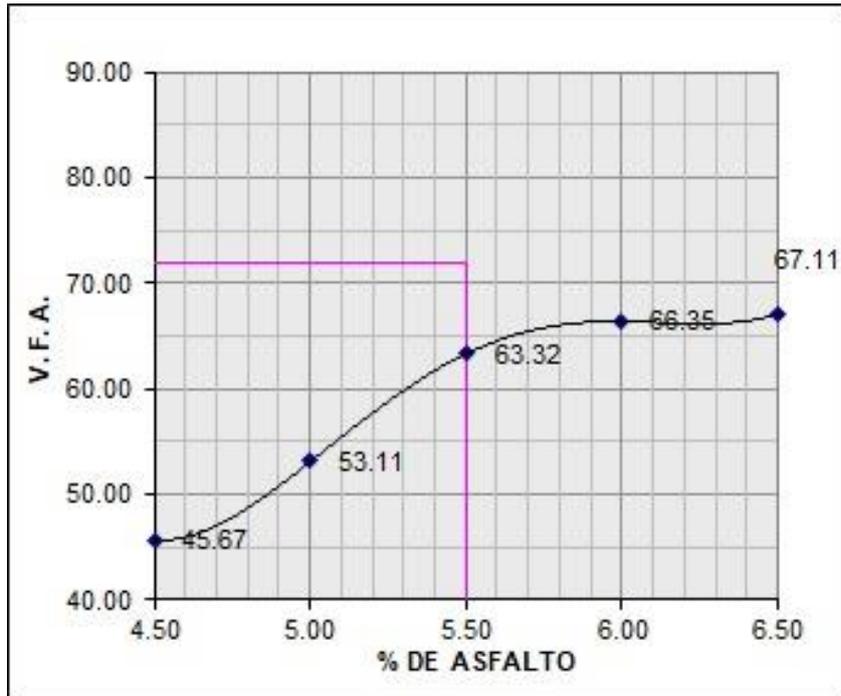
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 73 Flujo de mezcla asfáltica convencional 3''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 74 V.F.A de mezcla convencional 3''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.3 Análisis de los resultados

El análisis comparativo de la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra frente a la mezcla asfáltica convencional revela ventajas significativas en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas. Desde un punto de vista técnico, la mezcla con PET-fibra puede ofrecer propiedades mecánicas competitivas, como una mayor resistencia a la deformación plástica y durabilidad mejorada. Así mismo, su viscosidad a simple vista es mejor que la mezcla asfáltica convencional. Para detallar mejor los resultados de la investigación se delimita los resultados de cada tipo de espesor que se estudió, estos corresponden al de 1'', 2'', y 3'' pulgadas con aditivos de plástico PET- FIBRA y mezcla asfáltica convencional.

La evaluación técnica de la mezcla asfáltica de 1'' modificada con aditivos de PET Y FIBRA, a comparación de la mezcla asfáltica de 1'' convencional, nos da como resultado que, en cada uno de los ensayos elaborados, resulta mayor viscosidad, propiedades mecánicas y físicas de mayor ventaja que la mezcla asfáltica convencional. La mezcla asfáltica modificada 1 tiende a tener en sus resultados de los estudios realizados en cuanto a los ensayos de Bulk y su estabilidad final, que la mezcla con el porcentaje con el 6.5% presenta mejores características por los resultados que se obtuvo, en su estabilidad, V.A.M, V.A.F, porcentaje de asfalto, % de vacíos, entre otros.

Además, la mezcla asfáltica de 2 pulgadas modificada también tiene mejores ventajas en cuanto a sus propiedades a diferencia de la mezcla convencional, teniendo como resultado que la mezcla modificada con el porcentaje óptimo más viable es la mezcla que está elaborada con el 6% de AC20 más aditivos. Sus resultados que se obtienen por medio los ensayos en laboratorio denotan que la viscosidad de la mezcla elaborada con modificantes, es más relativa y con mejores propiedades que la mezcla convencional.

Por último, tenemos la mezcla de 3 pulgadas la cual así mismo fue estudiadas cada una de sus briquetas en los ensayos de Marshall, para obtener cada uno de sus resultados al igual que la mezcla convencional. Sin embargo, esta mezcla también detalla mejores propiedades mecánicas en cada uno de sus estudios los que nos delimita que la mezcla asfáltica modificada posee ventajas significativas en cuanto a la mezcla convencional. El porcentaje más óptimo que representa esta mezcla de 3

pulgadas es la que se elabora con 5,5% de aditivos más AC2. Por esta razón, se concluye que los porcentajes óptimos para la elaboración de la mezcla modificada con plástico PET Y FIBRA son de:

Para 1 pulgada, se utiliza 6,5%

Para 2 pulgadas se utiliza 6%

Y para la de 3 se debe utilizar 5.5%

En las tablas 70, 71 Y 72 que se muestran a continuación se detallan cada uno de los resultados tabulados, para delimitar cada una de las propiedades estudiadas en laboratorio y a su vez resaltar la comparativa de cada material expuesto en la investigación.

Tabla 70 Comparativa de resultados de ensayos de Bulk y estabilidad final

| PESO UNITARIO DE 1 PULGADA | | | ESTABILIDAD DE 1 PULGADA | | |
|-------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL | PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 5.5 | 2277 | 2232 | 5.5 | 2340 | 2166 |
| 6 | 2312 | 2276 | 6 | 2475 | 2389 |
| 6.5 | 2331 | 2285 | 6.5 | 2534 | 2501 |
| 7 | 2323 | 2283 | 7 | 2502 | 2384 |
| 7.5 | 2314 | 2259 | 7.5 | 2393 | 2279 |
| PESO UNITARIO DE BULK DE 2 PULGADAS | | | ESTABILIDAD DE 2 PULGADAS | | |
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL | PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 5 | 2308 | 2257 | 5 | 2291 | 2267 |
| 5.5 | 2341 | 2284 | 5.5 | 2464 | 2349 |
| 6 | 2361 | 2304 | 6 | 2551 | 2397 |
| 6.5 | 2359 | 2302 | 6.5 | 2535 | 2435 |
| 7 | 2353 | 2281 | 7 | 2459 | 2342 |
| PESO UNITARIO DE 3 PULGADAS | | | ESTABILIDAD DE 3 PULGADAS | | |
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL | PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 4.5 | 2389 | 2286 | 4.5 | 2421 | 2245 |
| 5 | 2414 | 2312 | 5 | 2604 | 2578 |
| 5.5 | 2427 | 2353 | 5.5 | 2686 | 2537 |
| 6 | 2425 | 2342 | 6 | 2628 | 2492 |
| 6.5 | 2418 | 2317 | 6.5 | 2497 | 2371 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 71 Comparativa de resultados de % de vacíos y V.A.M

| PORCENTAJE DE VACIOS DE 1 PULGADA | | | V.A.M DE 1 PULGADA | | |
|------------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL | PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 5.5 | 7.57 | 9.42 | 5.5 | 17.73 | 19.37 |
| 6 | 5.45 | 6.94 | 6 | 16.91 | 18.22 |
| 6.5 | 3.98 | 5.88 | 6.5 | 16.7 | 18.34 |
| 7 | 3.58 | 5.24 | 7 | 17.41 | 18.33 |
| 7.5 | 3.23 | 5.56 | 7.5 | 18.16 | 20.13 |
| PORCENTAJE DE VACIOS DE 2 PULGADAS | | | V.A.M DE 2 PULGADA | | |
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL | PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 5 | 7.47 | 9.54 | 5 | 17.58 | 19.42 |
| 5.5 | 5.45 | 7.73 | 5.5 | 16.86 | 18.86 |
| 6 | 3.91 | 6.21 | 6 | 16.58 | 18.58 |
| 6.5 | 3.28 | 5.60 | 6.5 | 17.11 | 19.10 |
| 7 | 2.79 | 5.77 | 7 | 17.75 | 20.28 |
| PORCENTAJE DE VACIOS DE 3 PULGADAS | | | V.A.M DE 3 PULGADA | | |
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL | PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 4.5 | 6.87 | 10.88 | 4.5 | 16.43 | 20.03 |
| 5 | 5.17 | 9.17 | 5 | 16.02 | 19.57 |
| 5.5 | 3.9 | 6.8 | 5.5 | 16.01 | 18.55 |
| 6 | 3.92 | 6.51 | 6 | 16.52 | 19.36 |
| 6.5 | 2.75 | 6.79 | 6.5 | 17.21 | 20.65 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

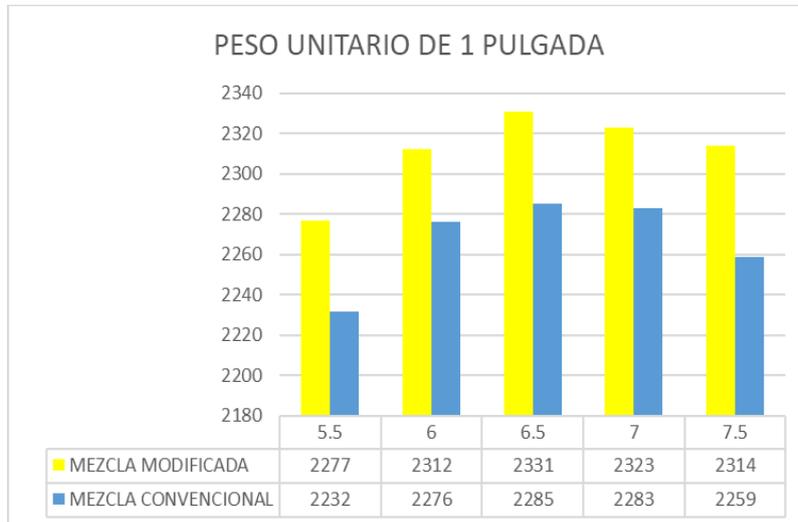
Tabla 72 Comparación de resultados de V.F.A

| PORCENTAJE DE V.F.A. DE 1 PULGADA | | |
|-----------------------------------|-------------------|---------------------|
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 5.5 | 57.27 | 51.37 |
| 6 | 67.79 | 61.9 |
| 6.5 | 76.15 | 67.96 |
| 7 | 79.43 | 72.16 |
| 7.5 | 82.19 | 72.38 |
| PORCENTAJE DE V.F.A DE 2 PULGADAS | | |
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 5 | 57.49 | 50.89 |
| 5.5 | 67.65 | 59.01 |
| 6 | 76.44 | 66.58 |
| 6.5 | 80.82 | 70.68 |
| 7 | 84.28 | 71.52 |
| PORCENTAJE DE V.F.A DE 3 PULGADAS | | |
| PORCENTAJE | MEZCLA MODIFICADA | MEZCLA CONVENCIONAL |
| 4.5 | 58.2 | 45.67 |
| 5 | 67.72 | 53.11 |
| 5.5 | 75.66 | 63.32 |
| 6 | 80.49 | 66.35 |
| 6.5 | 84.01 | 67.11 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

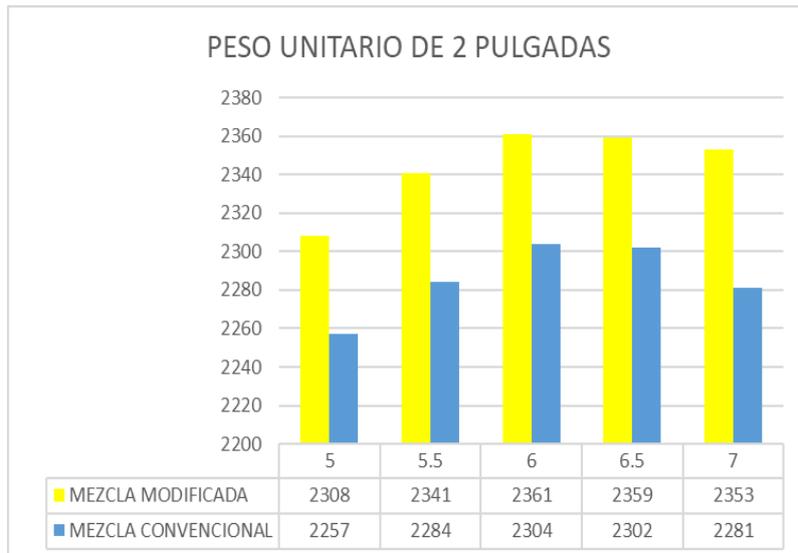
Para culminar con el análisis de los resultados con respecto a los ensayos en laboratorio se delimita las figuras 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83 que son la tabulación de los datos obtenidos de mezcla convencional y de la mezcla asfáltica modificada con aditivos de Polietileno que están relacionadas con los resultados de peso unitario, estabilidad, V.A.M, V.F.A, porcentajes de vacíos.

Figura 75 Peso unitario de las mezclas 1''



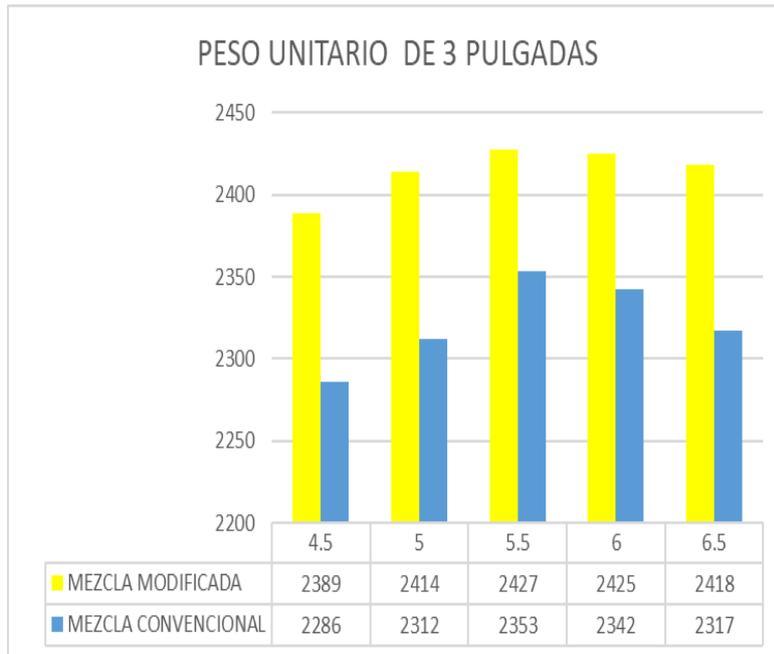
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 76 Peso unitario de las mezclas de 2''



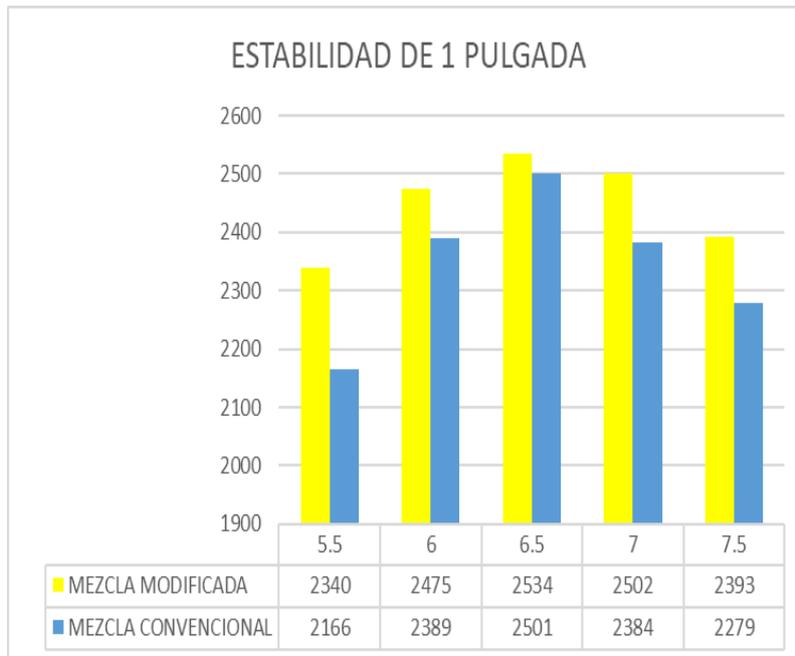
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 77 Peso unitario de las mezclas de 3''



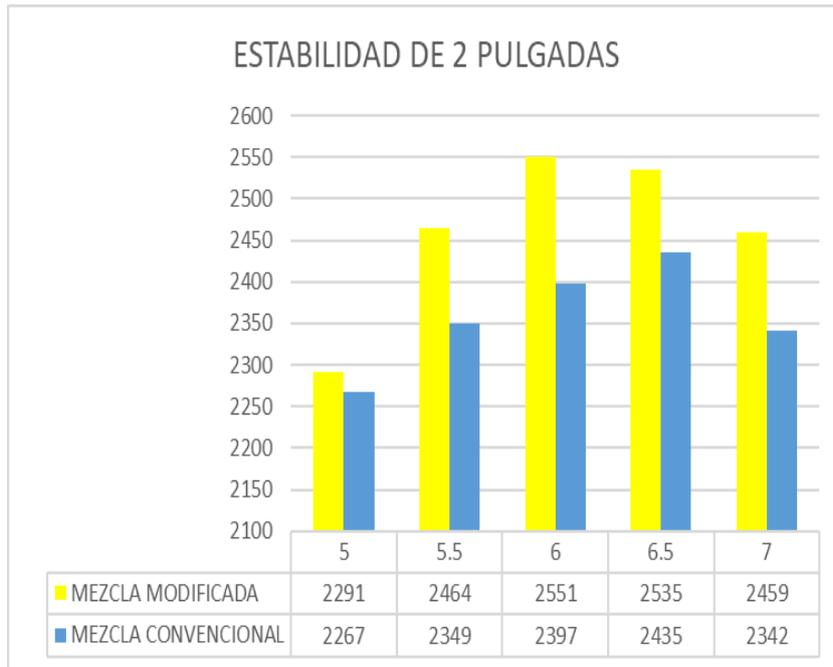
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 78 Estabilidad de las mezclas de 1''



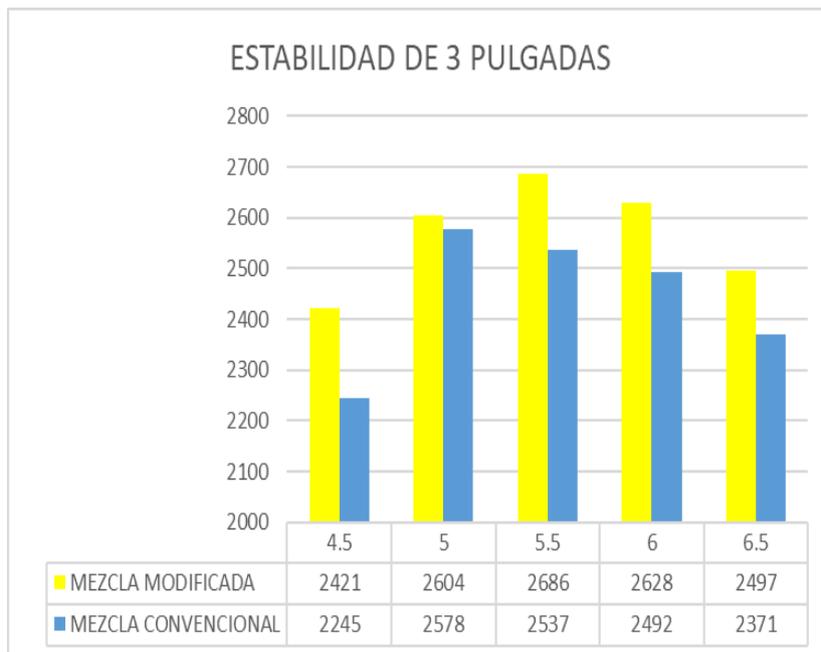
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 79 Estabilidad de las mezclas 2''



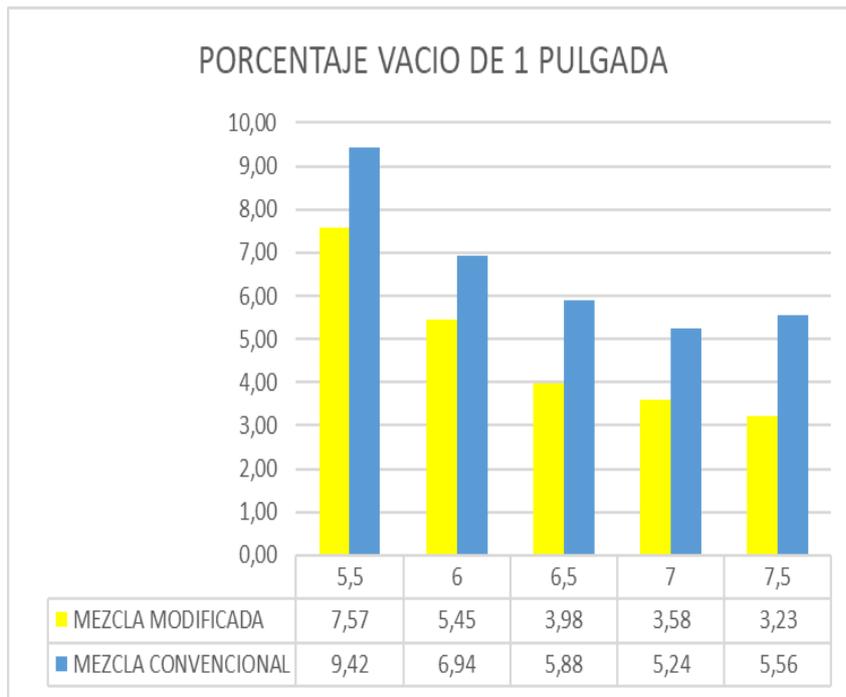
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 80 Estabilidad de las mezclas 3''



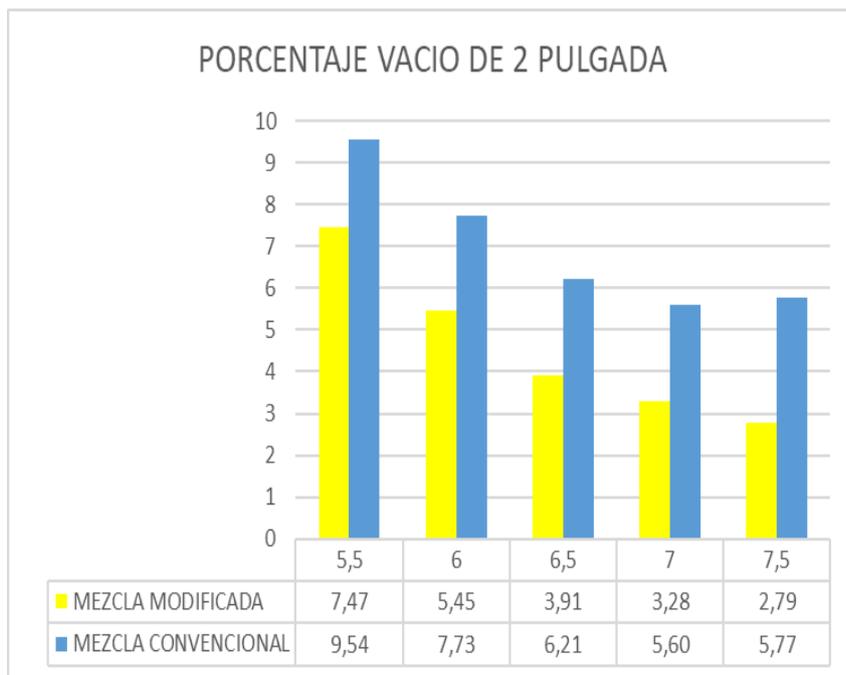
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 81 Porcentaje de vacío de las mezclas 1"



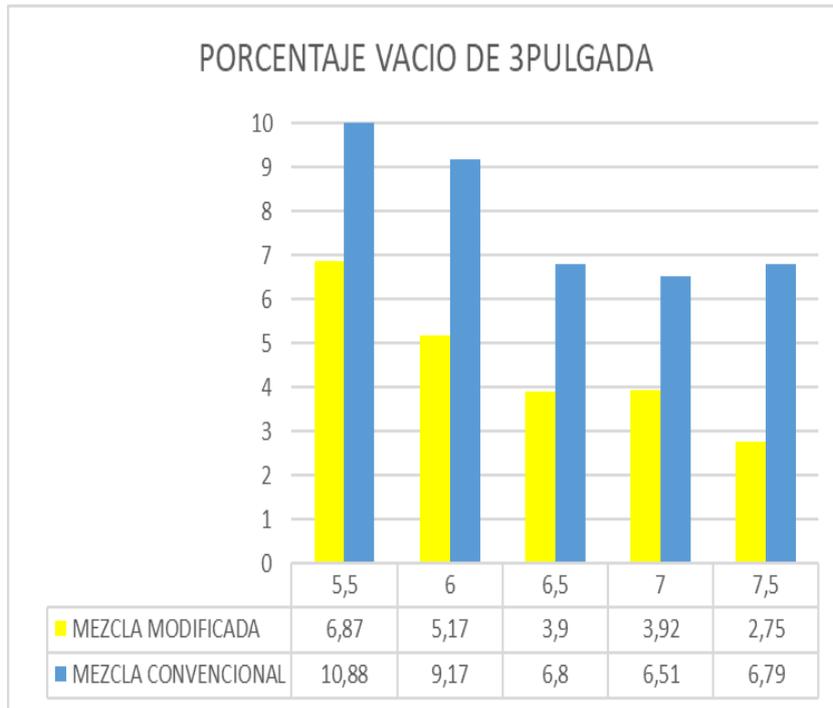
Elaborado: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 82 Porcentaje de vacío de las mezclas 2"



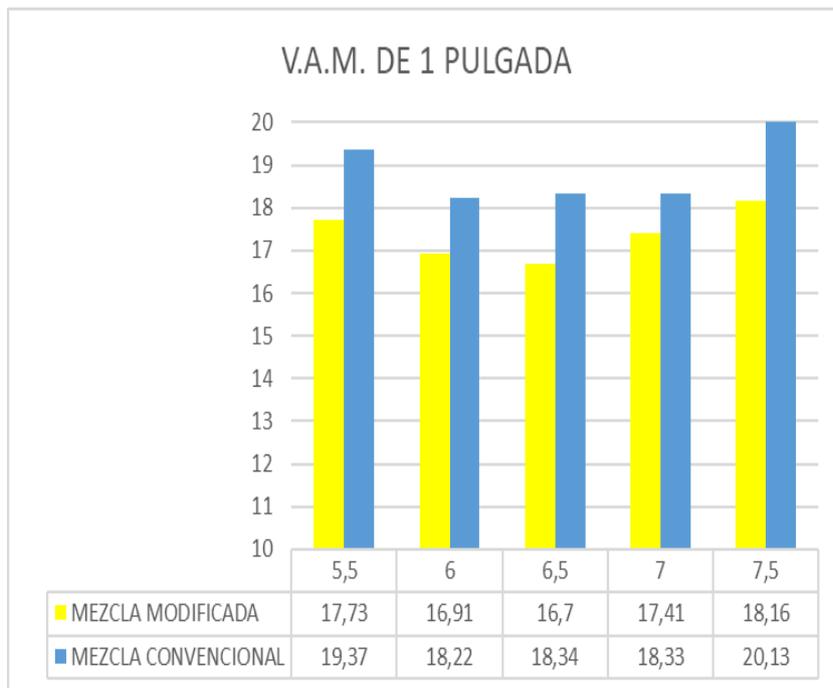
Elaborado: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 83 Porcentaje de vacío de las mezclas 3"



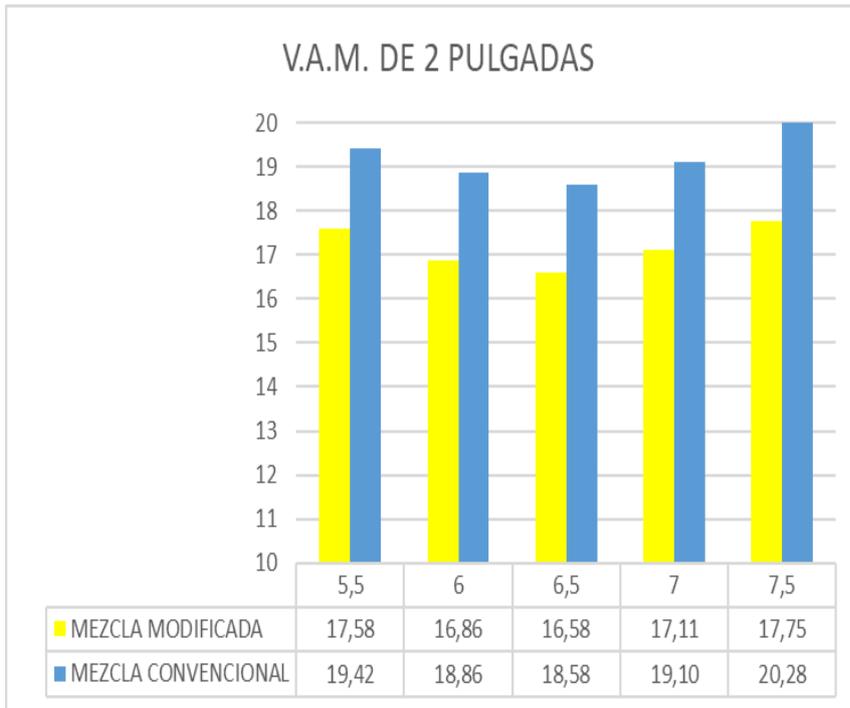
Elaborado: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 84 V.A.M. de las mezclas 1"



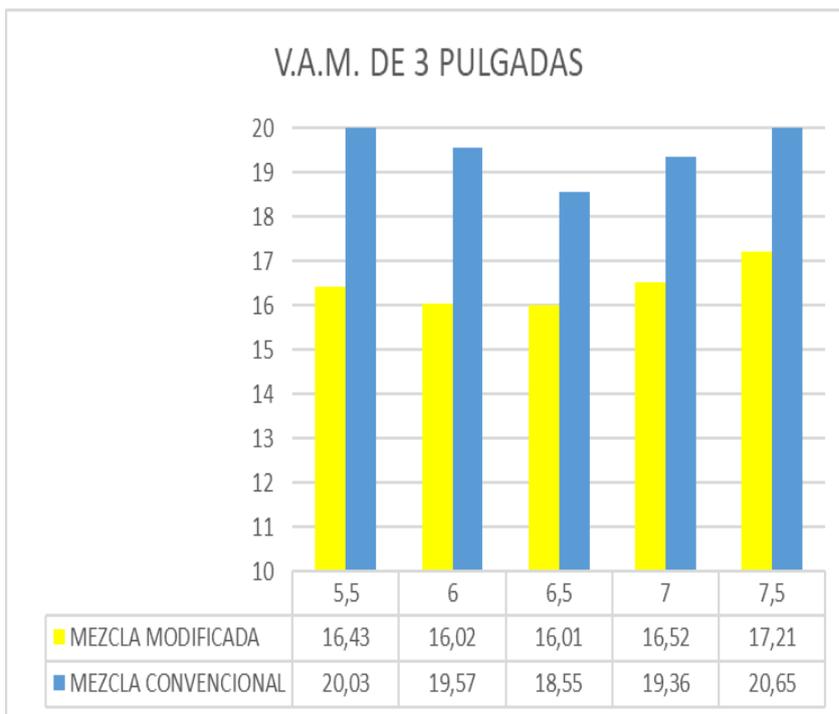
Elaborado: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 85 V.A.M. de las mezclas 2"



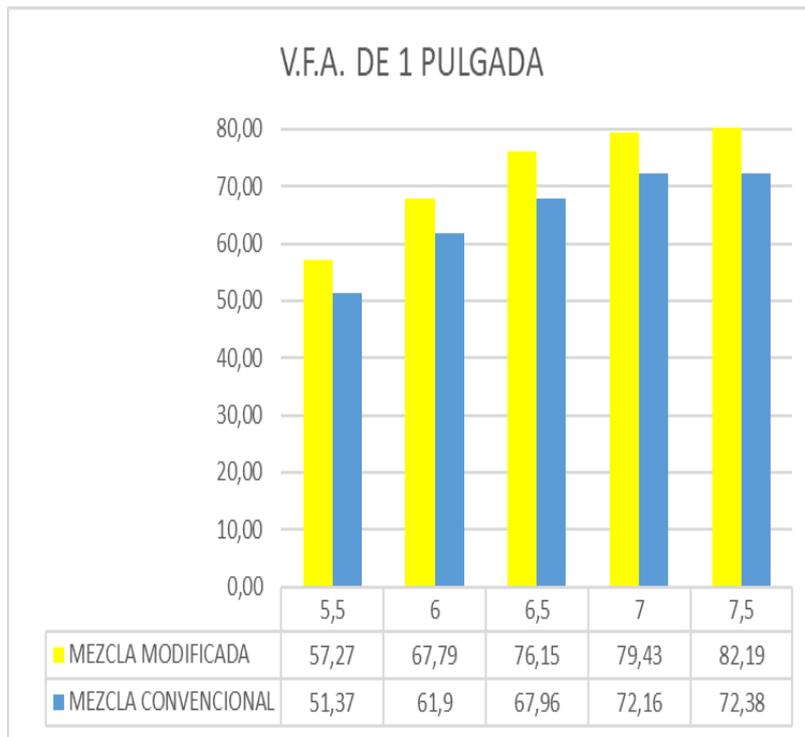
Elaborado: Mendiola & Soria, (2024)

Figura 86 V.A.M. de las mezclas de 3"



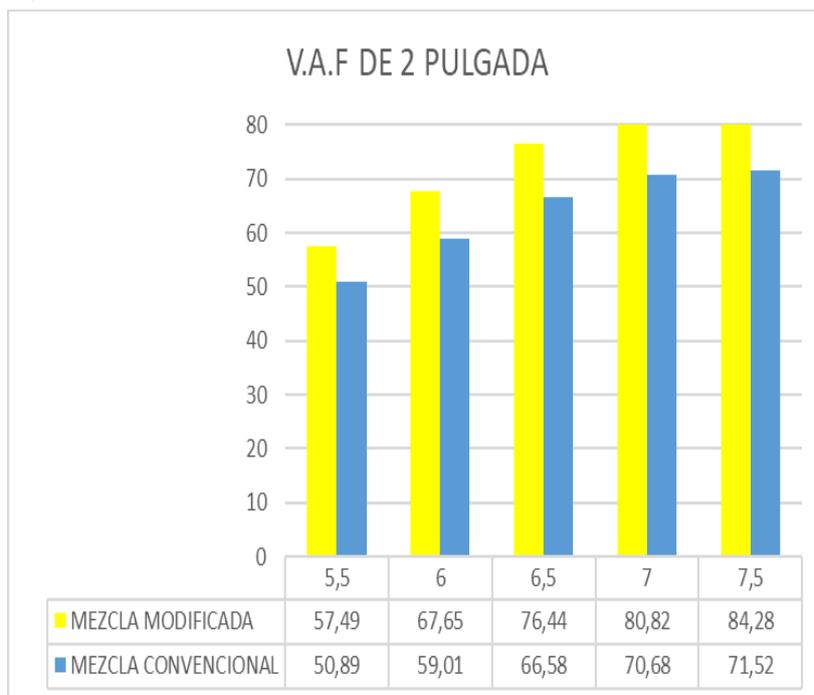
Elaborado: Mendiola & Soria, (2024)

Figura 87 V.F.A de las mezclas 1"



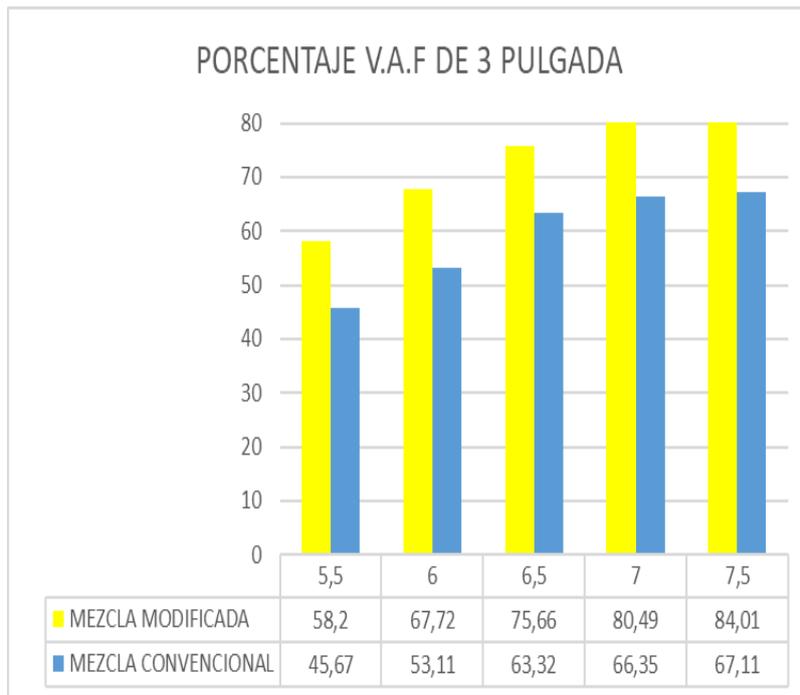
Elaborado: Mendiola & Soria, (2024)

Figura 88 V.F.A de las mezclas 2"



Elaborado: Mendiola & Soria, (2024)

Figura 89 V.F.A de las mezclas 3"



Elaborado: Mindiola & Soria, (2024)

Finalmente, se da como resultado que la mezcla modificada con los aditivos estudiados tiene mayor resistencia, menor porcentaje de vacíos, su viscosidad tiene mejores propiedades, mayor compactación, su durabilidad es más ventajosa. Sin embargo, se delimita que el material con el que se estudió también fue de ayuda para que la mezcla resulte con buenas propiedades.

4.4 Análisis de presupuesto

4.1.1 Estudio del presupuesto

Económicamente, el uso de plástico PET-fibra conlleva un costo inicial más alto debido al precio de los materiales y el procesamiento adicional requerido. Sin embargo, este costo puede ser compensado a largo plazo por los beneficios en durabilidad y reducción de costos de mantenimiento. El análisis de costo-beneficio indica que, aunque la inversión inicial es mayor, la mezcla con PET-fibra podría resultar más rentable en el tiempo debido a su potencial para reducir la frecuencia de reparaciones y extender la vida útil de la infraestructura.

Así, la mezcla con PET-fibra no solo contribuye a la sostenibilidad al reutilizar materiales reciclados, sino que también puede ofrecer una solución más económica

a largo plazo. Por esta razón, se plantea el análisis de los resultados de ambas las mezclas estudiadas donde se toma en cuantas las mezclas con los porcentajes óptimos más viables en términos de propiedades, estos son el de 1 pulgada con 6,5% el de 2'' con 6% y el de 3'' con 5,5%, para esto se debe de delimitar sus gramos utilizados en el laboratorio. A continuación, se detalla en las tablas 73, 74 y 75 análisis de los resultados con la mezcla modificada con plástico PET Y FIBRA:

Tabla 73 APU de mezcla asfáltica con aditivos de 1'' con 6,5%

| PAVIMENTO FLEXIBLE 1" CON 62,5 gr | | | | |
|-----------------------------------|--------|----------|-------------|----------|
| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNITARIO | P. TOTAL |
| PIEDRA 3/4 | M3 | 0.00 | 12.90 | 0.00 |
| PIEDRA 3/8 | M3 | 117.58 | 10.32 | 1213.43 |
| ARENA NATURAL | M3 | 35.05 | 2.07 | 72.55 |
| PET | KG | 2607.87 | 0.40 | 1043.15 |
| FIBRA PLASTICA | M2 | 1851.96 | 1.12 | 2074.20 |
| ASFALTO AC-20 | KG | 14020.80 | 0.29 | 4066.03 |
| DIESEL | GL | 1575.00 | 1.75 | 2756.25 |
| TOTAL DE COSTO | | | | 11225.60 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 74 Mezcla asfáltica modificada de 2'' con 6%

| PAVIMENTO FLEXIBLE 2" CON 50 gr | | | | |
|---------------------------------|--------|----------|-------------|----------|
| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNITARIO | P. TOTAL |
| PIEDRA 3/4 | M3 | 48.00 | 2.06 | 98.88 |
| PIEDRA 3/8 | M3 | 132.00 | 5.90 | 778.80 |
| ARENA NATURAL | M3 | 120.00 | 3.60 | 432.00 |
| PET | KG | 4206.24 | 0.40 | 1682.50 |
| FIBRA PLASTICA | KG | 2987.04 | 1.12 | 3345.48 |
| ASFALTO AC-20 | GL | 28041.60 | 0.29 | 8061.96 |
| DIESEL | GL | 1575.00 | 1.75 | 2756.25 |
| TOTAL DE COSTO | | | | 17155.87 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 75 APU Mezcla asfáltica modificada de 3'' con 5,5%

| PAVIMENTO FLEXIBLE 3" CON 37,5 gr | | | | |
|-----------------------------------|--------|----------|-------------|----------|
| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNITARIO | P. TOTAL |
| PIEDRA 3/4 | M3 | 155.44 | 4.72 | 733.68 |
| PIEDRA 3/8 | M3 | 182.88 | 5.36 | 980.24 |
| ARENA NATURAL | M3 | 118.87 | 2.33 | 276.97 |
| PET | KG | 4732.02 | 0.40 | 1892.81 |
| FIBRA PLASTICA | M2 | 3360.42 | 1.12 | 3763.67 |
| ASFALTO AC-20 | GL | 42062.40 | 0.29 | 12092.94 |
| DIESEL | GL | 1575.00 | 1.75 | 2756.25 |
| TOTAL DE COSTO | | | | 22496.55 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

En las tablas 76, 77, 78 que se muestran a continuación se detallan los APU correspondientes a la mezcla asfáltica convencional, con los valores de sus materiales pétreos y AC20 con el porcentaje que se aplica para cada pulgada detallada anteriormente.

Tabla 76 APU de mezcla asfáltica convencional de 1''

| PAVIMENTO FLEXIBLE 1" CONVENCIONAL | | | | |
|------------------------------------|--------|----------|-------------|----------|
| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNITARIO | P. TOTAL |
| PIEDRA 3/4 | M3 | 0.00 | 12.90 | 0.00 |
| PIEDRA 3/8 | M3 | 117.58 | 10.32 | 1213.43 |
| ARENA NATURAL | M3 | 35.05 | 2.07 | 72.55 |
| ASFALTO AC-20 | KG | 22783.80 | 0.29 | 6550.34 |
| DIESEL | GL | 1575.00 | 1.75 | 2756.25 |
| TOTAL DE COSTO | | | | 10592.57 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 77 APU de mezcla asfáltica convencional de 2''

| PAVIMENTO FLEXIBLE 2" CONVENCIONAL CON 250 DE AC-20 | | | | |
|---|--------|----------|-------------|----------|
| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNITARIO | P. TOTAL |
| PIEDRA 3/4 | M3 | 48.00 | 2.06 | 98.88 |
| PIEDRA 3/8 | M3 | 132.00 | 5.90 | 778.80 |
| ARENA NATURAL | M3 | 120.00 | 3.60 | 432.00 |
| ASFALTO AC-20 | KG | 42062.40 | 0.29 | 12092.94 |
| DIESEL | GL | 1575.00 | 1.75 | 2756.25 |
| TOTAL DE COSTO | | | | 16158.87 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Tabla 78 APU de mezcla asfáltica convencional de 3''

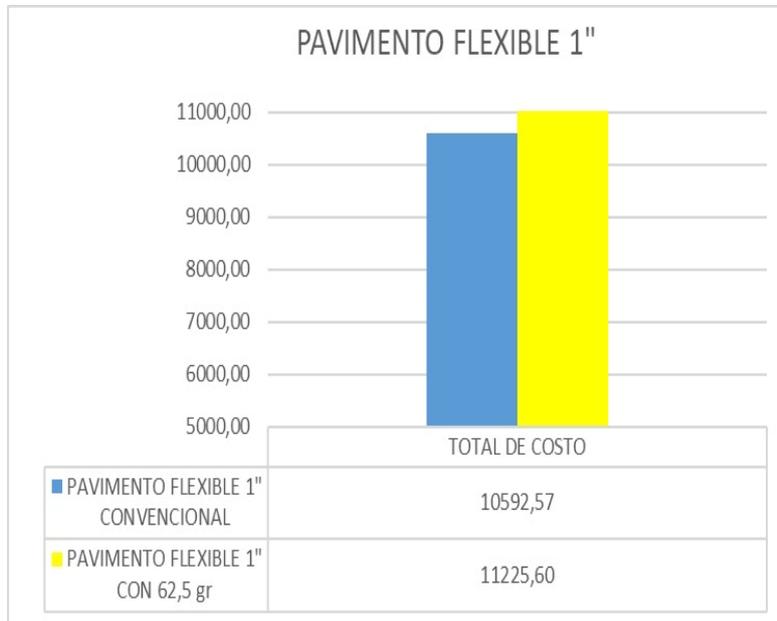
| PAVIMENTO FLEXIBLE 3" CONVENCIONAL | | | | |
|------------------------------------|--------|----------|-------------|----------|
| MATERIAL | UNIDAD | CANT. | P. UNITARIO | P. TOTAL |
| PIEDRA 3/4 | M3 | 155.44 | 4.72 | 733.68 |
| PIEDRA 3/8 | M3 | 182.88 | 5.36 | 980.24 |
| ARENA NATURAL | M3 | 118.87 | 2.33 | 276.97 |
| ASFALTO AC-20 | GL | 57835.80 | 0.29 | 16627.79 |
| DIESEL | GL | 1575.00 | 1.75 | 2756.25 |
| TOTAL DE COSTO | | | | 21374.92 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Cabe recalcar que en las tablas se maneja un presupuesto que equivale a 1km de vía, de 6 metros y de delimita para cada espesor de la capa y el porcentaje de densidad de cada material. Teniendo como resultados detallas en las imágenes 90, 91, 92 que la mezcla modificada o con aditivos tiene un mayor presupuesto, pero a largo plazo los materiales tienden a ser de mayor resistencia lo que en términos de

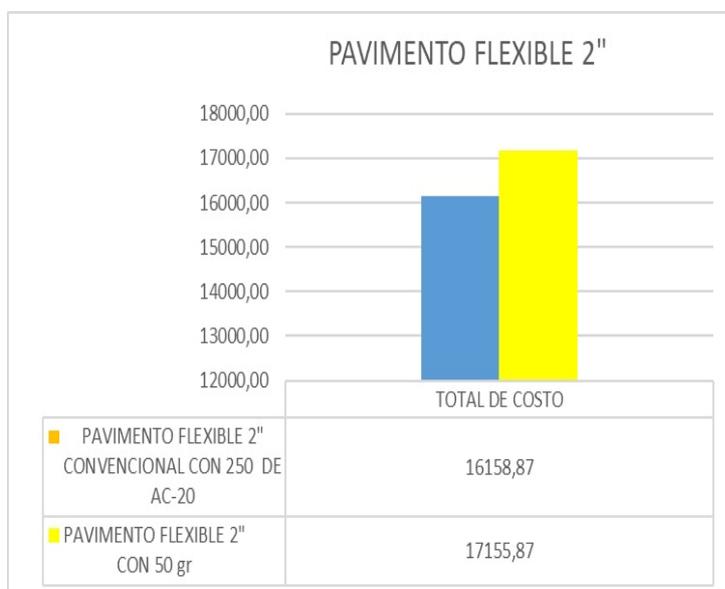
mantenimiento se estaría evitando en un largo tiempo. en las imágenes que se detallan a continuación se demuestra que el precio no varía demasiado y que si sería una buena opción utilizar este tipo de mezclas ya que los mantenimientos en ocasiones tienden a ser de precios elevados.

Figura 90 Análisis comparativo del APU de mezclas de 1''



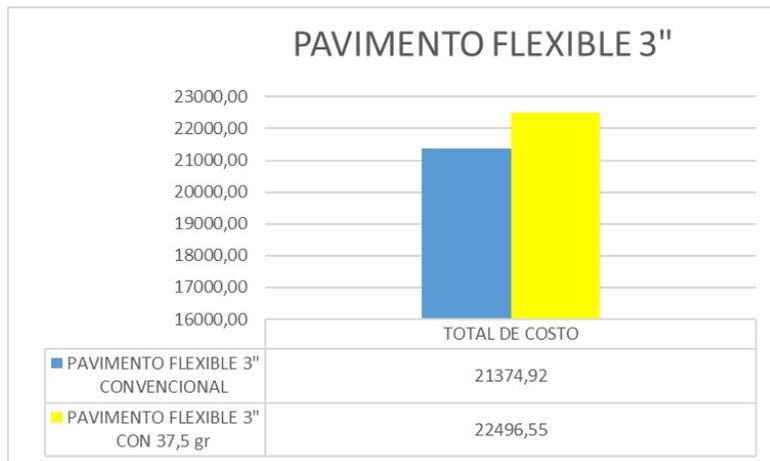
Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 91 Análisis comparativo del APU de mezclas de 2''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Figura 92 Análisis comparativo del APU de mezclas de 3''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

4.4.2 Análisis de los resultados de presupuestos

Para poder concretar con nuestro presupuesto se estima los porcentajes que se obtuvo con respecto a las propiedades físicas y mecánicas encontradas en cada material. Mediante los análisis se estudia que los indicadores al analizar cada una de las mezclas realizadas poseen mayor rentabilidad lo que en términos de costos disminuye el valor que se estima en la mezcla que se elaboró con materiales reciclados.

La mezcla asfáltica convencional de 1'' 2'' y 3'', presenta resistencias menores a la de la mezcla asfáltica convencional, lo que se estima como indicador para que en términos de propiedades mecánicas el presupuesto varíe. A esto se refiere que, la mezcla modificada de 1'' 2'', 3'' pulgada posee resistencia de 2534, 2551, 2464 a la deformación plástica, flujo menor, mayor compactación, mejor viscosidad, lo que al ser analizado a simple vista su presupuesto va a ser menor en cuanto a sus propiedades ensayadas. Ya que al obtener un mejor resultado en cuanto a propiedades a su vez será de beneficio en cuanto a su costo definitivo.

Al evaluar el presupuesto para el uso de mezclas asfálticas convencionales y modificadas, es crucial considerar las propiedades estudiadas a través de las pruebas de Marshall. Las pruebas de Marshall proporcionan información valiosa sobre la estabilidad y el flujo de las mezclas asfálticas, aspectos fundamentales para su rendimiento y durabilidad. En términos de costo inicial, la mezcla asfáltica

convencional suele ser más económica, dado que sus componentes y procesos de fabricación son menos costosos. La estabilidad Marshall de esta mezcla, que evalúa su capacidad para soportar cargas sin deformaciones excesivas, es adecuada para tráfico ligero a moderado, lo que hace que su coste inicial sea más accesible.

Sin embargo, la durabilidad de la mezcla asfáltica convencional puede verse afectada por su menor resistencia al desgaste y a las deformaciones plásticas, lo que puede incrementar los costos de mantenimiento a lo largo de su vida útil. Las pruebas de flujo en el método Marshall, que miden la deformabilidad de la mezcla bajo carga, pueden revelar que las mezclas convencionales sufren más de deformaciones plásticas con el tiempo, requiriendo reparaciones y mantenimiento más frecuentes. Esto puede resultar en un costo total más alto cuando se consideran los gastos recurrentes asociados con el mantenimiento y la reparación de pavimentos.

Por otro lado, la mezcla asfáltica modificada, aunque presenta un costo inicial más alto debido a la adición de modificadores como polímeros o caucho, ofrece ventajas significativas en términos de durabilidad. Las pruebas de Marshall para estas mezclas generalmente muestran una mayor estabilidad y menor flujo, indicando una mejor resistencia a la deformación plástica y un desempeño superior bajo condiciones de tráfico pesado y altas temperaturas. Esta mayor estabilidad reduce la necesidad de mantenimiento y reparaciones, lo que puede compensar el costo inicial más elevado y ofrecer un mejor retorno de inversión a largo plazo.

En conclusión, aunque el costo inicial de la mezcla asfáltica modificada es mayor, su durabilidad y menor necesidad de mantenimiento pueden resultar en un costo total de propiedad más bajo en comparación con la mezcla convencional. Las propiedades estudiadas en las pruebas de Marshall, como la estabilidad y el flujo, son indicativas de la capacidad de la mezcla para soportar cargas y resistir deformaciones, lo que influye directamente en los costos de mantenimiento a lo largo del tiempo. Por lo tanto, es fundamental considerar no solo el costo inicial, sino también los costos a largo plazo para tomar una decisión informada sobre el tipo de mezcla asfáltica a utilizar.

CONCLUSIONES

En el análisis comparativo entre la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra y la mezcla asfáltica convencional, se observa que la mezcla modificada con PET y fibra ofrece mejoras significativas en el desempeño mecánico. Las pruebas realizadas con el método Marshall revelan que esta mezcla proporciona una mayor estabilidad y resistencia a la deformación plástica, lo que la hace más adecuada para soportar condiciones de tráfico intenso y variaciones de temperatura. Estas mejoras se deben a la capacidad del PET y la fibra para incrementar la cohesión y elasticidad de la mezcla, lo que puede traducirse en una mayor durabilidad y menor necesidad de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la carretera.

Aunque la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra puede presentar un costo inicial más alto debido al procesamiento adicional y al costo de los materiales reciclados, el análisis económico muestra que este costo puede ser compensado a largo plazo. La mayor durabilidad y resistencia de la mezcla pueden reducir significativamente los gastos de mantenimiento y reparación, justificando la inversión inicial adicional. En contraste, la mezcla convencional es más económica al principio, pero podría resultar en costos más altos de mantenimiento y reparaciones debido a su menor durabilidad.

En términos de sostenibilidad, la mezcla con PET-fibra destaca por su contribución positiva al reciclaje y la reducción de la huella ambiental. Este factor, junto con las ventajas en desempeño y el potencial ahorro en costos de mantenimiento, sugiere que la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra es una opción viable para proyectos de carreteras a largo plazo, especialmente cuando se prioriza la durabilidad y la sostenibilidad ambiental. Sin embargo, la decisión final debe considerar el presupuesto disponible y los objetivos específicos del proyecto

RECOMENDACIONES

Para abordar eficazmente el análisis comparativo entre la mezcla asfáltica con plástico PET-fibra y la mezcla asfáltica convencional, se recomienda enfocar la investigación en varios aspectos clave. Primero, se debe realizar una evaluación exhaustiva utilizando el método Marshall para medir las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla con PET-fibra. Esta evaluación debe incluir pruebas adicionales que permitan analizar la durabilidad y el comportamiento bajo diferentes condiciones ambientales y de carga. La información obtenida proporcionará una base sólida para comparar el desempeño de ambas mezclas y para ajustar los parámetros de mezcla, como la proporción de PET y fibra, para optimizar su rendimiento.

En segundo lugar, es crucial determinar el porcentaje óptimo de plástico PET y fibra que maximice las propiedades deseadas de la mezcla asfáltica. Para ello, realiza una serie de experimentos variando las proporciones de PET y fibra en la mezcla y analiza los resultados en términos de estabilidad, fluencia y durabilidad. Esto permitirá identificar la combinación que ofrece el mejor equilibrio entre el desempeño técnico y la viabilidad económica, ayudando a garantizar que la mezcla modificada no solo sea eficaz, sino también económica de producir.

Finalmente, lleva a cabo un análisis económico detallado que compare el costo de producción de ambas mezclas, considerando no solo los costos iniciales de adquisición de materiales, sino también los costos a largo plazo asociados con el mantenimiento y la durabilidad. Este análisis debe incluir una evaluación de los beneficios potenciales en términos de reducción de mantenimiento y mejoras en la vida útil de la carretera. Presenta estos hallazgos de manera clara, destacando cómo los costos y beneficios de la mezcla con PET-fibra se comparan con los de la mezcla asfáltica convencional, para proporcionar una visión completa de la viabilidad económica y técnica de cada opción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel , R., & Rojas , E. (25 de Agosto de 2023). *Análisis estructural entre: pavimento flexible convencional, geomalla biaxial y material granular estabilizado con asfalto, para mejorar comportamiento mecánico, en parroquia Manglaralto, cantón y provincia de Santa Elena*. Tesis, Universidad Estatal Península de Santa Elena , Ingeniería Civil , Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10035>
- Cabrera , S., & Laura, V. (18 de 12 de 2022). *Influencia del uso de PET reciclado como reemplazo de agregados en la respuesta mecánica y durabilidad de mezclas asfálticas*. Maestría, Universidad de los Andes, Los Andes. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/3bc9ed01-d0fb-44e5-bd2a-c96abc5012a3>
- Camacho , J., & Espinoza , F. (diciembre de 2022). *Aplicación de la fibra de plástico reciclado para el mejoramiento óptimo de pavimento rígido, caso Av. Manuel E. Cordero y Av. Mariscal Castilla-Huancané-Puno*. Tesis, Universidad Ricardo Palma, Ingeniería civil, Lima. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5998>
- Camacho , Y., Gomez , L., & Lopez , L. (18 de septiembre de 2022). *Viabilidad diseño de mezcla asfáltica modificada con 1% de fibra de PET*. Tesis, Universidad Cooperativa de Colombia, Ingeniería Civil, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/80522609-4f9b-46ba-8e20-2597292ffad6>
- Cedeño. (16 de mayo de 2019). Obtenido de <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24604w/tecnicas-e-instrumentos-de-investigacion.pdf>
- Chan , L., Solis , R., & Moreno , E. (22 de enero de 2022). Obtenido de <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen7/influencia.pdf>
- Estrada, C. (27 de octubre de 2020). *Envaselia Corporation*. Obtenido de <https://www.ensavelia.com/blog/tereftalato-de-polietileno-id12.htm>

- Herrera, J., & Valencia, A. (2021). *Mezcla asfáltica con polietileno características que aporta en la mezcla asfáltica*. Universidad Católica de Colombia , Ingeniería civil , Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/da522f2c-d340-4e73-b262-dd717b6be6ce/content>
- INEN. (2020). *Normativas para la construcción de vías* (Vol. 2). Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>
- Lennon, H., Rubiano, L., & Mejía, J. (23 de junio de 2019). *Características que aporta el PET (Polietileno Tereftalato) en la mezcla de Asfalto*. Tesis, Universidad técnica de Barranquilla , Ingeniería y construcción , Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/57e75e8a-b44a-481b-8a85-7952ae308aa7>
- León, P. (2020). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec>
- Ley orgánica de control y gestión de riesgos . (2004). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEY-DE-PREVENCIÓN-Y-CONTROL-DE-LA-CONTAMINACIÓN-AMBIENTAL.pdf>
- Maldonado, J. (Agosto de 2023). Obtenido de <https://www.finanzas.gob.ec/normas-tecnicas-del-sinfip/>
- Manterola, C. (Septiembre de 2019). Obtenido de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Mendoza. (Abril de 2019). Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ministerio-transporte-baja-ejecucion-presupuesto-obras/>
- Monroy, G. (15 de septiembre de 2020). Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/jsolano,+4023.pdf>
- Monserrath, P. (2023). Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tesis%20I.C.%201777%20-%20Herrera%20Moya%20Priscila%20Monserrath.pdf>

MOP. (3 de 2018). Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/>

Obando, J. (21 de Junio de 2022). Obtenido de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/44586/ObandoOrtizJuanCamilo2022.pdf;jsessionid=FF8C97F45116D3A9D789B4B0C30D8688?sequence=1>

Paredes, D., Rafael, M., & Paredes, N. (23 de Enero de 2020). Obtenido de

<https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP56.html>

Paredes, N. (18 de Julio de 2022). Obtenido de [https://laccei.org/LACCEI2022-](https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP56.html)

[BocaRaton/meta/FP56.html](https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/meta/FP56.html)

Peñañiel, R. (13 de Diciembre de 2023). *Influencia de fibras de acero y PET*

reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente, Huancayo Junín 2022. Tesis , Universidad Continental , Perú.

Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13620>

Perez , R., & Romero , C. (12 de junio de 2020). *Estudio del comportamiento de una*

mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico (escoria y arena), adicionadas con polímero etileno vinil acetato (EVA), utilizando el ensayo MARZHALL. Tesis, Universidad tecnica de

Ambato , Ambato. Obtenido de

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26397>

Rodriguez, P., Quintanilla , J., & Elizalde , J. (Julio de 2022). *Constitución de la*

republica para obras (Segunda ed., Vol. 3). Obtenido de

https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf

Rojas, N. (16 de 04 de 2019). Obtenido de

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32429/3/Trabajo-de-Titulación.pdf>

Sociedad Estadoundense . (2019). Obtenido de

<https://la.astm.org/es/standards/aashto/>

Suarez , P., & Zuñiga, A. (2022). *Desarrollar un diseño de mezclas asfálticas convencional y mezclas asfálticas con nanotubos de carbono mediante el método Marshall*. Universidad Tecnica Particular de Loja , Ingeniería Civil, Loja. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/21956>

Tejada, B., & Alvin, N. (Agosto de 2022). *Diseño de una mezcla asfáltica ecológica utilizando polietileno* . Tesis, Escuela academica profesional de ingeniería civil, Sipan. Obtenido de <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/10270>

Torrez, R. (Julio de 2020). Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>

ANEXOS

Anexo 1 Materiales pétreos



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 2 Peso de Piedra 3/8



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 3 Peso de Piedra 3/4



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 4 Peso de Arena Natural



Elaborado: Mindiola & Soria (2024)

Anexo 5 Proceso de Tamizado



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 6 Proceso de Tamizado



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 7 Calentamiento de los agregados pétreos y el Ac20



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 8 Integración del Aditivo fibra plástica



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 9 Integración del aditivo PET



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 10 Integración de los agregados pétreo, Ac20, PET y Fibra plástica



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 11 Homogeneidad de la mezcla



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 12 Verificación de temperatura



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 13 Compactación de mezcla



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 14 Briquetas de mezclas asfálticas



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 15 Pesaje de briquetas



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 16 Ensayo de Marshall briqueta de 1"



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 17 Ensayo de Marshall briqueta de 2"



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 18 Ensayo de Marshall briqueta de 3"



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 19 Calentamiento del material para ensayo Granulométrico



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 20 Peso del material para briquetas



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 21 Peso del material



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 22 Materiales pétreos



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 23 Cantera



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 24 Calentamiento del AC20 y modificantes



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO : *DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA*
 SOLICITADO POR: *SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA*
 DESCRIPCION: *ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PLÁSTICA PET -FIBRA Y MAC*
 FISCALIZADOR: *UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE*
 FECHA : 19 de julio de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 3/8" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

Agregados 3/8" Chispa 77% e = 1"
 Arena Natural 23%

B) Granulometría de Agregados

| | Tamices | % Pasante | Faja de Control | | Especific. Tipo A |
|----------|---------|-----------|-----------------|---------|-------------------|
| 12,5 mm | 1/2" | 100 | 100 | | 100,0 |
| 9,5 mm | 3/8" | 95,3 | 88,3 | - 102,3 | 90-100 |
| 4,75 mm | 4 | 73,0 | 66,0 | - 80,0 | 55-85 |
| 2,36 mm | 8 | 55,1 | 49,1 | - 61,1 | 32-67 |
| 1,18 mm | 16 | 40,4 | 34,4 | - 46,4 | |
| 0,60 mm | 30 | 29,0 | 24,0 | - 34,0 | |
| 0,3 mm | 50 | 15,2 | 10,2 | - 20,2 | 7-23. |
| 0,15 mm | 100 | 10,4 | 6,4 | - 14,4 | |
| 00,75 mm | 200 | 7,5 | 4,5 | - 10,5 | 2-10. |

Gravedad Especifica de Masa = 2,635
 Gravedad Especifica Efectiva = 2,688
 Gravedad Especifica Aparente = 3,077
 Porcentaje de Asfalto Absorbido = 1,04%

C) Control de Diseño

| Propiedad | Valor Obtenido | Especificaciones | |
|-----------------------------|----------------|------------------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Vacios (%) | 4,00 | 3,00 | 5,00 |
| V.M.A. (%) | 16,70 | 16,00 | ..... |
| Estabilidad (Lbs.) | 2,500 | 1.800 | ..... |
| Flujo | 11,40 | 8,00 | 14,00 |
| Contenido Optimo de Asfalto | | 6,50% | |
| Relacion Filer/Betùn | | 1,153% | |

Temperatura de mezcla en planta 135 - 150 °C

Aditivo PET - FIBRA = 0,1 % del Contenido Optimo de Diseño.

Ensayo ASTM D - 3625 > 95% Peladura (Cumple).

Esta dosificacion si es necesario será reajustada en planta al momento de su produccion.

Los materiales empleados en el presente Diseño de Mezcla Asfáltica provienen de RIO CHIMBO y

INDUCTROC S.A. VIA SALITRE - y que han sido sometidos a todos los Ensayos y Tolerancias

Establecidas en las Especificaciones del MTOP 001-F - 2002 y que constan en el Manual del Instituto

Norteamericano de Asfalto.

Anexo 26 Análisis granulométrico agregado medio

Paco Alcóser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

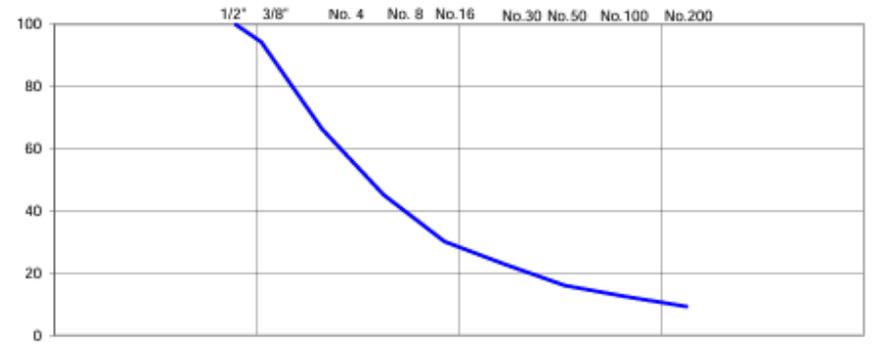
ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA
 CONTRATISTA: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
 FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE FECHA: 15/07/2024
 MATERIAL: AGREGADO MEDIO (Agregado de 3/8")

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | FAJA DE TRABAJO |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|-----------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | | | | |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/8" | 132,0 | 5,6 | 94,4 | |
| No. 4 | 800,0 | 33,7 | 66,3 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 1.300,0 | 54,8 | 45,2 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 1.658,0 | 69,9 | 30,1 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 1.828,0 | 77,1 | 22,9 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.992,0 | 84,0 | 16,0 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 2.078,0 | 87,6 | 12,4 | |
| No. 200 | 2.153,0 | 90,8 | 9,2 | |
| Pasa el No. 200 | 218,0 | 9,2 | | |
| TOTAL | 2.371,0 | | | |

Peso Total del Lavado 2.371,0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humeda | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 10 | 128,2 | 124,1 | 6,1 | 3,47% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 27 Análisis Granulométrico Arena Natural

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

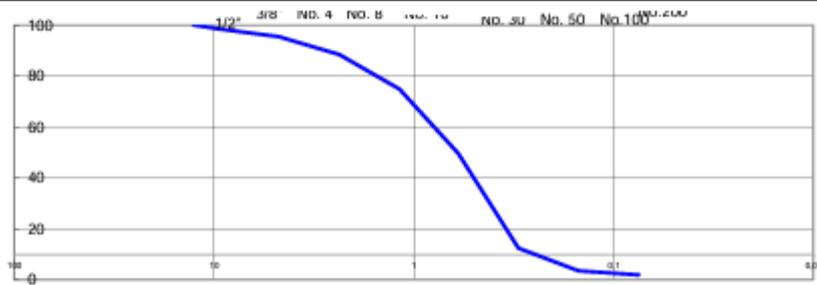
ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA
 CONTRATISTA: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
 FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE FECHA: 15/07/2024
 MATERIAL: Arena Natural

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | FAJA DE TRABAJO |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|-----------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 | |
| No. 4 | 66,0 | 4,6 | 95,4 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 166,0 | 11,6 | 88,4 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 360,0 | 25,2 | 74,8 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 720,0 | 50,4 | 49,6 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.249,0 | 87,5 | 12,5 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 1.377,0 | 96,4 | 3,6 | |
| No. 200 | 1.400,0 | 98,0 | 2,0 | |
| Pasa el No. 200 | 28,0 | 2,0 | | |
| TOTAL | 1.428,0 | | | |

Peso Total del Lavado 1.428,0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 21 | 180,2 | 174,4 | 5,4 | 3,43% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 28 Graduación Combinada para mezclas

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

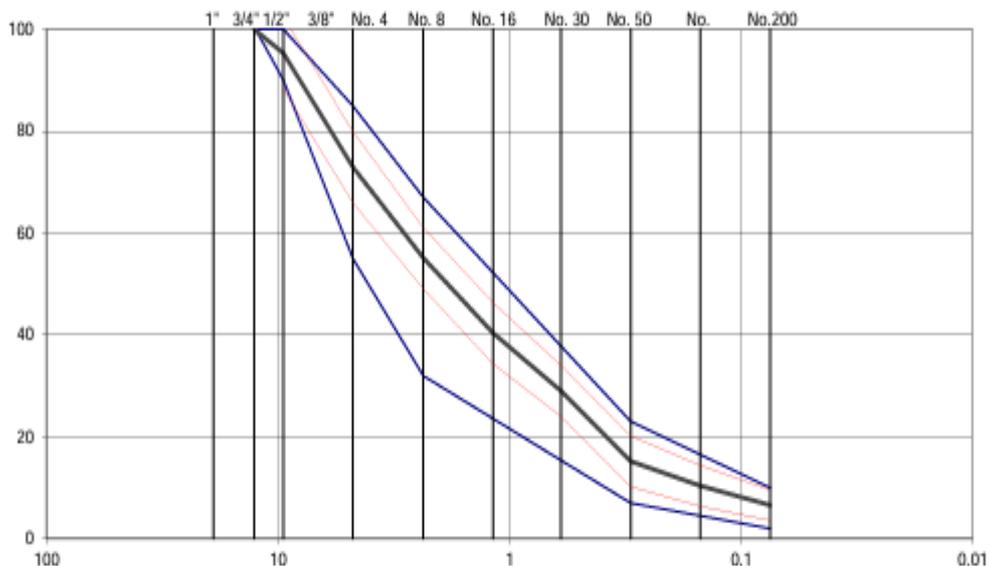
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

| | | |
|---|---------------------------|------------------|
| PROYECTO: PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA | MEZCLA ASFALTICA T/N 3/8" | 16 de julio/2024 |
|---|---------------------------|------------------|

| Agregado | Cantera | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
|---------------------------------------|---------|------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 3/8" | | 100 | 94,4 | 66,3 | 45,2 | 30,1 | 22,9 | 16,0 | 12,4 | 9,2 |
| A. Natural | | 100 | 98,4 | 95,4 | 88,4 | 74,8 | 49,6 | 12,5 | 3,6 | 2,0 |
| Especificaciones Deseadas 2002 | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |

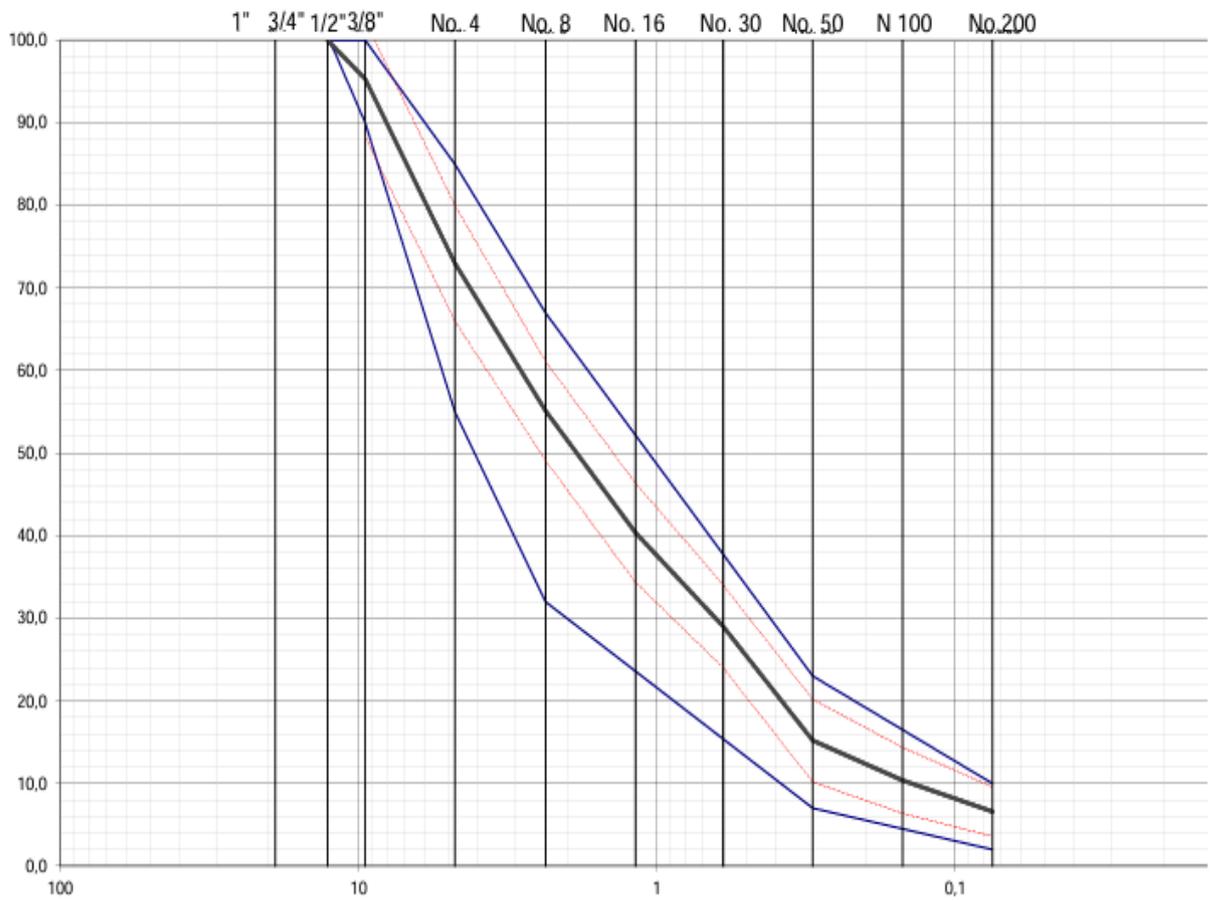
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS PRUEBA

| Agregado | Porcentaje Usado | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
|----------------------------------|------------------|------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 3/8" | 77% | 77,0 | 72,7 | 51,1 | 34,8 | 23,2 | 17,6 | 12,3 | 9,5 | 7,1 |
| A. Natural | 23% | 23,0 | 22,6 | 21,9 | 20,3 | 17,2 | 11,4 | 2,9 | 0,8 | 0,5 |
| | | 100 | 95,3 | 73,0 | 55,1 | 40,4 | 29,0 | 15,2 | 10,4 | 7,5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |
| | | 100 | 95 | 70 | 50 | | | 15 | | 6 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 102 | 80 | 61 | 46 | 34 | 20 | 14 | 10 |
| | | | 88 | 66 | 49 | 34 | 24 | 10 | 6 | 4 |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 29 Curva granulométrica de la Mezcla



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 30 Gravedades específicas agregado medio

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECÍFICAS

| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| MATERIAL: | AGREGADO MEDIO (Agregado de 3/8") |
| FECHA: | 17 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECÍFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1/2" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|--------------------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 4.692,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 4.800,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 3.060,0 gr |
| | |
| Gravedad Especifica de masa | 2,697 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,759 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica aparente | 2,875 gr/cm³ |
| % de absorción | 2,30% |

GRAVEDADES ESPECÍFICAS

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz # 200

| | |
|--|--------------------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 490,0 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 312,0 gr |
| | |
| Gravedad Especifica de masa | 2,606 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,660 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica aparente | 2,753 gr/cm³ |
| % de absorción | 2,04% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 31 Gravedades específicas de arena natural

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| MATERIAL: | Arena Natural |
| FECHA: | 17 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 0,00 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 0,00 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 0,00 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 0,000 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 0,000 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 0,000 gr/cm3 |
| % de absorción | 0,00% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARENA NATURAL

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz # 200

| | |
|--|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 490,00 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,00 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 308,10 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,553 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,606 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,694 gr/cm3 |
| % de absorción | 2,04% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 32 Gravedad específica mezcla asfáltica RICE

Paco Alcóser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

| GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA ASFALTICA RICE | | | | |
|--|---|---|--|-------|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA M | | | |
| SOLOCITADO POR: | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. J | | | |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE RO | | | |
| Fecha: | 18 de julio de 2024 | | | |
| C. Asfalto= | 6,5% | | | |
| P. E. Asfalto= | 1,014 | | | |
| P. Asfalto= | 65 | | | |
| Peso del Material | 1.000,0 | | | |
| Peso del Picnómetro + Agua | 3.086,0 | | | |
| Peso Picnómetro + Agua + Material | 3.674,0 | | | |
| GRAVEDAD MAX. TEORICA RICE | $\frac{1.000,0}{1.000,0 + 3.086,0 - 3.674,0}$ | = | | 2,427 |
| GRAVEDAD EFECTIVA | $\frac{100 - 6,5}{\frac{100,0}{2,427} - \frac{6,5}{1,014}}$ | = | | 2,688 |
| GRAVEDAD 3/8" | $\frac{100}{\frac{32,2}{2,697} + \frac{67,8}{2,606}}$ | = | | 2,635 |
| GRAVEDAD BULK | $\frac{100}{\frac{77,0}{2,635} + \frac{23,0}{2,553}}$ | = | | 2,616 |
| PORCENTAJE DE ABSORCION | $100 \times \frac{2,688 - 2,616}{2,688} \times 1,014$ | = | | 1,04% |
| GRAVEDAD APARENTE | $\frac{100}{\frac{65,0}{2,709} + \frac{23,0}{2,703}}$ | = | | 3,077 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 33 Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall

Paco Alcoser
Laboratorio de Suavos
y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL

| | | | |
|--------------|---|--------------------------|------------|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA | USO: | |
| CONTRATISTA: | SRA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTIAN SORIA | FECHA REPORTE: | 18/01/2024 |
| | | GRADO CEMENTO ASFÁLTICO: | AC - 20 |

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS PARA DISEÑO : $G_{sp}^a = 2,616$ PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO ASFÁLTICO $G_{sp}^b = 1,014$

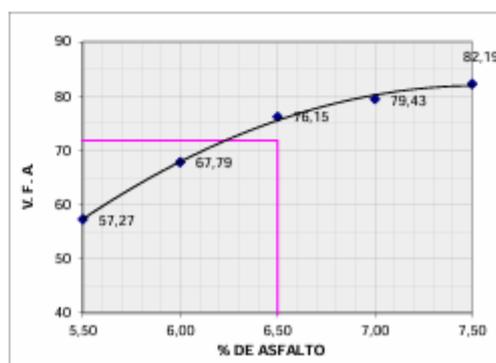
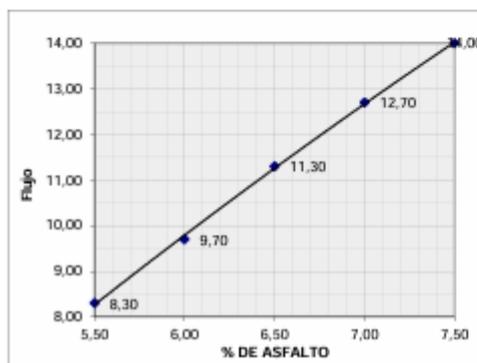
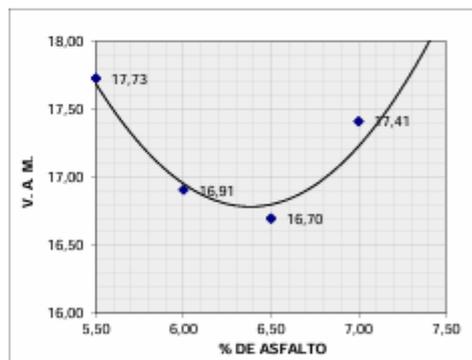
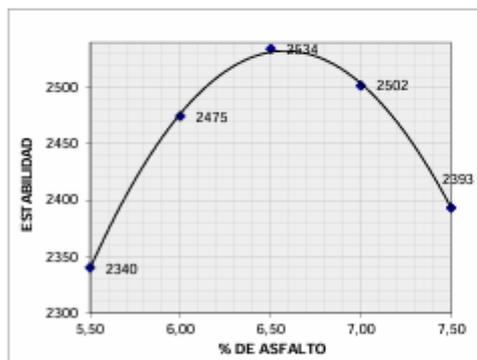
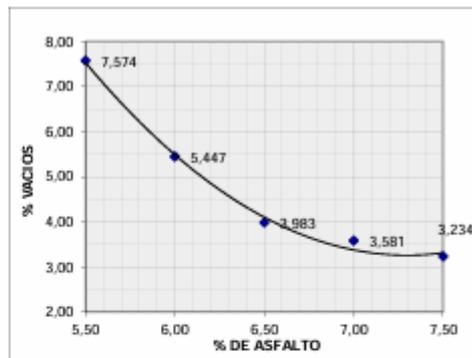
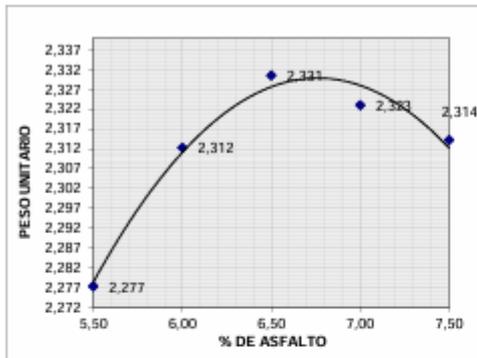
| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECÍFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN % TOTAL | | | VACIOS EN AIRE (%) | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCIÓN | ESTABILIDAD - IIR | | FLUJO 0.01" | |
|-----------------|--------------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|---------------|--------------|---------------------|--|--|---------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------|--------------|-------------|--|
| | | SECA EN AIRE | S.S.S EN AIRE | EN AGUA | | TEÓRICO | MAXIMO MEDIDO | AGREGADOS | | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | MECIDA | | | | | CORREGIDA | | | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t | |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | | $\frac{(j - N) \cdot G}{(100 - N) \cdot G_{sp}}$ | $\frac{(100 - N) \cdot g}{G_{sp} \cdot (1 - \frac{g}{j}) \cdot 100}$ | $100 - i - 1$ | $100 - k$ | $\frac{(100 - N) \cdot m}{100}$ | $100 \cdot \frac{p}{q}$ | | | | | |
| 1 | | 1.242.0 | 1.246.0 | 700.0 | 546.0 | 2.275 | | | | | | | | | | 0.93 | 2510 | 2.334 | 8 | |
| 2 | | 1.232.0 | 1.236.0 | 694.0 | 542.0 | 2.273 | | | | | | | | | | 0.93 | 2500 | 2.325 | 9 | |
| 3 | | 1.222.0 | 1.225.0 | 690.0 | 535.0 | 2.284 | | | | | | | | | | 0.96 | 2460 | 2.362 | 8 | |
| Promedio | 5.90 | | | | | 2.277 | 2.407 | 2.464 | 1.02 | 82.27 | 7.57 | 10.15 | 17.73 | 4.52 | 57.27 | | | 2.340 | 8 | |
| 1 | | 1.216.0 | 1.220.0 | 694.0 | 526.0 | 2.312 | | | | | | | | | | 0.96 | 2572 | 2.469 | 10 | |
| 2 | | 1.246.0 | 1.249.0 | 710.0 | 539.0 | 2.312 | | | | | | | | | | 0.93 | 2446 | 2.461 | 10 | |
| 3 | | 1.226.0 | 1.230.0 | 700.0 | 530.0 | 2.313 | | | | | | | | | | 0.96 | 2598 | 2.494 | 9 | |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.312 | 2.389 | 2.445 | 1.02 | 83.09 | 5.45 | 11.46 | 16.91 | 5.02 | 67.79 | | | 2.475 | 10 | |
| 1 | | 1.200.0 | 1.203.0 | 689.0 | 514.0 | 2.335 | | | | | | | | | | 1.00 | 2527 | 2.527 | 11 | |
| 2 | | 1.200.0 | 1.204.0 | 690.0 | 514.0 | 2.335 | | | | | | | | | | 1.00 | 3436 | 2.555 | 11 | |
| 3 | | 1.196.0 | 1.201.0 | 686.0 | 515.0 | 2.322 | | | | | | | | | | 1.00 | 2321 | 2.521 | 12 | |
| Promedio | 6.90 | | | | | 2.331 | 2.372 | 2.427 | 1.02 | 83.30 | 3.98 | 12.71 | 16.70 | 5.52 | 76.15 | | | 2.534 | 11 | |
| | | 1.210.0 | 1.212.0 | 691.0 | 521.0 | 2.322 | | | | | | | | | | 1.00 | 2516 | 2.516 | 12 | |
| | | 1.239.0 | 1.242.0 | 710.0 | 532.0 | 2.329 | | | | | | | | | | 0.96 | 2612 | 2.508 | 13 | |
| | | 1.219.0 | 1.222.0 | 696.0 | 526.0 | 2.317 | | | | | | | | | | 0.96 | 2585 | 2.482 | 13 | |
| Promedio | 7.00 | | | | | 2.323 | 2.355 | 2.409 | 1.02 | 82.59 | 3.58 | 13.83 | 17.41 | 6.02 | 79.43 | | | 2.502 | 13 | |
| | | 1.240.0 | 1.242.0 | 706.0 | 536.0 | 2.313 | | | | | | | | | | 0.93 | 2536 | 2.358 | 14 | |
| | | 1.222.0 | 1.224.0 | 696.0 | 528.0 | 2.314 | | | | | | | | | | 0.96 | 2477 | 2.378 | 14 | |
| | | 1.206.0 | 1.209.0 | 688.0 | 521.0 | 2.315 | | | | | | | | | | 1.00 | 2444 | 2.444 | 14 | |
| Promedio | 7.50 | | | | | 2.314 | 2.339 | 2.392 | 1.02 | 81.84 | 3.23 | 14.93 | 18.16 | 6.52 | 82.19 | | | 2.393 | 14 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 34 Gráficas de las propiedades en mezcla asfáltica modificada de 1''

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

PROYECTO: TESIS
FECHA: 6 de julio de 2024



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA



PROYECTO : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
DESCRIPCION: ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFALTICAS PLASTICA PET -FIBRA Y MAC
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
FECHA : 13 de julio de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 1/2" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

| | | |
|---------------|-----|------|
| Ágregado 3/4" | 16% | e=2" |
| Áridos Chispa | 44% | |
| Arena Natural | 40% | |

B) Granulometría de Agregados

| Tamaño (mm) | Tamices | 6,10% ASFALTO AC-20 | | Especif. Tipo B |
|-------------|---------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | | % Pasante | Faja de Control | |
| 19,0 mm | 3/4" | 100 | 100 | 100 |
| 12,5 mm | 1/2" | 90,1 | 82,1 - 98,1 | 90-100 |
| 9,5 mm | 3/8" | 83,2 | 76,2 - 90,2 | |
| 4,75 mm | 4 | 65,5 | 58,5 - 72,5 | 44-74 |
| 2,36 mm | 8 | 49,1 | 43,1 - 55,1 | 28-58 |
| 1,18 mm | 16 | 35,5 | 29,5 - 41,5 | |
| 0,6 mm | 30 | 21,2 | 16,2 - 26,2 | |
| 0,3 mm | 50 | 11,8 | 6,8 - 16,8 | 5-21, |
| 0,15 mm | 100 | 7,1 | 3,1 - 11,1 | |
| 0,075 mm | 200 | 5,3 | 2,3 - 8,3 | 2-10, |

Gravedad Especifica de Masa = 2,661
 Gravedad Especifica Efectiva = 2,702
 Gravedad Especifica Aparente = 2,787
 Porcentaje de Asfalto Absorbido = 0,58%

C) Control de Diseño

| Propiedad | Valor Obtenido | Especificaciones | |
|-----------------------------|----------------|------------------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Vacios (%) | 4,00 | 3,00 | 5,00 |
| V.M.A. (%) | 16,60 | 15,00 | ..... |
| Estabilidad (Lbs.) | 2,550 | 1.800 | ..... |
| Flujo | 11,50 | 8,00 | 14,00 |
| Contenido Optimo de Asfalto | | 6,10% | |
| Relacion Filler/betún= | | 0,869% | |

Temperatura de mezcla en planta 135 - 150 °C

Aditivo PET - FIBRA - Dosificacion en Peso 0,1 % de Optimo de Asfalto en Diseño.

Ensayo ASTM D - 3625 > 95% Peladura.

Esta dosificacion si es necesario será reajustada en planta al momento de su producción.

Los materiales empleados en el presente Diseño de Mezcla Asfáltica provienen de RIO CHIMBO y

INDUCTROC S.A. VIA SALITRE - y que han sido sometidos a todos los Ensayos y Tolerancias

Establecidas en las Especificaciones del MTOP 001-F - 2002 y que constan en el Manual del Instituto

Norteamericano de Asfalto.

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 36 Análisis Granulométrico agregado 3/8

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

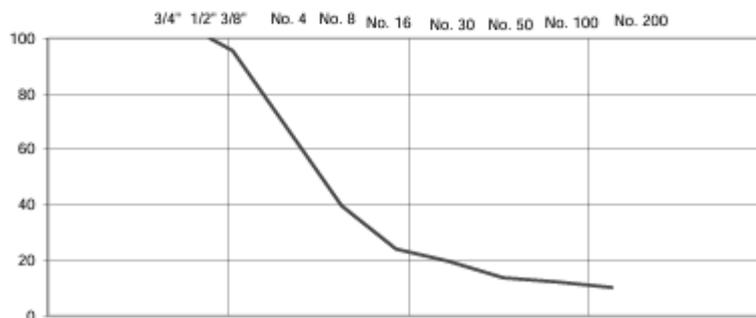


PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
 SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
 FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
 USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N 1/2"
 MATERIAL: AGREGADO 3/8" - CHISPA
 FECHA: 8 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 3/8" | 111.0 | 4.5 | 95.5 | |
| No. 4 | 800.0 | 32.2 | 67.8 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 1.500.0 | 60.3 | 39.7 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 1.886.0 | 75.9 | 24.1 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 2.000.0 | 80.4 | 19.6 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 2.147.0 | 86.3 | 13.7 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 2.184.0 | 87.8 | 12.2 | |
| No. 200 | 2.233.0 | 89.8 | 10.2 | |
| Pasa el No. 200 | 254.0 | 10.2 | | |
| TOTAL | 2.487.0 | | | |

Peso Total del Lavado **2.487.0** Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| B6 | 188.2 | 185.2 | 6.1 | 1.65% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 37 Análisis Granulométrico agregado ¾

Paco Alcázar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

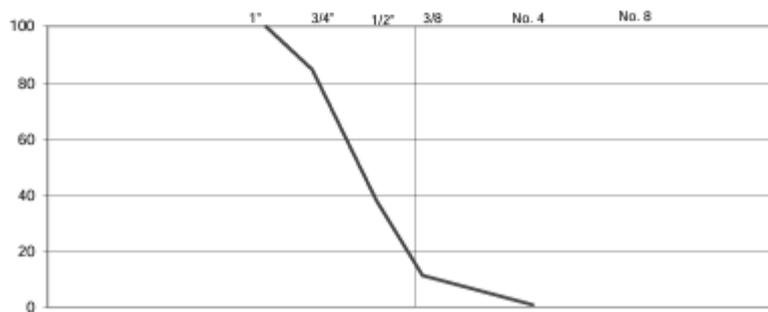


PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N 1/2"
MATERIAL: AGREGADO 3/4"
FECHA: 8 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 3/4" | 489.0 | 15.3 | 84.7 | |
| 1/2" | 2.800.0 | 62.0 | 38.0 | |
| 3/8" | 4.006.0 | 88.7 | 11.3 | |
| No. 4 | 4.480.0 | 99.2 | 0.8 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 37.0 | 0.8 | | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | | | | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | | | | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | | | | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | | | | |
| No. 200 | | | | |
| Pasa el No. 200 | | | | |
| TOTAL | 4.517.0 | | | |

Peso Total del Lavado 4.517.0 Peso antes del lavado _____
Peso Total después del Lavado _____ Peso después del lavado _____
Módulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| B6 | 212.2 | 208.8 | 7.2 | 1.69% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 38 Análisis Granulométrico Arena natural

Paco Alcózar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

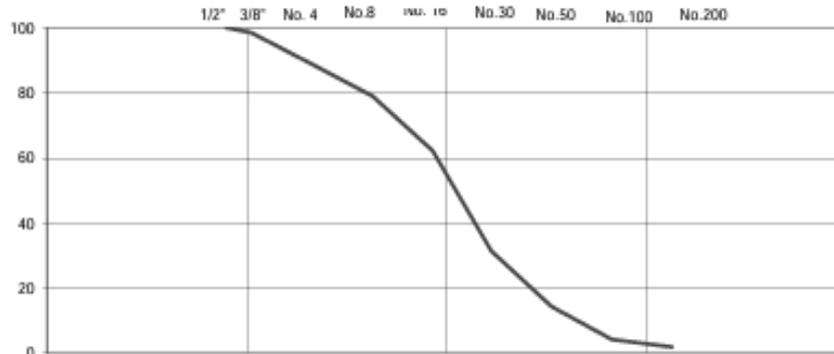


| | |
|------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| USO | MEZCLA ASFÁLTICA T/N 1/2" |
| MATERIAL | ARENA NATURAL |
| FECHA: | 8 de julio de 2024 |

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | | | | |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 | |
| No. 4 | 160,0 | 11,2 | 88,8 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 300,0 | 21,0 | 79,0 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 540,0 | 37,8 | 62,2 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 980,0 | 68,6 | 31,4 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.222,0 | 85,6 | 14,4 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 1.366,0 | 95,7 | 4,3 | |
| No. 200 | 1.400,0 | 98,0 | 2,0 | |
| Pasa el No. 200 | 28,0 | 2,0 | | |
| TOTAL | 1.428,0 | | | |

Peso Total del Lavado 1.428,0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total después del Lavado _____ Peso después del lavado _____
 Módulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Húmedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| A3 | 244,4 | 235,2 | 7,2 | 4,04% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 39 Graduación combinada para mezclas

Rico Alcaraz
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

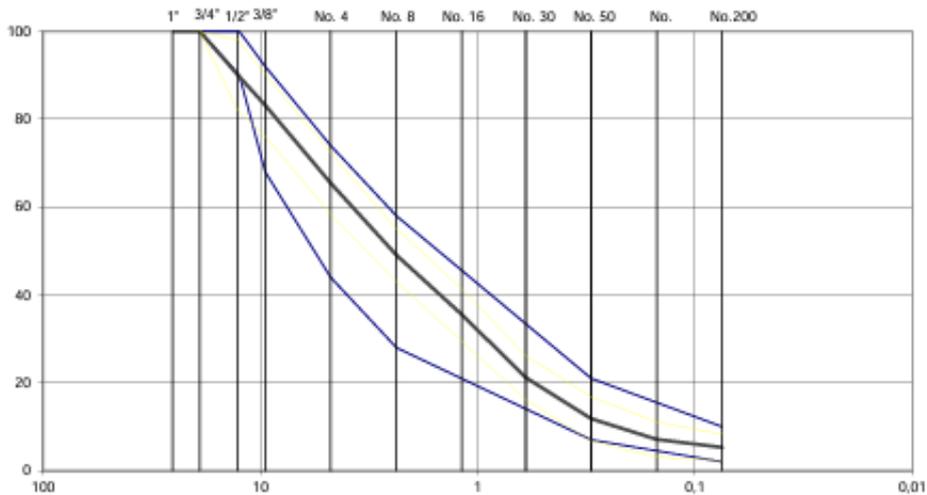


| | | |
|---|---------------------------|-----------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA | MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2" | 9 de julio/2024 |
|---|---------------------------|-----------------|

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------------------------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Aridos 1/2" | | 84,7 | 38,0 | 11,3 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Aridos 3/8" | | 100 | 100 | 95,5 | 67,8 | 39,7 | 24,1 | 19,6 | 13,7 | 12,2 | 10,2 |
| A. Natural | | 100 | 100 | 98,4 | 88,8 | 79,0 | 62,2 | 31,4 | 14,4 | 4,3 | 2,0 |
| Especificaciones Deseadas | | | | | | | | | | | |

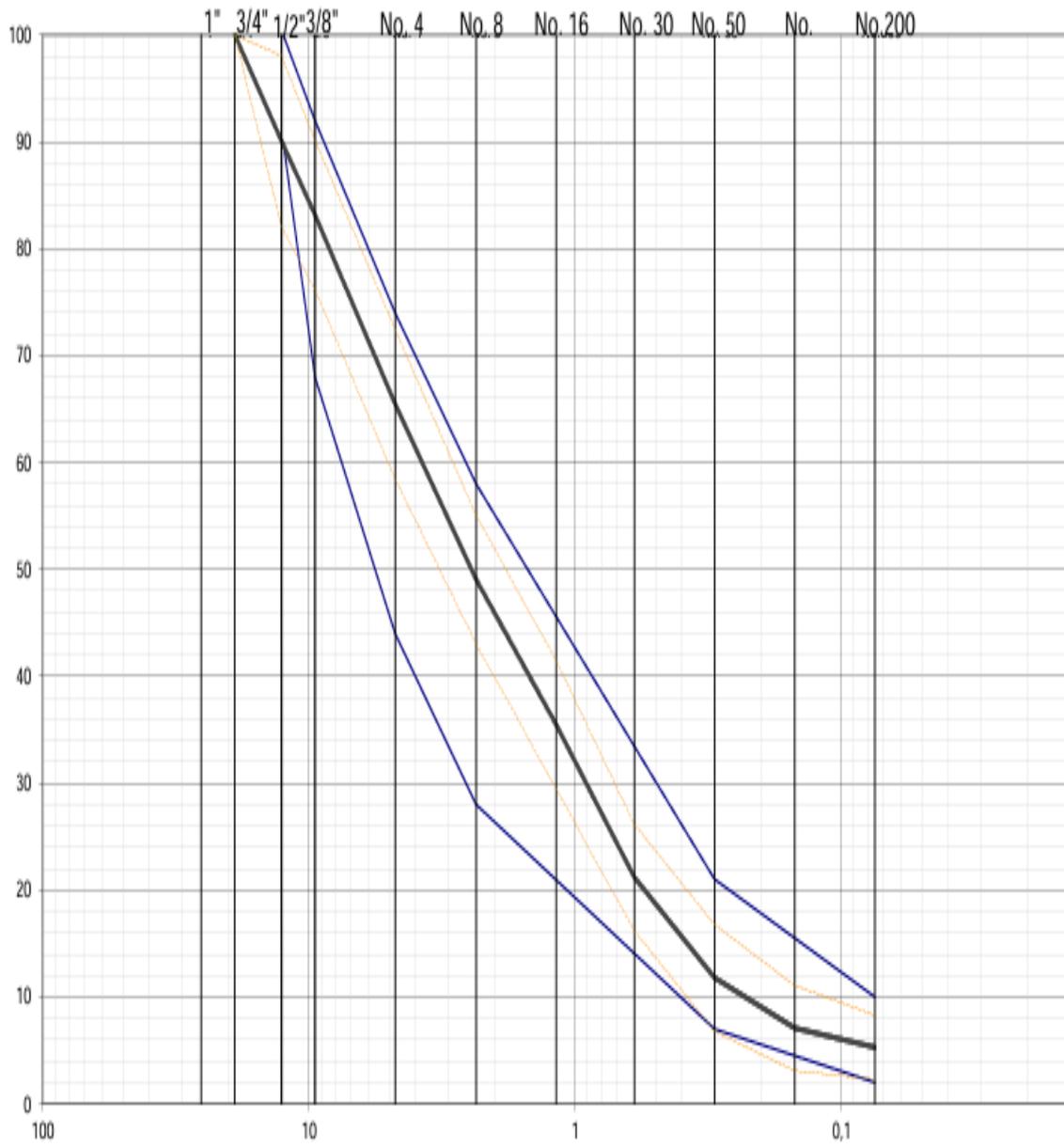
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS PRUEBA

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Aridos 1/2" | 16% | 16,0 | 6,1 | 1,8 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Aridos 3/8" | 44% | 44,0 | 44,0 | 42,0 | 29,8 | 17,5 | 10,6 | 8,6 | 6,0 | 5,4 | 4,5 |
| A. Natural | 40% | 40,0 | 40,0 | 39,4 | 35,5 | 31,6 | 24,9 | 12,6 | 5,8 | 1,7 | 0,8 |
| | | 100 | 90,1 | 83,2 | 65,5 | 49,1 | 35,5 | 21,2 | 11,8 | 7,1 | 5,3 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 100 | | 74 | 58 | | | 21 | | 10 |
| | | 95 | 90 | | 44 | 28 | | | 7 | | 2 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 98 | 90 | 72 | 55 | 41 | 26 | 17 | 11 | 8 |
| | | 92 | 82 | 76 | 58 | 43 | 29 | 16 | 7 | 3 | 2 |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 40 Curva Granulométrica de la mezcla



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 41 Gravedades específicas del agregado de 1/2"

Pico Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS



| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| USO | MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2" |
| MATERIAL | AGREGADO 1/2" |
| FECHA: | 10 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO 1/2"

Material que pasa el tamiz 3/4" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 4.766,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 4.806,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 3.111,0 gr |

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Gravedad Especifica de masa | 2,812 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,835 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,880 gr/cm3 |
| % de absorción | 0,84% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARENA DE RIO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|----------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 491,6 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 306,0 gr |

| | |
|-------------------------------|---------------------|
| Gravedad Especifica de masa | 2,534 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,577 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,649 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,71% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS



| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| USO | MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2" |
| MATERIAL | AGREGADO 3/8" |
| FECHA: | 10 de julio de 2022 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO RET. TAMIZ # 4

Material que pasa el tamiz 1/2" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 3.696,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 3.744,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 2.400,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,750 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,786 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,852 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,30% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO FINO PAS. TAMIZ # 4

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 490,0 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 320,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,722 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,778 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,882 gr/cm3 |
| % de absorción | 2,04% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 43 Gravedad específica mezcla asfáltica RICE

Paco Alcóser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

**GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA ASFALTICA
RICE**



PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA 3
SOLOCITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR.
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE RIVERA
USO: MEZCLA ASFALTICA 1/N 1/2"
FECHA: 11 de julio de 2024

C. Asfalto= 6,0%
P. E. Asfalto= 1,016
P. Asfalto= 60

Peso de Mezcla 1.000,0
Peso del Picnómetro + Agua 3.144,0
Peso Picnómetro + Agua + Mezcla 3.737,0

$$\text{GRAVEDAD MAX. TEORICA RICE} = \frac{1.000,0}{1.000,0 + \frac{3.144,0}{1,016} - 3.737,0} = 2,457$$

$$\text{GRAVEDAD EFECTIVA} = \frac{100 - 6}{\frac{100}{2,457} - \frac{6,0}{1,016}} = 2,702$$

$$\text{GRAVEDAD FINO} = \frac{100}{\frac{32,2}{2,750} + \frac{67,8}{2,722}} = 2,731$$

$$\text{GRAVEDAD BULK} = \frac{100}{\frac{16,0}{2,812} + \frac{44,0}{2,731} + \frac{40,0}{2,534}} = 2,661$$

$$\text{PORCENTAJE DE ABSORCION} = 100 \times \frac{\frac{2,702}{1,016} - 2,661}{2,702} = 0,58\%$$

$$\text{GRAVEDAD APARENTE} = \frac{100}{\frac{16,0}{2,880} + \frac{44,0}{2,865} + \frac{40,0}{2,673}} = 2,787$$

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 44 Diseño de mezcla asfáltica método Marshall

Pho Moun
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL



| | | | |
|--------------|--|--------------------------|---------------------------|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA | USO: | MEZCLA ASFÁLTICA 1/N 1/2' |
| CONTRATISTA: | SITA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA | FECHA: | 12 de Julio de 2024 |
| | | GRADO CEMENTO ASFÁLTICO: | AC- 20 60-70 |

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS PARA DISEÑO : $G_{sp} = 2.661$ PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO ASFÁLTICO $G_{af} = 1.016$

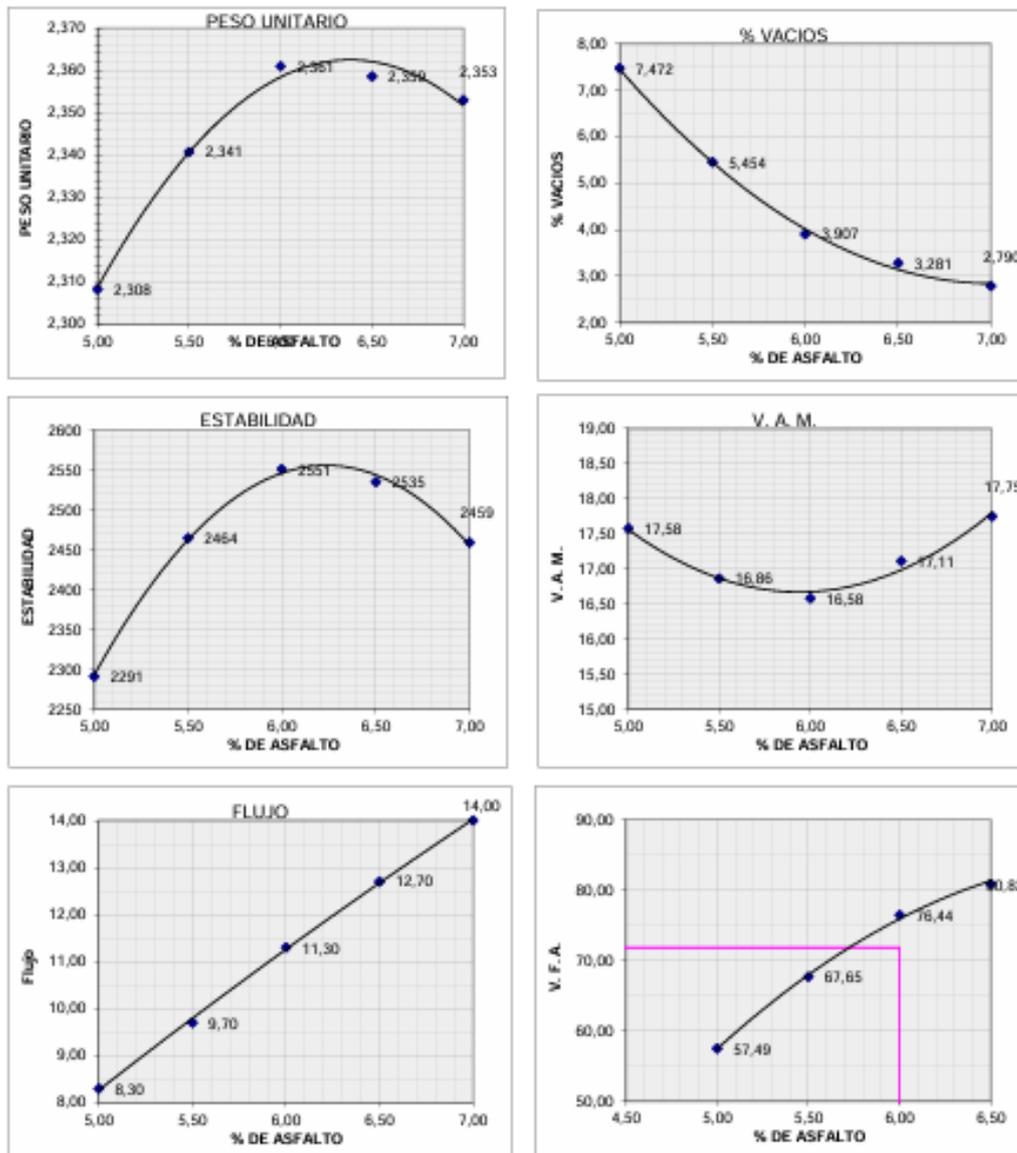
| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO ELIGIRANSE | | | VOLUMEN | PESO ESPECÍFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.P.A. % | HUMEDAD - % | | FLUIDO 0.01" | | |
|-----------------|--------------|-----------------|---------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|-------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------|--------|--------------|--------------|-----------|
| | | SECA EN AIRE | S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEÓRICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADOS | VACIOS EN ASFALTO | ASfalto | | | | MINERAL | MEJORA | | CORREGIDA | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t | |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(j - A)100}{1000 - B}$ | $\frac{100 - Hg}{G_{sp}}$ | $1 - \frac{k}{l} \times 100$ | $100 - k - l$ | $100 - k$ | $b \frac{(100 - o)}{100}$ | $100 \times \frac{p}{d}$ | | | | | |
| 1 | | 1.219,0 | 1.222,0 | 694,0 | 528,0 | 2.309 | | | | | | | | | | 0,96 | 2414 | 2.317 | 8 | |
| 2 | | 1.222,0 | 1.226,0 | 697,0 | 529,0 | 2.310 | | | | | | | | | | 0,96 | 2398 | 2.302 | 9 | |
| 3 | | 1.236,0 | 1.239,0 | 703,0 | 536,0 | 2.306 | | | | | | | | | | 0,93 | 2422 | 2.252 | 8 | |
| Promedio | 5,00 | | | | | 2.308 | 2.461 | 2.495 | 0.57 | 82.42 | 7.47 | 10,11 | 17.58 | 4.02 | 57.49 | | | | 2.291 | 8 |
| 1 | | 1.202,0 | 1.205,0 | 691,0 | 514,0 | 2.339 | | | | | | | | | | 1,00 | 2462 | 2.462 | 9 | |
| 2 | | 1.208,0 | 1.212,0 | 696,0 | 516,0 | 2.341 | | | | | | | | | | 1,00 | 2459 | 2.459 | 10 | |
| 3 | | 1.211,0 | 1.215,0 | 698,0 | 517,0 | 2.342 | | | | | | | | | | 1,00 | 2472 | 2.472 | 10 | |
| Promedio | 5,50 | | | | | 2.341 | 2.443 | 2.476 | 0.57 | 83.14 | 5.46 | 11,41 | 16.86 | 4.52 | 67.65 | | | | 2.464 | 10 |
| 1 | | 1.197,0 | 1.200,0 | 693,0 | 507,0 | 2.361 | | | | | | | | | | 1,04 | 2412 | 2.508 | 12 | |
| 2 | | 1.199,0 | 1.203,0 | 695,0 | 508,0 | 2.360 | | | | | | | | | | 1,04 | 2491 | 2.591 | 11 | |
| 3 | | 1.199,0 | 1.203,0 | 695,0 | 508,0 | 2.360 | | | | | | | | | | 1,04 | 2455 | 2.553 | 11 | |
| Promedio | 6,00 | | | | | 2.361 | 2.425 | 2.457 | 0.57 | 83.42 | 3,91 | 12,67 | 16.58 | 5.02 | 76.44 | | | | 2.551 | 11 |
| 1 | | 1.196,0 | 1.199,0 | 692,0 | 507,0 | 2.359 | | | | | | | | | | 1,04 | 2479 | 2.578 | 12 | |
| 2 | | 1.215,0 | 1.218,0 | 703,0 | 515,0 | 2.359 | | | | | | | | | | 1,00 | 2547 | 2.547 | 13 | |
| 3 | | 1.200,0 | 1.203,0 | 694,0 | 509,0 | 2.358 | | | | | | | | | | 1,00 | 2479 | 2.479 | 13 | |
| Promedio | 6,50 | | | | | 2.359 | 2.407 | 2.439 | 0.57 | 82.89 | 3,28 | 13,83 | 17.11 | 5.52 | 80.82 | | | | 2.535 | 13 |
| 1 | | 1.215,0 | 1.218,0 | 702,0 | 516,0 | 2.355 | | | | | | | | | | 1,00 | 2498 | 2.498 | 14 | |
| 2 | | 1.236,0 | 1.239,0 | 713,0 | 526,0 | 2.350 | | | | | | | | | | 0,96 | 2473 | 2.374 | 14 | |
| 3 | | 1.229,0 | 1.232,0 | 710,0 | 522,0 | 2.354 | | | | | | | | | | 1,00 | 2504 | 2.504 | 14 | |
| Promedio | 7,00 | | | | | 2.353 | 2.390 | 2.420 | 0.57 | 82.25 | 2,79 | 14,96 | 17.75 | 6.02 | 84.28 | | | | 2.459 | 14 |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 45 Gráficas de las propiedades de mezcla modificada de 2''

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

PROYECTO: TESIS
FECHA: 5 de julio de 2024



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA



PROYECTO : *DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA*
 SOLICITADO POR: *SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA*
 DESCRIPCION: *ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFALTICAS PLASTICA PET -FIBRA Y MAC*
 FISCALIZADOR: *UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE*
 FECHA : 8 de julio de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 3/4" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

Ágregado 3/4" 34%
 Áridos Chispa 40%
 Arena Natural 26%

B) Granulometría de Agregados

E= 3"

| | Tamices | % Pasante | Faja de Control | | Especif. Tipo C |
|----------|---------|-----------|-----------------|--------|-----------------|
| 25,0 mm | 1" | 100 | 100 | - | 100 |
| 19,0 mm | 3/4" | 94,8 | 86,8 | - 100 | 90-100 |
| 12,5 mm | 1/2" | 78,6 | 70,6 | - 86,6 | |
| 9,5 mm | 3/8" | 66,4 | 59,4 | - 73,4 | 56-80 |
| 4,75 mm | 4 | 52,5 | 45,5 | - 59,5 | 35-65 |
| 2,36 mm | 8 | 43,8 | 37,8 | - 49,8 | 23-49 |
| 1,18 mm | 16 | 32,4 | 26,4 | - 38,4 | |
| 0,60 mm | 30 | 25,3 | 20,3 | - 30,3 | |
| 0,3 mm | 50 | 11,3 | 6,3 | - 16,3 | 5-19, |
| 0,15 mm | 100 | 6,9 | 2,9 | - 10,9 | |
| 00,75 mm | 200 | 5,5 | 2,5 | - 8,5 | 2-8, |

Gravedad Especifica de Masa = 2,731
 Gravedad Especifica Efectiva = 2,764
 Gravedad Especifica Aparente = 2,922
 Porcentaje de Asfalto Absorbido = 0,45%

C) Control de Diseño

| Propiedad | Valor Obtenido | Especificaciones | |
|-----------------------------|----------------|------------------|--------|
| | | Minimo | Máximo |
| Vacios (%) | 4,00 | 3,00 | 5,00 |
| V.M.A. (%) | 16,00 | 14,00 | ..... |
| Estabilidad (Lbs.) | 2,686 | 1.800 | ..... |
| Flujo | 11,30 | 8,00 | 14,00 |
| Contenido Optimo de Asfalto | | 5,50% | |

Relacion Filler/Betun = 1,00%

Temperatura de Mezcla en Planta 140 - 150 °C

Aditivo PET - FIBRA = 0,05 % del Contenido Optimo de AC-20 - Diseño.

Ensayo ASTM D - 3625 > 95% Peladura.

Esta dosificacion si es necesario será reajustada en planta al momento de su produccion.

Los materiales empleados en el presente Diseño de Mezcla Asfáltica provienen de RIO CHIMBO y

INDUCTROC S.A. VIA SALITRE - y que han sido sometidos a todos los Ensayos y Tolerancias

Establecidas en las Especificaciones del MTOP 001-F - 2002 y que constan en el Manual del Instituto Norteamericano de Asfalto.

Anexo 47 Análisis Granulométrico agregado ¾

Paco Alcaser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



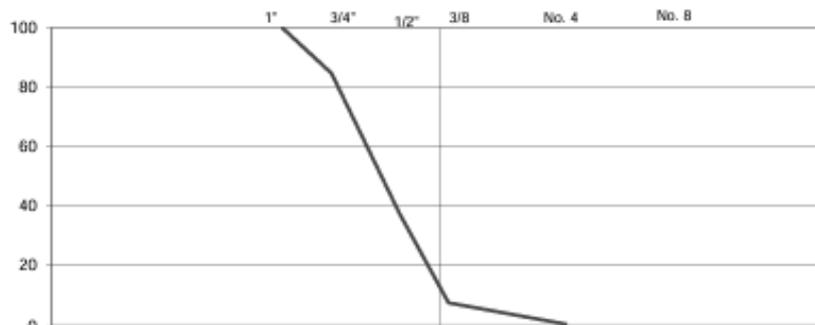
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR : SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
MATERIAL: AGREGADO ¾"
FECHA: 3 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| ¾" | 689,0 | 15,3 | 84,7 | |
| 1/2" | 2.820,0 | 62,5 | 37,5 | |
| 3/8" | 4.166,0 | 92,4 | 7,6 | |
| No. 4 | 4.492,0 | 99,6 | 0,4 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 18,0 | 0,4 | | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | | | | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | | | | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | | | | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | | | | |
| No. 200 | | | | |
| Pasa el No. 200 | | | | |
| TOTAL | 4.510,0 | | | |

Peso Total del Lavado 4.510,0 Peso antes del lavado _____
Peso Total después del Lavado _____ Peso después del lavado _____
Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 87 | 155,2 | 153,3 | 7,1 | 1,30% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 48 Análisis Granulométrico agregado 3/8

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

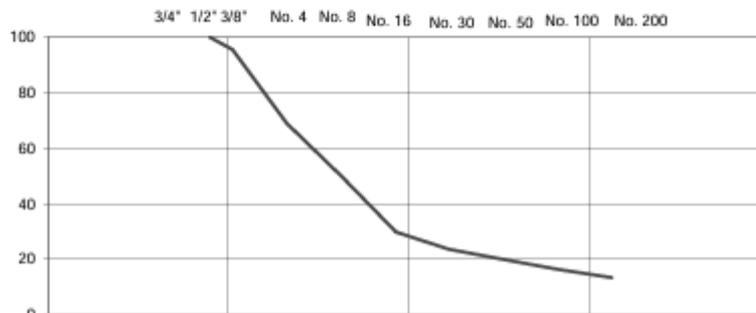


PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
MATERIAL: AGREGADO 3/8"
FECHA: 3 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/8" | 111,0 | 4,5 | 95,5 | |
| No. 4 | 771,0 | 31,0 | 69,0 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 1.247,0 | 50,1 | 49,9 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 1.747,0 | 70,2 | 29,8 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 1.900,0 | 76,4 | 23,6 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.990,0 | 80,0 | 20,0 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 2.078,0 | 83,6 | 16,4 | |
| No. 200 | 2.153,0 | 86,6 | 13,4 | |
| Pasa el No. 200 | 334,0 | 13,4 | | |
| TOTAL | 2.487,0 | | | |

Peso Total del Lavado 2.487,0 Peso antes del lavado 1905
Peso Total después del Lavado 1730 Peso después del lavado 1730
Modulo de Finura

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 83 | 144,4 | 142,2 | 7,2 | 1,63% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 49 Análisis Granulométrico arena natural

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

ANALISIS GRANULOMETRICO

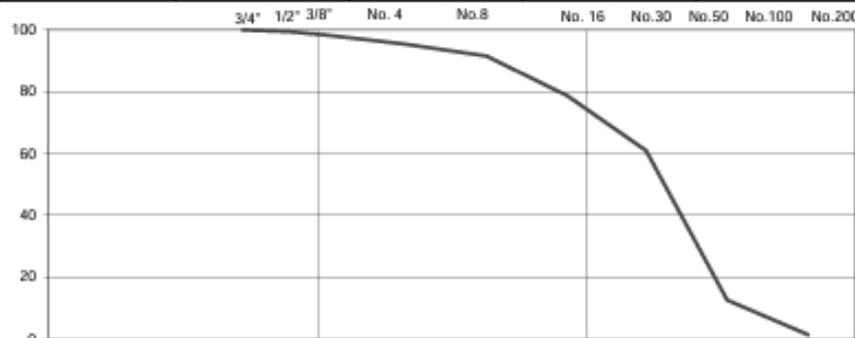


PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA
 SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
 FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
 MATERIAL: ARENA NATURAL
 FECHA: 3 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | 100 | |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 1/2" | 8,0 | 0,6 | 99,4 | |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 | |
| No. 4 | 66,0 | 4,6 | 95,4 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 121,0 | 8,5 | 91,5 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 304,0 | 21,3 | 78,7 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 558,0 | 39,1 | 60,9 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.249,0 | 87,5 | 12,5 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 1.409,0 | 98,7 | 1,3 | |
| No. 200 | 1.421,0 | 99,5 | 0,5 | |
| Pasa el No. 200 | 7,0 | 0,5 | | |
| TOTAL | 1.428,0 | | | |

Peso Total del Lavado 1.428,0 Peso antes del lavado 1220
 Peso Total despues del Lavado 1140 Peso despues del lavado 1140
 Modulo de Finura

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| A7 | 196,6 | 186,3 | 7,2 | 5,75% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 50 Graduación combinada para mezclas

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

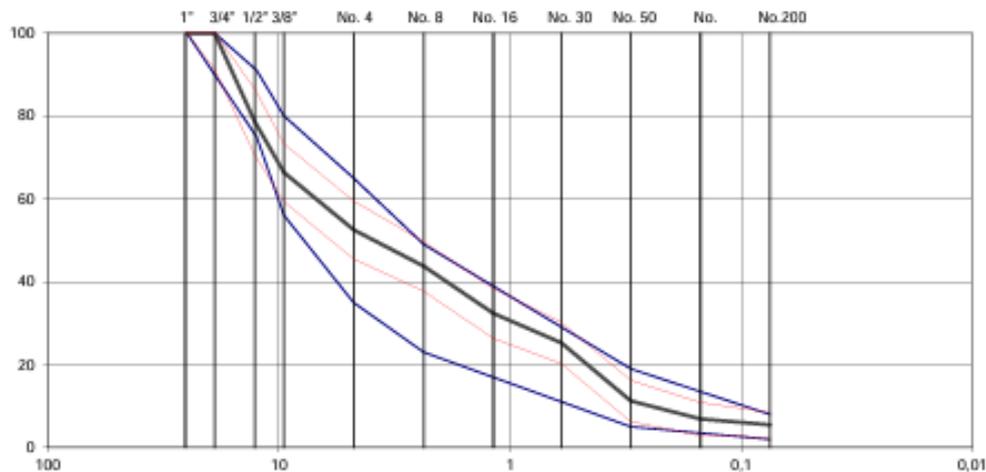


| | | |
|---|---------------------------|-----------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA | MEZCLA ASFALTICA T/N 3/4" | 4 de julio/2024 |
|---|---------------------------|-----------------|

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------------------------------------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | | 100 | 84,7 | 37,5 | 7,6 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3/8" | | 100 | 100 | 100 | 95,5 | 69,0 | 49,9 | 29,8 | 23,6 | 20,0 | 16,4 | 13,4 |
| A. Natural | | 100 | 100 | 99,4 | 98,4 | 95,4 | 91,5 | 78,7 | 60,9 | 12,5 | 1,3 | 0,5 |
| Especificaciones Deseadas | | | | | | | | | | | | |

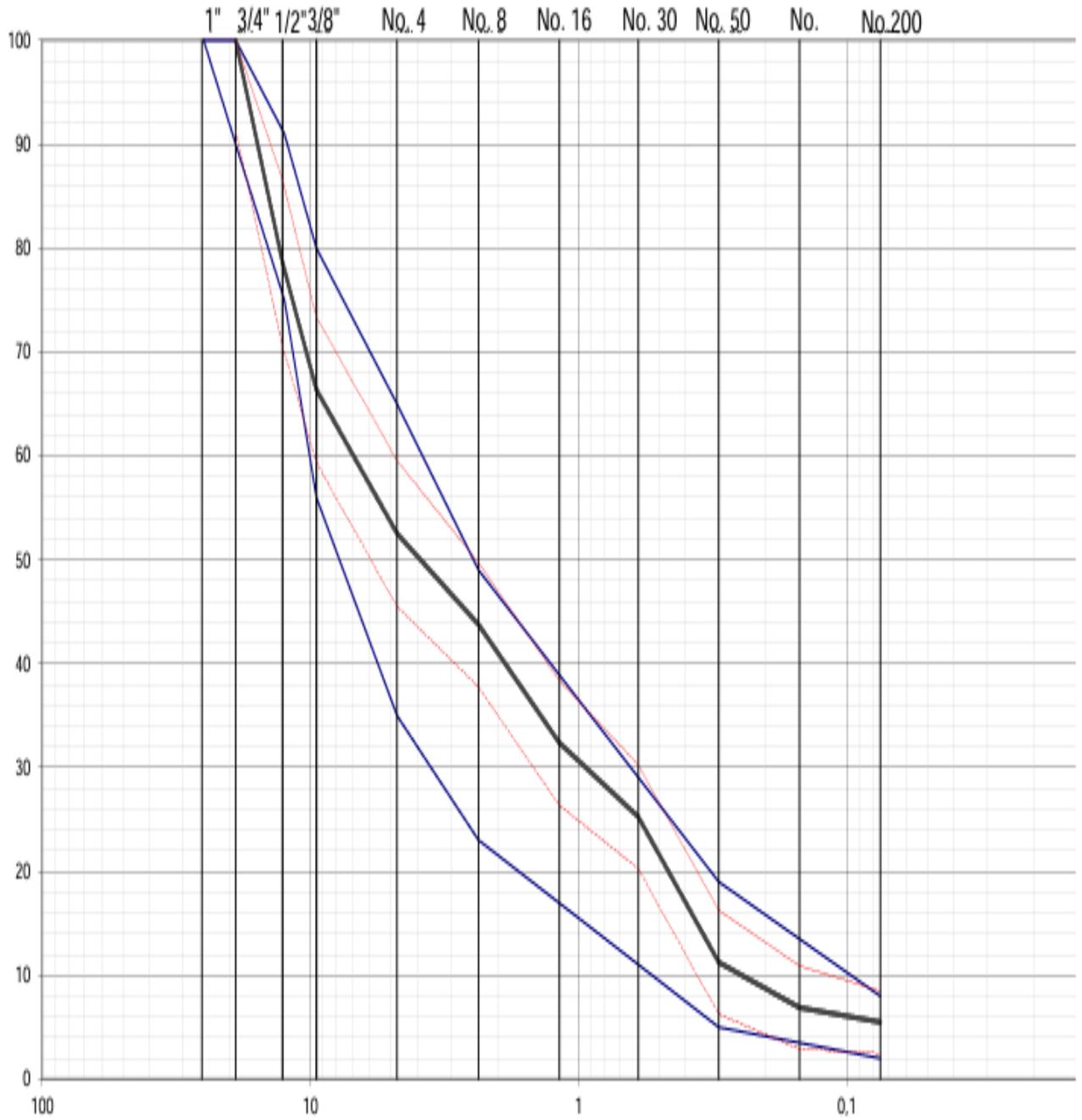
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS PRUEBA

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | 34% | 34,0 | 28,8 | 12,8 | 2,6 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3/8" | 40% | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 38,2 | 27,6 | 20,0 | 11,9 | 9,4 | 8,0 | 6,6 | 5,4 |
| A. Natural | 26% | 26,0 | 26,0 | 25,8 | 25,6 | 24,8 | 23,8 | 20,5 | 15,8 | 3,3 | 0,3 | 0,1 |
| | | 100 | 94,8 | 78,6 | 66,4 | 52,5 | 43,8 | 32,4 | 25,3 | 11,3 | 6,9 | 5,5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | | 56-80 | 35-65 | 23-49 | | | 5-19 | | 2-8 |
| | | 100 | 95 | | 68 | 50 | 36 | | | 14 | | 5 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 100 | 87 | 73 | 60 | 50 | 38 | 30 | 16 | 11 | 8 |
| | | | 87 | 71 | 59 | 46 | 38 | 26 | 20 | 6 | 3 | 2 |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 51 Curva Granulométrica para mezcla



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 52 Gravidades específicas de 1/2

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SOLICITADORA SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: FISCALIZADA UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
MATERIAL: AGREGADO 1/2"
FECHA: 5 de julio de 2024

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO 1/2"

Material que pasa el tamiz 1" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 3.276,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 3.311,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 2.180,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,897 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,927 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,989 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,07% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARENA DE RIO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 485,0 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 309,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,539 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,618 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,756 gr/cm3 |
| % de absorción | 3,09% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



GRAVEDADES ESPECIFICAS

| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADA |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| MATERIAL: | AGREGADO 3/8" - CHISPA |
| FECHA: | 5 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1/2" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 4,230,00 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 4,300,00 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 2,780,00 gr |
| | |
| Gravedad Especifica de masa | 2,783 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,829 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,917 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,65% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 482,00 gr |
| V : Volumen de la Próbete : | 500,00 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 322,00 gr |
| | |
| Gravedad Especifica de masa | 2,708 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,809 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 3,013 gr/cm3 |
| % de absorción | 3,73% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 54 Gravedad específica mezcla asfáltica RICE

Paco Alcóser
 Laboratorio de Suelos
 y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA ASFALTICA RICE



PROYECTO: PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA MC
CONTRATISTA: SOLICITADORA SAMANTA MINDIOLA Y SR. C
FISCALIZADOR: FISCALIZAD UNIVERSIDAD LAICA VICENTE RDC
USO: MEZCLA ASFALTICA 3/4"
FECHA: 6 de julio de 2024

C. Asfalto= 5,5%
 P. E. Asfalto= 1,016
 P. Asfalto= 55

Peso de Mezcla 1.000,0
 Peso del Picnómetro + Agua 7.340,0
 Peso Picnómetro + Agua + Mezcla 7.944,0

GRAVEDAD MAX. TEORICA RICE $\frac{1.000,0}{1.000,0 + 7.340,0 - 7.944,0} = 2,525$

GRAVEDAD EFECTIVA $\frac{100 - 5,5}{\frac{100,0}{2,525} + \frac{5,5}{1,016}} = 2,764$

GRAVEDAD FINO $\frac{100}{\frac{31,0}{2,783} + \frac{69,0}{2,708}} = 2,731$

GRAVEDAD BULK $\frac{100}{\frac{34,0}{2,897} + \frac{40,0}{2,731} + \frac{26,0}{2,539}} = 2,731$

PORCENTAJE DE ABSORCION $100 \times \frac{2,764 - 2,731}{2,764 \times 2,731} \times 1,016 = 0,45\%$

GRAVEDAD APARENTE $\frac{100}{\frac{34,0}{2,889} + \frac{40,0}{2,983} + \frac{26,0}{2,756}} = 2,922$

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 55 Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall

Paco Alcazar
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas



DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS METODO MARSHALL

| | |
|---|--------------------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA | USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N 3/4' |
| CONTRATISTA: SITA, SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA | FECHA REPORTE: 7 de julio 2024 |
| | GRADO CEMENTO ASFÁLTICO: AC-20 60-70 |

PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS PARA DISEÑO: $G_{agg} = 2.731$ PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO ASFÁLTICO $G_{bit} = 1.016$

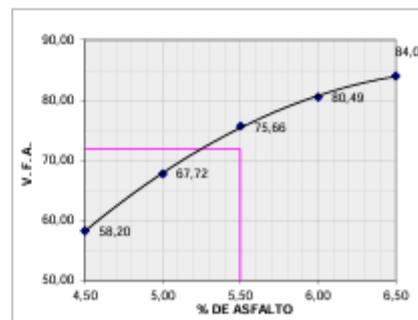
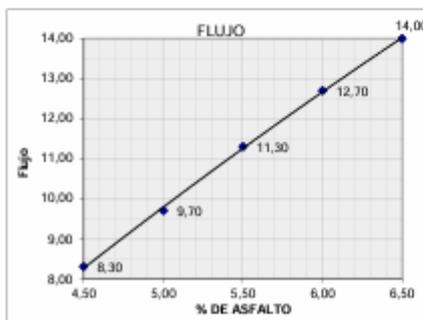
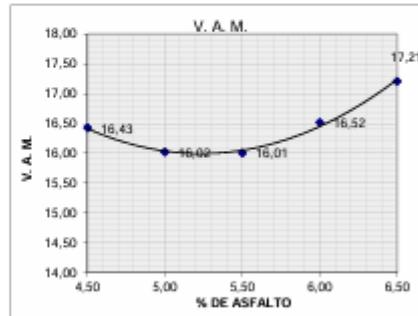
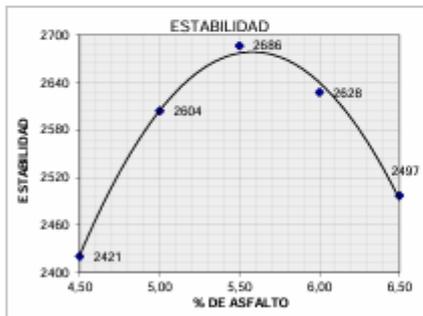
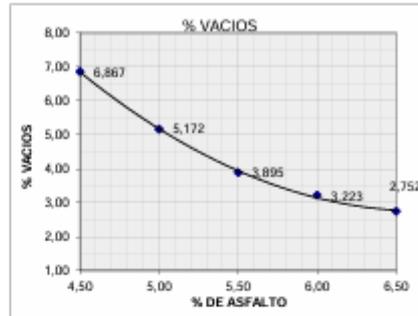
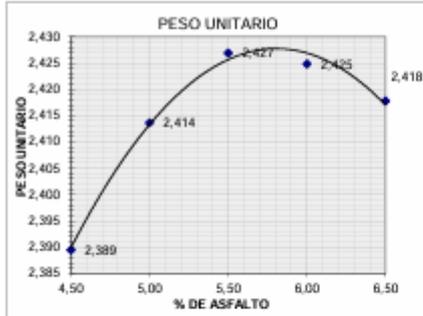
| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECÍFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO 0.07 | |
|------------|--------------|----------------|--------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|------------------------------------|------------------------------|---|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|-------|------------|-----|
| | | SECA EN AIRE | S.S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TROBICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGAD OS | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEG | MEG | | MEG |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t | |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(1 - A)10^4}{1.3(100 - A)}$ | $\frac{(100 - B)g}{G_{agg}}$ | $\left(\frac{1 - g}{i}\right) \times 100$ | $100 - k - j$ | $100 - l$ | $B - \frac{(100 - B)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{p}$ | | | | | |
| 1 | | 1.266.0 | 1.270.0 | 740.0 | 530.0 | 2.389 | | | | | | | | | | 0.96 | 2512 | 2.412 | 9 | |
| 2 | | 1.282.0 | 1.286.0 | 749.0 | 537.0 | 2.387 | | | | | | | | | | 0.93 | 2525 | 2.348 | 8 | |
| 3 | | 1.244.0 | 1.248.0 | 728.0 | 520.0 | 2.392 | | | | | | | | | | 1.00 | 2502 | 2.502 | 8 | |
| Promedio | 4.50 | | | | | 2.389 | 2.538 | 2.566 | 0.45 | 83.57 | 6.87 | 9.56 | 16.43 | 3.53 | 58.20 | | | 2.421 | 8 | |
| 1 | | 1.272.0 | 1.275.0 | 748.0 | 527.0 | 2.414 | | | | | | | | | | 0.96 | 2711 | 2.603 | 10 | |
| 2 | | 1.288.0 | 1.291.0 | 758.0 | 533.0 | 2.417 | | | | | | | | | | 0.96 | 2713 | 2.604 | 9 | |
| 3 | | 1.297.0 | 1.300.0 | 762.0 | 538.0 | 2.411 | | | | | | | | | | 0.93 | 2802 | 2.606 | 10 | |
| Promedio | 5.00 | | | | | 2.414 | 2.518 | 2.545 | 0.45 | 83.98 | 5.17 | 10.85 | 16.02 | 4.03 | 67.72 | | | 2.604 | 10 | |
| 1 | | 1.204.0 | 1.208.0 | 709.0 | 499.0 | 2.413 | | | | | | | | | | 1.04 | 2555 | 2.657 | 11 | |
| 2 | | 1.197.0 | 1.201.0 | 711.0 | 490.0 | 2.443 | | | | | | | | | | 1.09 | 2479 | 2.702 | 11 | |
| 3 | | 1.198.0 | 1.202.0 | 708.0 | 494.0 | 2.425 | | | | | | | | | | 1.09 | 2477 | 2.700 | 12 | |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.427 | 2.499 | 2.525 | 0.45 | 83.99 | 3.90 | 12.11 | 16.01 | 4.52 | 75.66 | | | 2.686 | 11 | |
| 1 | | 1.222.0 | 1.225.0 | 721.0 | 504.0 | 2.425 | | | | | | | | | | 1.04 | 2525 | 2.626 | 13 | |
| 2 | | 1.233.0 | 1.236.0 | 728.0 | 508.0 | 2.427 | | | | | | | | | | 1.04 | 2555 | 2.657 | 12 | |
| 3 | | 1.255.0 | 1.258.0 | 740.0 | 518.0 | 2.423 | | | | | | | | | | 1.00 | 2600 | 2.600 | 13 | |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.425 | 2.479 | 2.506 | 0.45 | 83.48 | 3.22 | 13.30 | 16.52 | 5.02 | 80.49 | | | 2.628 | 13 | |
| 1 | | 1.261.0 | 1.263.0 | 741.0 | 522.0 | 2.416 | | | | | | | | | | 1.00 | 2547 | 2.547 | 14 | |
| 2 | | 1.274.0 | 1.277.0 | 750.0 | 527.0 | 2.417 | | | | | | | | | | 0.96 | 2545 | 2.443 | 14 | |
| 3 | | 1.244.0 | 1.247.0 | 733.0 | 514.0 | 2.420 | | | | | | | | | | 1.00 | 2502 | 2.502 | 14 | |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.418 | 2.461 | 2.486 | 0.45 | 82.79 | 2.75 | 14.46 | 17.21 | 5.52 | 84.01 | | | 2.497 | 14 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 56 Graficas de las propiedades mezclas modificadas de 3''

Paco Alcoser
Laboratorio de Suelos
y Mezclas Asfálticas

PROYECTO: TESIS
TUTOR:
FECHA: 5 de julio de 2024



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO : *DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL*
SOLICITADO POR: *SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA*
DESCRIPCION: *ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFALTICAS PLASTICA PET -FIBRA Y MAC*
FISCALIZADOR: *UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE*
FECHA : 19 de julio de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 3/8" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

| | | |
|-----------------------|-----|--------|
| Agregados 3/8" Chispa | 77% | |
| Arena Natural | 23% | e = 1* |

B) Granulometría de Agregados

| | Tamices | % Pasante | Faja de Control | | | Especif. Tipo A |
|----------|---------|-----------|-----------------|---|-------|-----------------|
| 12,5 mm | 1/2" | 100 | 100 | | | 100,0 |
| 9,5 mm | 3/8" | 95,3 | 88,3 | - | 102,3 | 90-100 |
| 4,75 mm | 4 | 73,0 | 66,0 | - | 80,0 | 55-85 |
| 2,36 mm | 8 | 55,1 | 49,1 | - | 61,1 | 32-67 |
| 1,18 mm | 16 | 40,4 | 34,4 | - | 46,4 | |
| 0,60 mm | 30 | 29,0 | 24,0 | - | 34,0 | |
| 0,3 mm | 50 | 15,2 | 10,2 | - | 20,2 | 7-23. |
| 0,15 mm | 100 | 10,4 | 6,4 | - | 14,4 | |
| 00,75 mm | 200 | 7,5 | 4,5 | - | 10,5 | 2-10. |

Gravedad Especifica de Masa = 2,635

Gravedad Especifica Efectiva = 2,688

Gravedad Especifica Aparente = 3,077

Porcentaje de Asfalto Absorbido = 1,04%

C) Control de Diseño

| | Valor Obtenido | Especificaciones | |
|-----------------------------|----------------|------------------|--------|
| Propiedad | | Minimo | Máximo |
| Vacios (%) | 5,00 | 3,00 | 5,00 |
| V.M.A. (%) | 18,38 | 16,00 | ..... |
| Estabilidad (Lbs.) | 2,500 | 1.800 | ..... |
| Flujo | 11,24 | 8,00 | 14,00 |
| Contenido Optimo de Asfalto | | 6,50% | |
| Relacion Filer/Betún | | 1,023% | |

Temperatura de mezcla en planta 135 - 150 °C

CEMENTO ASFALTICO AC-20

Ensayo ASTM D - 3625 > 95% Peladura (Cumple).

Esta dosificacion si es necesario será reajustada en planta al momento de su produccion.

Los materiales empleados en el presente Diseño de Mezcla Asfáltica provienen de RIO CHIMBO y

INDUCTROC S.A. VIA SALITRE - y que han sido sometidos a todos los Ensayos y Tolerancias

Establecidas en las Especificaciones del MTOP 001-F - 2002 y que constan en el Manual del Instituto

Norteamericano de Asfalto.

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

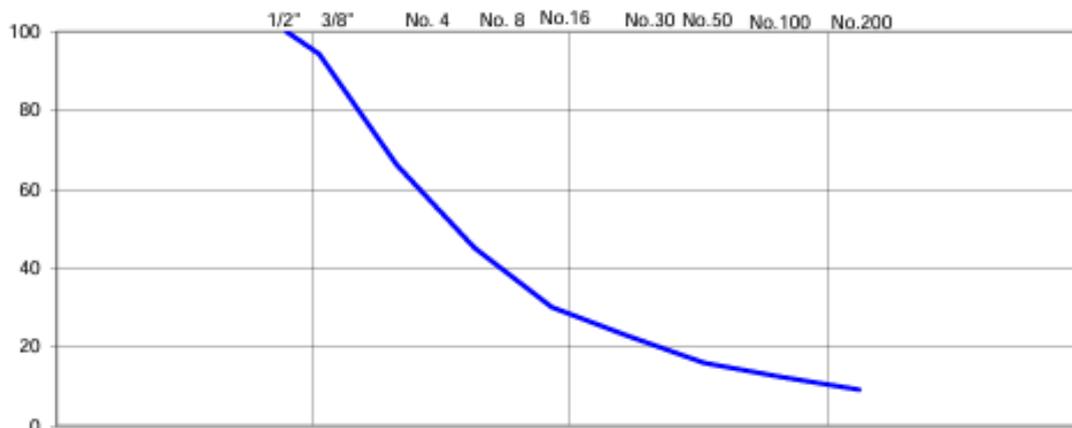
ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
CONTRATISTA: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE **FECHA:** 15/07/2024
MATERIAL: AGREGADO MEDIO (Agregado de 3/8")

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | FAJA DE TRABAJO |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|-----------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | | | | |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/8" | 132,0 | 5,6 | 94,4 | |
| No. 4 | 800,0 | 33,7 | 66,3 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 1.300,0 | 54,8 | 45,2 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 1.658,0 | 69,9 | 30,1 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 1.828,0 | 77,1 | 22,9 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.992,0 | 84,0 | 16,0 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 2.078,0 | 87,6 | 12,4 | |
| No. 200 | 2.153,0 | 90,8 | 9,2 | |
| Pasa el No. 200 | 218,0 | 9,2 | | |
| TOTAL | 2.371,0 | | | |

Peso Total del Lavado 2.371,0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 10 | 128,2 | 124,1 | 6,1 | 3,47% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

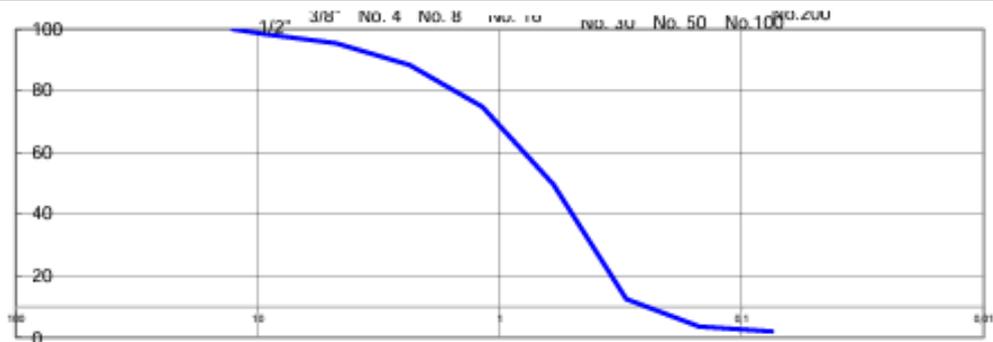
ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
CONTRATISTA: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE **FECHA:** 15/07/2024
MATERIAL: Arena Natural

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | FAJA DE TRABAJO |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|-----------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 1/2" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 | |
| No. 4 | 66,0 | 4,6 | 95,4 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 166,0 | 11,6 | 88,4 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 360,0 | 25,2 | 74,8 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 720,0 | 50,4 | 49,6 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.249,0 | 87,5 | 12,5 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 1.377,0 | 96,4 | 3,6 | |
| No. 200 | 1.400,0 | 98,0 | 2,0 | |
| Pasa el No. 200 | 28,0 | 2,0 | | |
| TOTAL | 1.428,0 | | | |

Peso Total del Lavado 1.428,0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 21 | 180,2 | 174,4 | 5,4 | 3,43% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

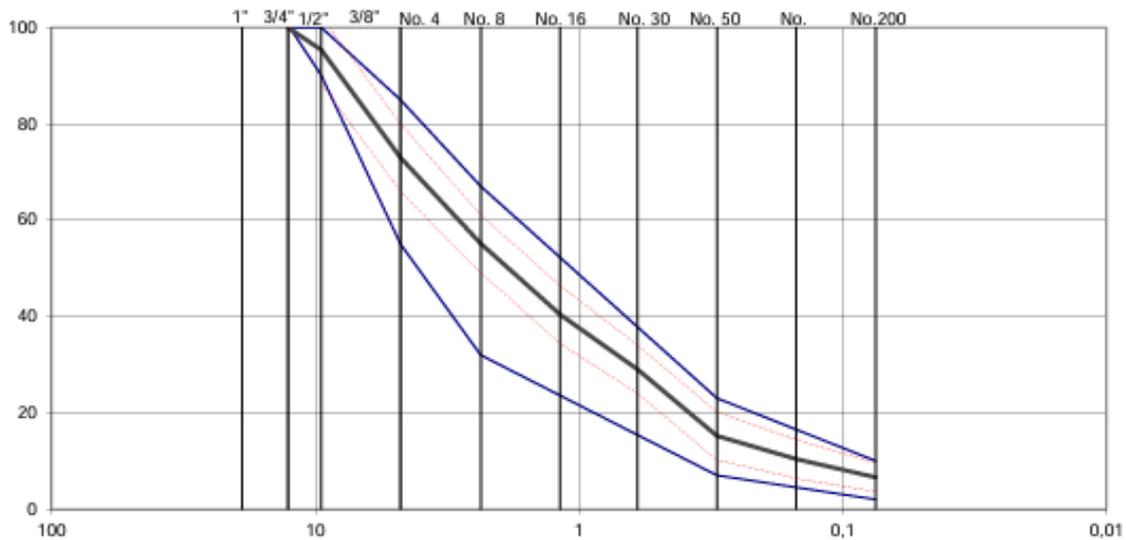
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

| | | |
|---|----------------------------------|------------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL | MEZCLA ASFALTICA T/N 3/8" | 16 de julio/2024 |
|---|----------------------------------|------------------|

| Agregado | Cantera | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
|---------------------------------------|---------|------------|---------------|--------------|--------------|--------|--------|-------------|---------|-------------|
| | | 3/8" | | 100 | 94,4 | 66,3 | 45,2 | 30,1 | 22,9 | 16,0 | 12,4 | 9,2 |
| A. Natural | | 100 | 98,4 | 95,4 | 88,4 | 74,8 | 49,6 | 12,5 | 3,6 | 2,0 |
| Especificaciones Deseadas 2002 | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |

GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS PRUEBA

| Agregado | Porcentaje Usado | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
|----------------------------------|------------------|------------|---------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 3/8" | 77% | 77,0 | 72,7 | 51,1 | 34,8 | 23,2 | 17,6 | 12,3 | 9,5 | 7,1 |
| A. Natural | 23% | 23,0 | 22,6 | 21,9 | 20,3 | 17,2 | 11,4 | 2,9 | 0,8 | 0,5 |
| | | 100 | 95,3 | 73,0 | 55,1 | 40,4 | 29,0 | 15,2 | 10,4 | 7,5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | 55-85 | 32-67 | | | 7-23 | | 2-10 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 95 | 70 | 50 | | | 15 | | 6 |
| | | 100 | 102 | 80 | 61 | 46 | 34 | 20 | 14 | 10 |
| | | | 88 | 66 | 49 | 34 | 24 | 10 | 6 | 4 |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 62 Gravedades Especificas ½ Mezcla convencional de 1"

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR : SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
MATERIAL: AGREGADO MEDIO (Agregado de 3/8")
FECHA: 17 de julio de 2024

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1/2" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 4.692,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 4.800,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 3.060,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,697 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,759 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,875 gr/cm3 |
| % de absorción | 2,30% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz # 200

| | |
|--|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 490,0 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 312,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,606 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,660 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,753 gr/cm3 |
| % de absorción | 2,04% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 63 Gravedades Especificas arena natural Mezcla convencional de 1"

GRAVEDADES ESPECIFICAS

| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| MATERIAL: | Arena Natural |
| FECHA: | 17 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 0,00 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 0,00 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 0,00 gr |

Gravedad Especifica de masa 0,000 gr/cm3

Gravedad Especifica de s.s.s. 0,000 gr/cm3

Gravedad Especifica aparente 0,000 gr/cm3

% de absorción 0,00%

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARENA NATURAL

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz # 200

| | |
|--|-----------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 490,00 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,00 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 308,10 gr |

Gravedad Especifica de masa 2,553 gr/cm3

Gravedad Especifica de s.s.s. 2,606 gr/cm3

Gravedad Especifica aparente 2,694 gr/cm3

% de absorción 2,04%

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 64 Gravedad Especifica RICE Mezcla convencional de 1"

**GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA ASFALTICA
RICE**

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADO: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
Fecha: 18 DE JULIO 2024

C. Asfalto= 6,5%
 P. E. Asfalto= 1,014
 P. Asfalto= 65

Peso del Material 1.000,0
 Peso del Picnómetro + Agua 3.086,0
 Peso Picnómetro + Agua + Material 3.674,0

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------|---|---------|--|---------|--|-----------|--|-------|--|-----------|-------|
| GRAVEDAD MAX. TEORICA RICE | | 1.000,0 | | 1.000,0 | | 3.086,0 | | - 3.674,0 | | = | | 2,427 | |
| | | 1.000,0 | + | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD EFECTIVA | | 100 - 6.5 | | | | | | | | | | | |
| | | 100,0 | | | | | | 6,5 | | | | | |
| | | 2,427 | | - | | | | 1,014 | | | | 2,688 | |
| GRAVEDAD 3/8" | | 100 | | | | | | | | | | | |
| | | 32,2 | | | | | | 67,8 | | | | | |
| | | 2,697 | | + | | | | 2,606 | | | | 2,635 | |
| GRAVEDAD BULK | | 100 | | | | | | | | | | | |
| | | 77,0 | | | | | | 23,0 | | | | | |
| | | 2,635 | | + | | | | 2,553 | | | | 2,616 | |
| PORCENTAJE DE ABSORCION | | 100 | | x | | 2,688 | | - | | 2,616 | | x 1.014 = | 1,04% |
| | | | | | | | | x | | | | | |
| GRAVEDAD APARENTE | | 100 | | | | | | | | | | | |
| | | 65,0 | | | | | | 23,0 | | | | | |
| | | 2,709 | | + | | | | 2,703 | | | | 3,077 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 65 Diseño Método Marshall de Mezcla asfáltica convencional de 1"

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

| | |
|---|----------------------------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL | USO: |
| CONTRATISTA: SRA. MINDIOLA Y SR. SORIA | FECHA REPORTE: 18/jul/2024 |
| | GRADO CEMENTO ASFALTICO: AC - 20 |

PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS PARA DISEÑO : $G_{sp} = 2,616$ PESO ESPECIFICO DE CEMENTO ASFALTICO $G_{ca} = 1,014$

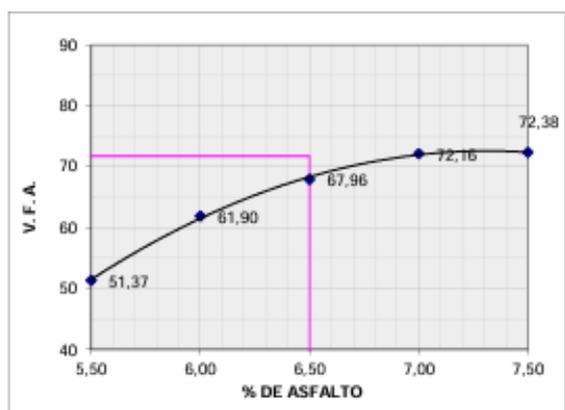
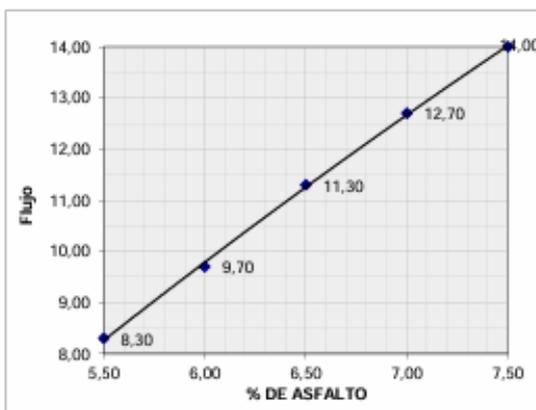
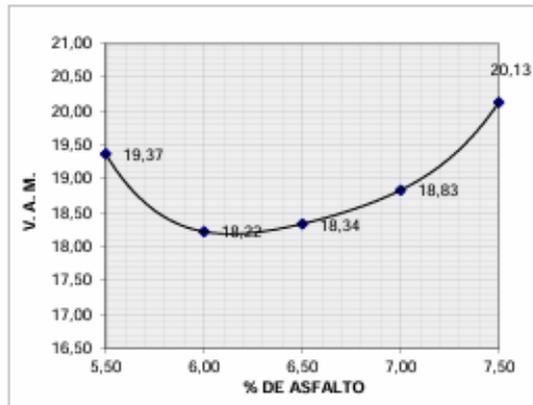
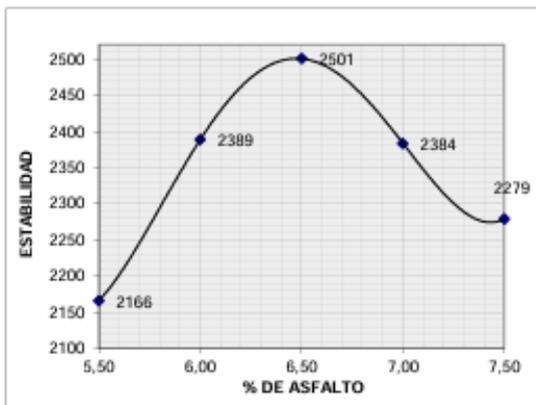
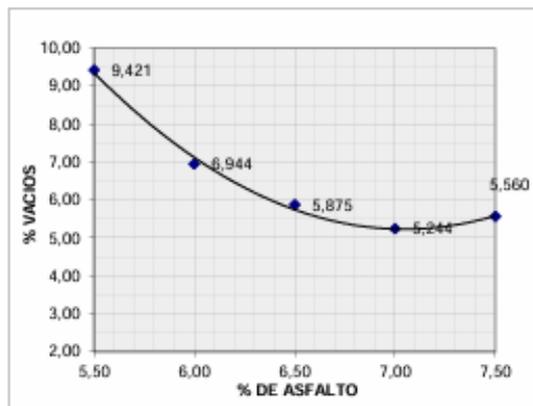
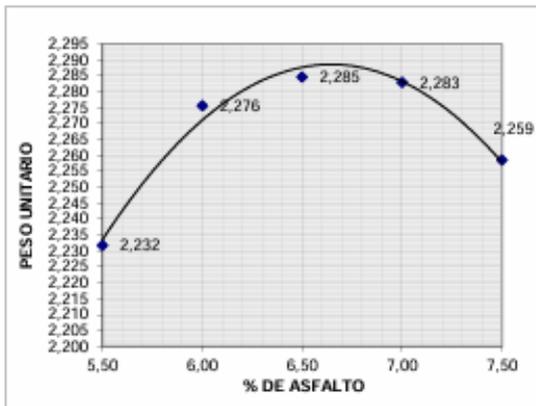
| MEZCLA No | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORBIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - lb | | FLUJO 0.01" | |
|-----------------|--------------|----------------|--------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|--------------|-------------|--|
| | | SECA EN AIRE | S.S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TEORICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADOS | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEIDA | CORRECCION A | | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t | |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(j - k)10^4}{(k(1000 - j))}$ | $\frac{(100 - h)g}{G_{sp}}$ | $(1 - \frac{k}{j}) \times 100$ | $100 - l - j$ | $100 - l$ | $b - \frac{(100 - h)g}{100}$ | $100 \times \frac{w}{b}$ | | | | | |
| 1 | | 1.270,0 | 1.273,0 | 700,0 | 573,0 | 2.216 | | | | | | | | | | 0,86 | 2510 | 2.159 | 8 | |
| 2 | | 1.252,0 | 1.255,0 | 694,0 | 561,0 | 2.232 | | | | | | | | | | 0,86 | 2500 | 2.150 | 9 | |
| 3 | | 1.236,0 | 1.240,0 | 690,0 | 550,0 | 2.247 | | | | | | | | | | 0,89 | 2460 | 2.189 | 8 | |
| promedio | 5,50 | | | | | 2.232 | 2.407 | 2.464 | 1,02 | 80,63 | 9,42 | 9,95 | 19,37 | 4,52 | 51,37 | | | 2.166 | 8 | |
| 1 | | 1.250,0 | 1.253,0 | 695,0 | 558,0 | 2.240 | | | | | | | | | | 0,89 | 2572 | 2.289 | 10 | |
| 2 | | 1.246,0 | 1.248,0 | 704,0 | 544,0 | 2.290 | | | | | | | | | | 0,93 | 2646 | 2.461 | 10 | |
| 3 | | 1.240,0 | 1.242,0 | 702,0 | 540,0 | 2.296 | | | | | | | | | | 0,93 | 2598 | 2.416 | 9 | |
| promedio | 6,00 | | | | | 2.276 | 2.389 | 2.445 | 1,02 | 81,78 | 6,94 | 11,28 | 18,22 | 5,02 | 61,90 | | | 2.389 | 10 | |
| 1 | | 1.203,0 | 1.206,0 | 682,0 | 524,0 | 2.296 | | | | | | | | | | 0,96 | 2527 | 2.426 | 11 | |
| 2 | | 1.250,0 | 1.253,0 | 695,0 | 558,0 | 2.240 | | | | | | | | | | 0,89 | 3436 | 2.555 | 11 | |
| 3 | | 1.196,0 | 1.201,0 | 685,0 | 516,0 | 2.318 | | | | | | | | | | 1,00 | 2321 | 2.521 | 12 | |
| promedio | 6,50 | | | | | 2.285 | 2.372 | 2.427 | 1,02 | 81,66 | 5,88 | 12,46 | 18,34 | 5,52 | 67,96 | | | 2.501 | 11 | |
| | | 1.243,0 | 1.246,0 | 691,0 | 555,0 | 2.240 | | | | | | | | | | 0,89 | 2516 | 2.239 | 12 | |
| | | 1.239,0 | 1.242,0 | 710,0 | 532,0 | 2.329 | | | | | | | | | | 0,96 | 2612 | 2.508 | 13 | |
| | | 1.229,0 | 1.235,0 | 696,0 | 539,0 | 2.280 | | | | | | | | | | 0,93 | 2585 | 2.404 | 13 | |
| promedio | 7,00 | | | | | 2.283 | 2.355 | 2.409 | 1,02 | 81,17 | 5,24 | 13,59 | 18,83 | 6,02 | 72,16 | | | 2.364 | 13 | |
| | | 1.240,0 | 1.243,0 | 698,0 | 545,0 | 2.275 | | | | | | | | | | 0,93 | 2536 | 2.358 | 14 | |
| | | 1.232,0 | 1.235,0 | 695,0 | 540,0 | 2.281 | | | | | | | | | | 0,93 | 2477 | 2.304 | 14 | |
| | | 1.236,0 | 1.239,0 | 682,0 | 557,0 | 2.219 | | | | | | | | | | 0,89 | 2444 | 2.175 | 14 | |
| promedio | 7,50 | | | | | 2.259 | 2.339 | 2.392 | 1,02 | 79,87 | 5,56 | 14,57 | 20,13 | 6,52 | 72,38 | | | 2.279 | 14 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 66 Propiedades de la mezcla asfáltica convencional 1''

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

FECHA: 18 de julio de 2024



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 68 Análisis Granulométrico agregado ¾ Mezcla Convencional de 2"

ANALISIS GRANULOMETRICO

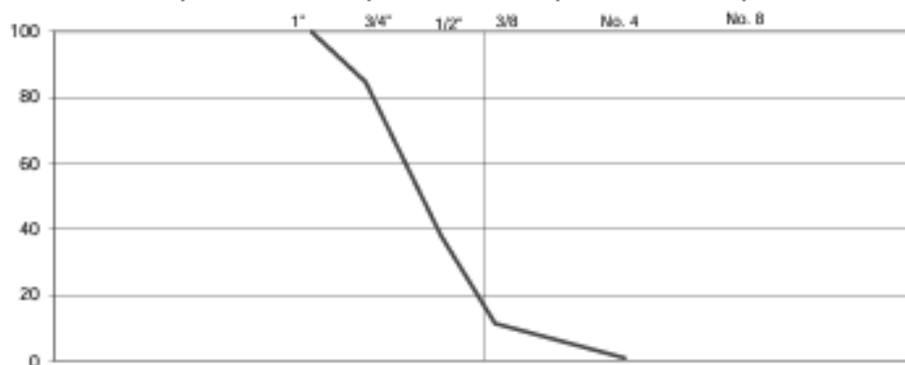


| | |
|------------------|---|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL |
| SOLICITADO POR : | SRA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| USO | MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2" |
| MATERIAL | AGREGADO 3/4" |
| FECHA: | 8 de julio de 2024 |

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 3/4" | 689.0 | 15.3 | 84.7 | |
| 1/2" | 2.800.0 | 62.0 | 38.0 | |
| 3/8" | 4.006.0 | 88.7 | 11.3 | |
| No. 4 | 4.480.0 | 99.2 | 0.8 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 37.0 | 0.8 | | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | | | | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | | | | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | | | | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | | | | |
| No. 200 | | | | |
| Pasa el No. 200 | | | | |
| TOTAL | 4.517.0 | | | |

Peso Total del Lavado 4.517.0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capitulo No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capitulo | W % |
|--------------|--------------------------|------------------------|---------------|-------|
| 84 | 212.2 | 208.8 | 7.2 | 1.69% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 69 Análisis granulométrico agregado 3/8 Mezcla Convencional de 2"

ANALISIS GRANULOMETRICO

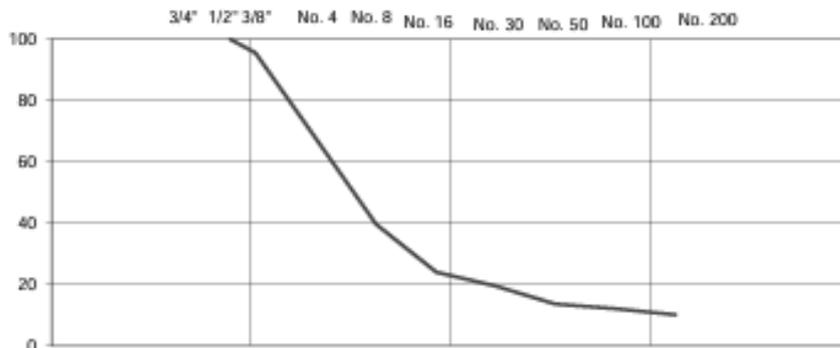


PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR : SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
USO MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2"
MATERIAL AGREGADO 3/8" - CHISPA
FECHA: 8 de Julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 3/8" | 111.0 | 4.5 | 95.5 | |
| No. 4 | 800.0 | 32.2 | 67.8 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 1.500.0 | 60.3 | 39.7 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 1.888.0 | 75.9 | 24.1 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 2.000.0 | 80.4 | 19.6 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 2.147.0 | 86.3 | 13.7 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 2.184.0 | 87.8 | 12.2 | |
| No. 200 | 2.233.0 | 89.8 | 10.2 | |
| Pasa el No. 200 | 254.0 | 10.2 | | |
| TOTAL | 2.487.0 | | | |

Peso Total del Lavado **2.487.0** Peso antes del lavado _____
 Peso Total después del Lavado _____ Peso después del lavado _____
 Módulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Sust. Humeda | Peso Cap. + Sust. Seca | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 84 | 188.2 | 185.2 | 4.1 | 1.68% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 70 Análisis granulométrico arena natural Mezcla Convencional de 2"

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

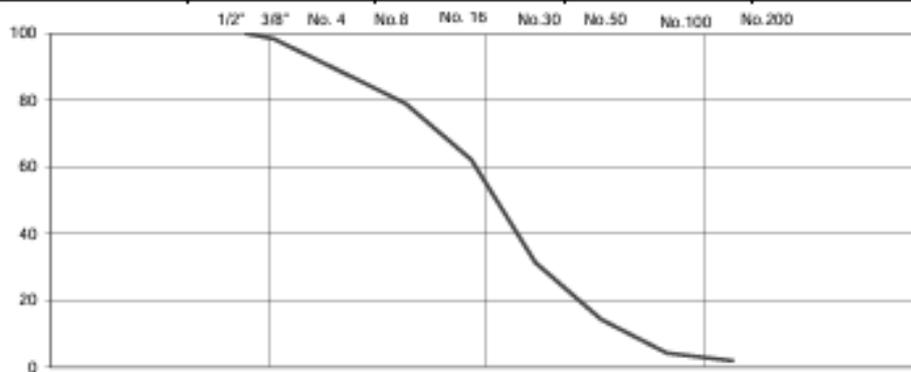


PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR : SRA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
USO MEZCLA ASFÁLTICA T/W 1/2"
MATERIAL ARENA NATURAL
FECHA: 8 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | | |
| 3/4" | | | | |
| 1/2" | 0.0 | 0.0 | 100 | |
| 3/8" | 23.0 | 1.6 | 98.4 | |
| No. 4 | 160.0 | 11.2 | 88.8 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 300.0 | 21.0 | 79.0 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 540.0 | 37.8 | 62.2 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 980.0 | 68.6 | 31.4 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1,222.0 | 85.6 | 14.4 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 1,366.0 | 95.7 | 4.3 | |
| No. 200 | 1,400.0 | 98.0 | 2.0 | |
| Pasa el No. 200 | 28.0 | 2.0 | | |
| TOTAL | 1,428.0 | | | |

Peso Total del Lavado 1,428.0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total después del Lavado _____ Peso después del lavado _____
 Módulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humeda | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| A3 | 244.4 | 235.2 | 7.2 | 4.04% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 71 Graduación Combinada Mezcla Asfáltica Convencional de 2"

GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

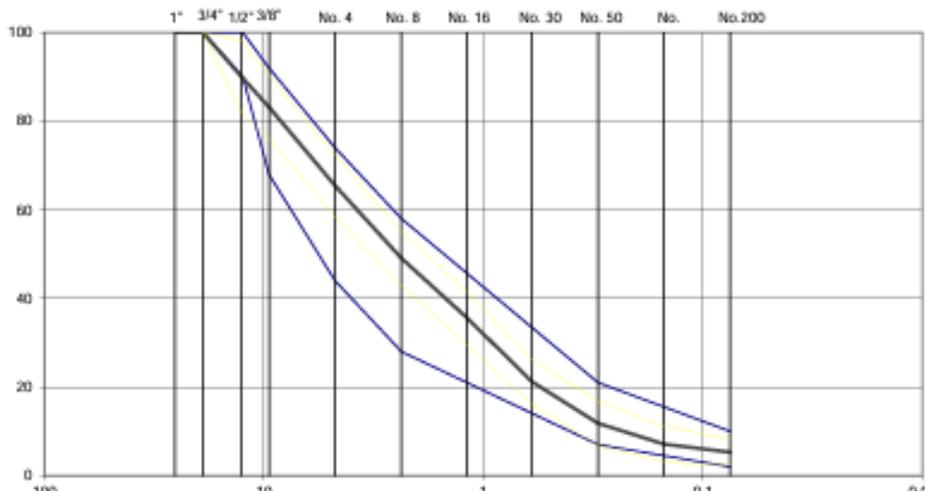


| | | |
|---|----------------------------|-----------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL | MEZCLA ASFALTICA T/IN 1/2" | 9 de julio/2024 |
|---|----------------------------|-----------------|

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------------------------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Aridos 1/2" | | 84,7 | 38,0 | 11,3 | 0,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Aridos 3/8" | | 100 | 100 | 95,5 | 67,8 | 39,7 | 24,1 | 19,6 | 13,7 | 12,2 | 10,2 |
| A. Natural | | 100 | 100 | 98,4 | 88,8 | 79,0 | 62,2 | 31,4 | 14,4 | 4,3 | 2,0 |
| Especificaciones Deseadas | | | | | | | | | | | |

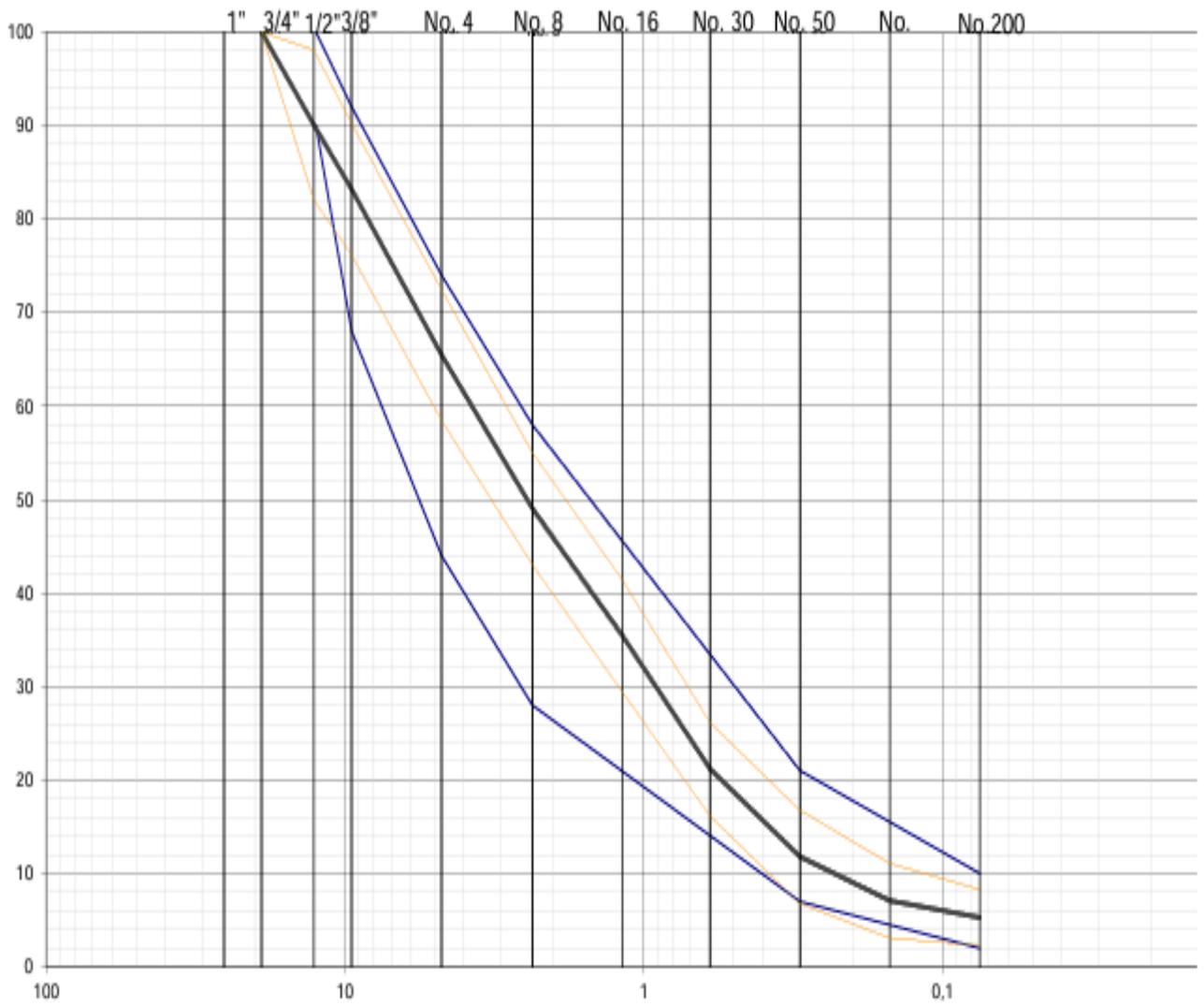
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS PRUEBA

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| Aridos 1/2" | 16% | 16,0 | 6,1 | 1,8 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Aridos 3/8" | 44% | 44,0 | 44,0 | 42,0 | 29,8 | 17,5 | 10,6 | 8,6 | 6,0 | 5,4 | 4,5 |
| A. Natural | 40% | 40,0 | 40,0 | 39,4 | 35,5 | 31,6 | 24,9 | 12,6 | 5,8 | 1,7 | 0,8 |
| | | 100 | 90,1 | 83,2 | 65,5 | 49,1 | 35,5 | 21,2 | 11,8 | 7,1 | 5,3 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 100 | | 74 | 58 | | | 21 | | 10 |
| | | 95 | 90 | | 44 | 28 | | | 7 | | 2 |
| Faja de Trabajo | | 100 | 98 | 90 | 72 | 55 | 41 | 26 | 17 | 11 | 8 |
| | | 92 | 82 | 76 | 58 | 43 | 29 | 16 | 7 | 3 | 2 |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 72 Curvas Granulométrica para mezcla convencional de 2''



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 73 Gravedad específica ½ mezcla asfáltica convencional 2''

GRAVEDADES ESPECIFICAS



| | |
|------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL |
| SOLICITADO POR: | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| USO | MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2" |
| MATERIAL | AGREGADO 1/2" |
| FECHA: | 10 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO 1/2"

Material que pasa el tamiz 3/4" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|-------------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 4.766,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 4.806,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 3.111,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,812 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,835 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,880 gr/cm3 |
| % de absorción | 0,84% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARENA DE RIO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|-------------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 491,6 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 306,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,534 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,577 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,649 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,11% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 74 Gravedad Especial 3/8 de Mezcla Asfáltica Convencional de 2"

GRAVEDADES ESPECIFICAS



| | |
|------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL |
| SOLICITADO POR: | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| USO | MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2" |
| MATERIAL | AGREGADO 3/8" |
| FECHA: | 10 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO RET. TAMIZ # 4

Material que pasa el tamiz 1/2" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|--------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 3.696,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 3.744,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 2.400,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,750 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,786 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,852 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,30% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO FINO PAS. TAMIZ # 4

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|--------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 490,0 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 320,0 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,722 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,778 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,882 gr/cm3 |
| % de absorción | 2,04% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

**GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA ASFALTICA
RICE**



PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR : SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFI
USO: MEZCLA ASFALTICA T/N 1/2"
FECHA: 11 de julio de 2024

C. Asfalto= 6,0%
 P. E. Asfalto= 1,016
 P. Asfalto= 60

Peso de Mezcla 1.000,0
 Peso del Picnómetro + Agua 3.144,0
 Peso Picnómetro + Agua + Mezcla 3.737,0

GRAVEDAD MAX. TEORICA RICE $\frac{1.000,0}{1.000,0 + 3.144,0 - 3.737,0} = 2,457$

GRAVEDAD EFECTIVA $\frac{100 - 6}{\frac{100}{2,457} - \frac{6,0}{1,016}} = 2,702$

GRAVEDAD FINO $\frac{100}{\frac{32,2}{2,750} + \frac{67,8}{2,722}} = 2,731$

GRAVEDAD BULK $\frac{100}{\frac{16,0}{2,812} + \frac{44,0}{2,731} + \frac{40,0}{2,534}} = 2,661$

PORCENTAJE DE ABSORCION $100 \times \frac{2,702 - 2,661}{2,702} = 0,58\%$

GRAVEDAD APARENTE $\frac{100}{\frac{16,0}{2,880} + \frac{44,0}{2,865} + \frac{40,0}{2,673}} = 2,787$

Observaciones:

Anexo 76 Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional de 2º Método Marshall

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL



| | |
|--|---|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | USO: MEZCLA ASFÁLTICA 1/1 1/2 |
| SOLICITADO POR: SRA. MINDIOLA Y SR. SORIA | FECHA: 12 de julio de 2024 |
| | GRADO CEMENTO ASFÁLTICO: AC-20 60-70 |

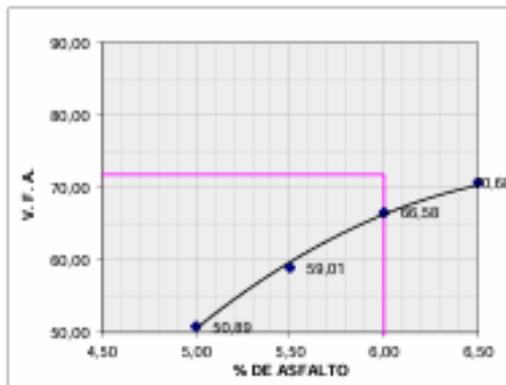
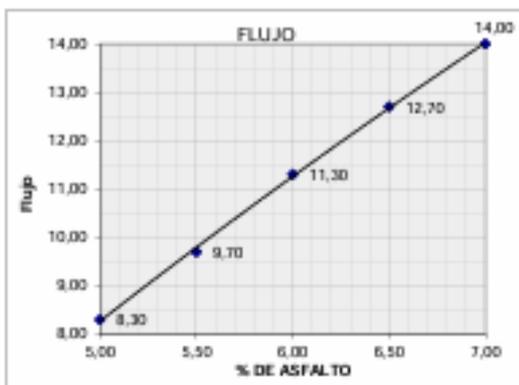
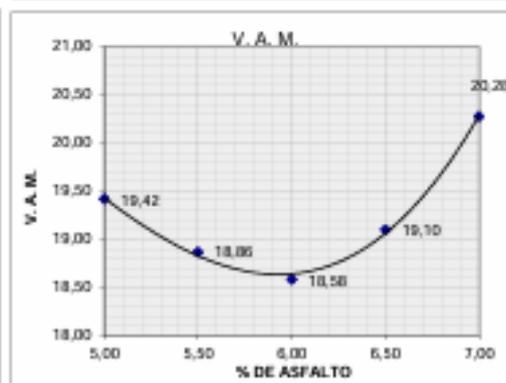
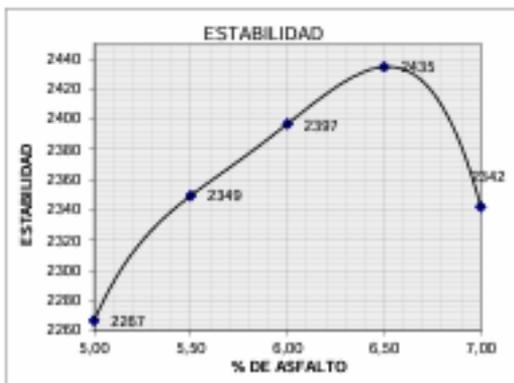
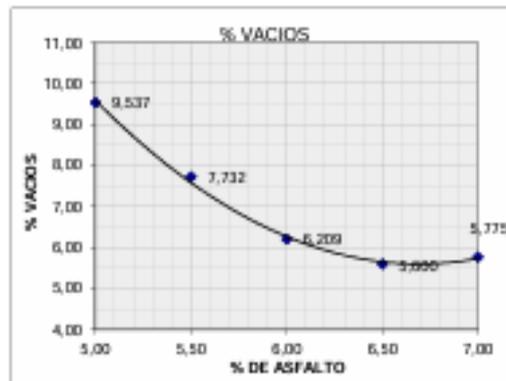
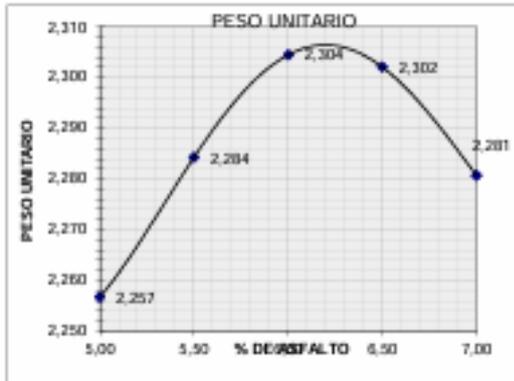
PESO ESPECÍFICO DE AGREGADOS PARA DISEÑO: $G_{agg} = 2.661$ PESO ESPECÍFICO DE CEMENTO ASFÁLTICO: $G_{ca} = 1.016$

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECÍFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN - % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS ANTRALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A. % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD - LB | | FLUJO ODI* | |
|------------|--------------|----------------|--------------|---------|---------|-------------------|----------------|---------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|------------------|-----------|------------|--|
| | | SECA EN AIRE | S.S. EN AIRE | EN AGUA | | "Bulk" | MAXIMO TECNICO | MAXIMO MEDIDO | | AGREGADOS | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEIDA | CORREGIDA | | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t | |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(j - A)10^4}{A(100 - A)}$ | $\frac{100 - A}{G_{agg}}$ | $\frac{(l - g)}{j} \times 100$ | $100 - l - j$ | $100 - n$ | $\frac{(100 - A)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{p}$ | | | | | |
| 1 | | 1.202.0 | 1.205.0 | 633.0 | 572.0 | 2.101 | | | | | | | | | | 0.86 | 241.4 | 2.076 | 8 | |
| 2 | | 1.204.0 | 1.207.0 | 684.0 | 523.0 | 2.302 | | | | | | | | | | 0.96 | 239.8 | 2.302 | 9 | |
| 3 | | 1.207.0 | 1.209.0 | 699.0 | 510.0 | 2.367 | | | | | | | | | | 1.00 | 242.2 | 2.422 | 8 | |
| Promedio | 5.00 | | | | | 2.257 | 2.461 | 2.495 | 0.57 | 80.58 | 9.54 | 9.88 | 19.42 | 4.02 | 50.89 | | | 2.267 | 8 | |
| 1 | | 1.202.0 | 1.204.0 | 639.0 | 565.0 | 2.127 | | | | | | | | | | 0.86 | 246.2 | 2.117 | 9 | |
| 2 | | 1.208.0 | 1.212.0 | 702.0 | 510.0 | 2.369 | | | | | | | | | | 1.00 | 245.9 | 2.459 | 10 | |
| 3 | | 1.209.0 | 1.212.0 | 699.0 | 513.0 | 2.357 | | | | | | | | | | 1.00 | 247.2 | 2.472 | 10 | |
| Promedio | 5.50 | | | | | 2.284 | 2.443 | 2.476 | 0.57 | 81.14 | 7.73 | 11.13 | 18.86 | 4.52 | 59.01 | | | 2.349 | 10 | |
| 1 | | 1.197.0 | 1.200.0 | 651.0 | 549.0 | 2.180 | | | | | | | | | | 0.89 | 241.2 | 2.147 | 12 | |
| 2 | | 1.201.0 | 1.203.0 | 689.0 | 514.0 | 2.337 | | | | | | | | | | 1.00 | 249.1 | 2.491 | 11 | |
| 3 | | 1.203.0 | 1.206.0 | 704.0 | 502.0 | 2.396 | | | | | | | | | | 1.04 | 245.5 | 2.553 | 11 | |
| Promedio | 6.00 | | | | | 2.304 | 2.425 | 2.457 | 0.57 | 81.42 | 6.21 | 12.37 | 18.58 | 5.02 | 66.58 | | | 2.397 | 11 | |
| 1 | | 1.194.0 | 1.196.0 | 667.0 | 529.0 | 2.257 | | | | | | | | | | 0.96 | 247.9 | 2.380 | 12 | |
| 2 | | 1.215.0 | 1.218.0 | 692.0 | 526.0 | 2.310 | | | | | | | | | | 0.96 | 254.7 | 2.445 | 13 | |
| 3 | | 1.200.0 | 1.202.0 | 689.0 | 513.0 | 2.339 | | | | | | | | | | 1.00 | 247.9 | 2.479 | 13 | |
| Promedio | 6.50 | | | | | 2.302 | 2.407 | 2.439 | 0.57 | 80.90 | 5.60 | 13.50 | 19.10 | 5.52 | 70.68 | | | 2.435 | 13 | |
| 1 | | 1.212.0 | 1.214.0 | 645.0 | 569.0 | 2.130 | | | | | | | | | | 0.86 | 249.8 | 2.148 | 14 | |
| 2 | | 1.236.0 | 1.239.0 | 713.0 | 526.0 | 2.350 | | | | | | | | | | 0.96 | 247.3 | 2.374 | 14 | |
| 3 | | 1.226.0 | 1.229.0 | 710.0 | 519.0 | 2.362 | | | | | | | | | | 1.00 | 250.4 | 2.504 | 14 | |
| Promedio | 7.00 | | | | | 2.281 | 2.390 | 2.420 | 0.57 | 79.72 | 5.77 | 14.50 | 20.28 | 6.02 | 71.52 | | | 2.342 | 14 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 77 Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 2''

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL
 FECHA: 12 de julio de 2024



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA



PROYECTO : *DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL*
SOLICITADO POR: *SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA*
DESCRIPCION: *ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFALTICAS PLASTICA PET -FIBRA Y MAC*
FISCALIZADOR: *UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE*
FECHA : 8 de julio de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 3/4" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

Agregado 3/4" 34%
 Áridos Chispa 40%
 Arena Natural 26%

B) Granulometría de Agregados

E= 3"

| | Tamices | % Pasante | Faja de Control | | Especific. Tipo C |
|----------|---------|-----------|-----------------|--------|-------------------|
| 25,0 mm | 1" | 100 | 100 | - | 100 |
| 19,0 mm | 3/4" | 94,8 | 86,8 | - 100 | 90-100 |
| 12,5 mm | 1/2" | 78,6 | 70,6 | - 86,6 | |
| 9,5 mm | 3/8" | 66,4 | 59,4 | - 73,4 | 56-80 |
| 4,75 mm | 4 | 52,5 | 45,5 | - 59,5 | 35-65 |
| 2,36 mm | 8 | 43,8 | 37,8 | - 49,8 | 23-49 |
| 1,18 mm | 16 | 32,4 | 26,4 | - 38,4 | |
| 0,60 mm | 30 | 25,3 | 20,3 | - 30,3 | |
| 0,3 mm | 50 | 11,3 | 6,3 | - 16,3 | 5-19, |
| 0,15 mm | 100 | 6,9 | 2,9 | - 10,9 | |
| 00,75 mm | 200 | 5,5 | 2,5 | - 8,5 | 2-8, |

Gravedad Especifica de Masa = 2,731
 Gravedad Especifica Efectiva = 2,764
 Gravedad Especifica Aparente = 2,922
 Porcentaje de Asfalto Absorbido = 0,45%

C) Control de Diseño

| Propiedad | Valor Obtenido | Especificaciones | |
|-----------------------------|----------------|------------------|--------|
| | | Mínimo | Máximo |
| Vacios (%) | 5,00 | 3,00 | 5,00 |
| V.M.A. (%) | 19,50 | 14,00 | ..... |
| Estabilidad (Lbs.) | 2,578 | 1.800 | ..... |
| Flujo | 11,07 | 8,00 | 14,00 |
| Contenido Optimo de Asfalto | | 5,00% | |

Relacion Filler/Betun = 0,994%

Temperatura de Mezcla en Planta 140 - 150 °C

Cemento asfaltico AC-20

Ensayo ASTM D - 3625 > 95% Peladura.

Esta dosificacion si es necesario será reajustada en planta al momento de su produccion.

Los materiales empleados en el presente Diseño de Mezcla Asfáltica provienen de RIO CHIMBO y INDUCTROC S.A. VIA SALITRE - y que han sido sometidos a todos los Ensayos y Tolerancias Establecidas en las Especificaciones del MTOP 001-F - 2002 y que constan en el Manual del Instituto Norteamericano de Asfalto.

ANALISIS GRANULOMETRICO

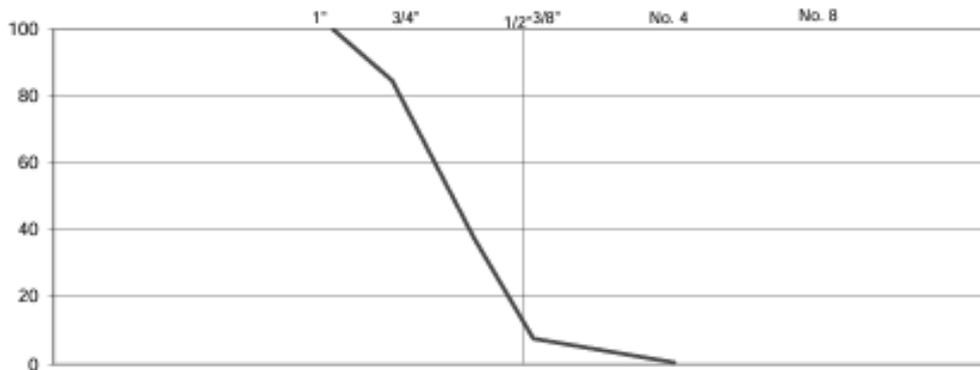


| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| MATERIAL: | AGREGADO 3/4" |
| FECHA: | 3 de julio de 2024 |

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 3/4" | 689,0 | 15,3 | 84,7 | |
| 1/2" | 2.820,0 | 62,5 | 37,5 | |
| 3/8" | 4.166,0 | 92,4 | 7,6 | |
| No. 4 | 4.492,0 | 99,6 | 0,4 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 18,0 | 0,4 | | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | | | | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | | | | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | | | | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | | | | |
| No. 200 | | | | |
| Pasa el No. 200 | | | | |
| TOTAL | 4.510,0 | | | |

Peso Total del Lavado 4.510,0 Peso antes del lavado _____
 Peso Total despues del Lavado _____ Peso despues del lavado _____
 Modulo de Finura _____

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| 87 | 155,2 | 153,3 | 7,1 | 1,30% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)



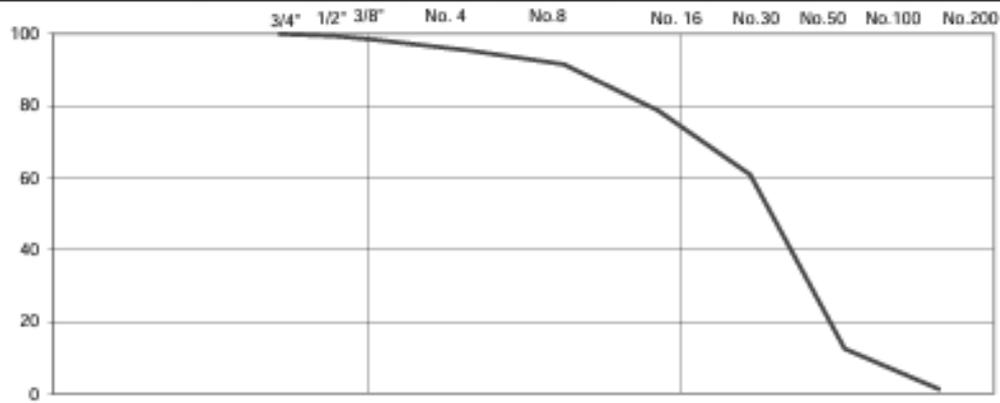
ANALISIS GRANULOMETRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR : SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
MATERIAL: ARENA NATURAL
FECHA: 3 de julio de 2024

| TAMIZ | PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.) | % RETENIDO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES |
|-----------------|-------------------------------|------------|------------|------------------|
| 3" | | | | |
| 2 1/2" | | | | |
| 2" | | | | |
| 1 1/2" | | | | |
| 1" | | | 100 | |
| 3/4" | 0,0 | 0,0 | 100 | |
| 1/2" | 8,0 | 0,6 | 99,4 | |
| 3/8" | 23,0 | 1,6 | 98,4 | |
| No. 4 | 66,0 | 4,6 | 95,4 | |
| Pasa el No. 4 | | | | |
| No. 8 | 121,0 | 8,5 | 91,5 | |
| No. 10 | | | | |
| No. 16 | 304,0 | 21,3 | 78,7 | |
| No. 20 | | | | |
| No. 30 | 558,0 | 39,1 | 60,9 | |
| No. 40 | | | | |
| No. 50 | 1.249,0 | 87,5 | 12,5 | |
| No. 60 | | | | |
| No. 80 | | | | |
| No. 100 | 1.409,0 | 98,7 | 1,3 | |
| No. 200 | 1.421,0 | 99,5 | 0,5 | |
| Pasa el No. 200 | 7,0 | 0,5 | | |
| TOTAL | 1.428,0 | | | |

Peso Total del Lavado 1.428,0 Peso antes del lavado 1220
 Peso Total despues del Lavado Peso despues del lavad 1140
 Modulo de Finura

| Capsula No. | Peso Cap. + Suelo Humedo | Peso Cap. + Suelo Seco | Peso Capsula | W % |
|-------------|--------------------------|------------------------|--------------|-------|
| A7 | 196,6 | 186,3 | 7,2 | 5,75% |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

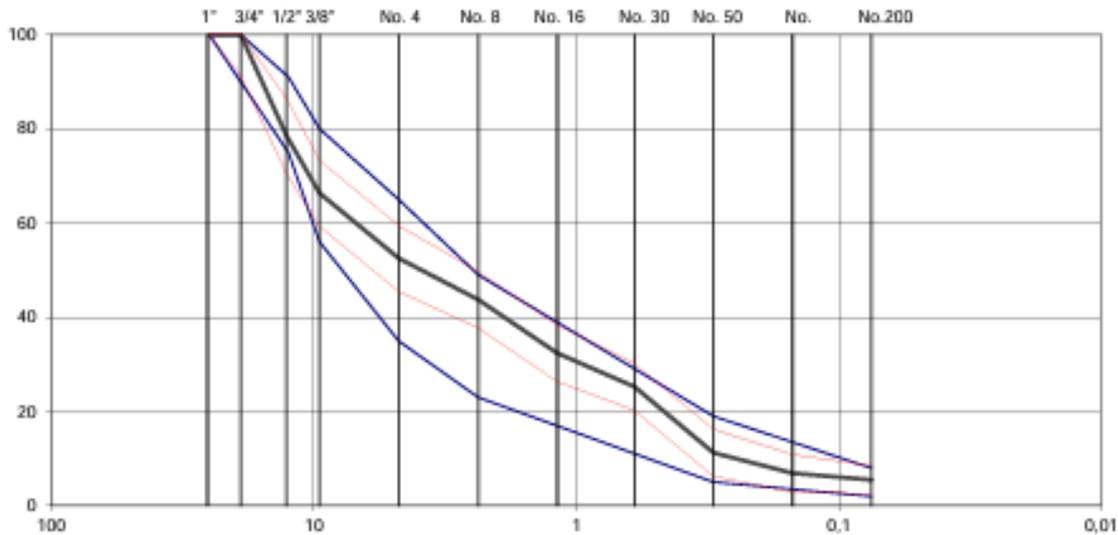


| | | |
|---|---------------------------|-----------------|
| PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL | MEZCLA ASFALTICA T/N 3/4" | 4 de julio/2024 |
|---|---------------------------|-----------------|

| Agregado | Cantera | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---------|--------------------------------------|------|------|------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | | 100 | 84,7 | 37,5 | 7,6 | 0,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3/8" | | 100 | 100 | 100 | 95,5 | 69,0 | 49,9 | 29,8 | 23,6 | 20,0 | 16,4 | 13,4 |
| A. Natural | | 100 | 100 | 99,4 | 98,4 | 95,4 | 91,5 | 78,7 | 60,9 | 12,5 | 1,3 | 0,5 |
| Especificaciones Deseadas | | | | | | | | | | | | |

GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS PRUEBA

| Agregado | Porcentaje Usado | TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|--------------------------------------|--------|------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | 1" | 3/4" | 1/2" | 3/8" | No. 4 | No. 8 | No. 16 | No. 30 | No. 50 | No. 100 | No. 200 |
| 3/4" | 34% | 34,0 | 28,8 | 12,8 | 2,6 | 0,1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3/8" | 40% | 40,0 | 40,0 | 40,0 | 38,2 | 27,6 | 20,0 | 11,9 | 9,4 | 8,0 | 6,6 | 5,4 |
| A. Natural | 26% | 26,0 | 26,0 | 25,8 | 25,6 | 24,8 | 23,8 | 20,5 | 15,8 | 3,3 | 0,3 | 0,1 |
| | | 100 | 94,8 | 78,6 | 66,4 | 52,5 | 43,8 | 32,4 | 25,3 | 11,3 | 6,9 | 5,5 |
| Especificaciones Deseadas | | 100 | 90-100 | | 56-80 | 35-65 | 23-49 | | | 5-19, | | 2-8, |
| Faja de Trabajo | | 100 | 100 | 95 | 68 | 50 | 36 | | | 14 | | 5 |
| | | | 100 | 87 | 73 | 60 | 50 | 38 | 30 | 16 | 11 | 8 |
| | | | 87 | 71 | 59 | 46 | 38 | 26 | 20 | 6 | 3 | 2 |



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

GRAVEDADES ESPECIFICAS



| | |
|-------------------------|--|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL |
| SOLICITADO POR : | SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA |
| FISCALIZADOR: | UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE |
| MATERIAL: | AGREGADO 1/2" |
| FECHA: | 5 de julio de 2024 |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO 1/2"

Material que pasa el tamiz 1" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 3,276,0 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 3,311,0 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 2,180,0 gr |
| | |
| Gravedad Especifica de masa | 2,897 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,927 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,989 gr/cm3 |
| % de absorción | 1,07% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

ARENA DE RIO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|---------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 485,0 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,0 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 309,0 gr |
| | |
| Gravedad Especifica de masa | 2,539 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,618 gr/cm3 |
| Gravedad Especifica aparente | 2,756 gr/cm3 |
| % de absorción | 3,09% |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)



GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR : SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
MATERIAL: AGREGADO 3/8" - CHISPA
FECHA: 5 de julio de 2024

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO GRUESO

Material que pasa el tamiz 1/2" y es retenido en el tamiz # 4

| | |
|---|------------------------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 4.230,00 gr |
| B : Peso en el aire de la muestra saturada : | 4.300,00 gr |
| C : Peso en el agua de la muestra saturada : | 2.780,00 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,783 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,829 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica aparente | 2,917 gr/cm³ |
| % de absorción | 1,65% |

GRAVEDADES ESPECIFICAS

AGREGADO FINO

Material que pasa el tamiz # 4 y es retenido en el tamiz

| | |
|--|------------------------------------|
| A : Peso en el aire de la muestra secada al horno : | 482,00 gr |
| V : Volumen de la Probeta : | 500,00 gr |
| W : Peso en gramos o volumen en ml. del agua añadida : | 322,00 gr |
| Gravedad Especifica de masa | 2,708 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica de s.s.s. | 2,809 gr/cm³ |
| Gravedad Especifica aparente | 3,013 gr/cm³ |
| % de absorción | 3,73% |

Anexo 86 Gravedades específicas RICE mezcla asfáltica convencional 3''

**GRAVEDAD ESPECIFICA MEZCLA ASFALTICA
RICE**



PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR: SRTA. SAMANTA MINDIOLA Y SR. CHRISTOPHER SORIA
FISCALIZADOR: UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
USO: MEZCLA ASFALTICA 3/4"
FECHA: 6 de julio de 2024

C. Asfalto= 5,5%
 P. E. Asfalto= 1,016
 P. Asfalto= 55

Peso de Mezcla 1.000,0
 Peso del Picnómetro + Agua 7.340,0
 Peso Picnómetro + Agua + Mezcla 7.944,0

GRAVEDAD MAX. TEORICA RICE $\frac{1.000,0}{1.000,0 + 7.340,0 - 7.944,0} = 2,525$

GRAVEDAD EFECTIVA $\frac{100 - 5,5}{\frac{100,0}{2,525} + \frac{5,5}{1,016}} = 2,764$

GRAVEDAD FINO $\frac{100}{\frac{31,0}{2,783} + \frac{69,0}{2,708}} = 2,731$

GRAVEDAD BULK $\frac{100}{\frac{34,0}{2,897} + \frac{40,0}{2,731} + \frac{26,0}{2,539}} = 2,731$

PORCENTAJE DE ABSORCION $100 \times \frac{2,764 - 2,731}{2,764 \times 2,731} \times 1,016 = 0,45\%$

GRAVEDAD APARENTE $\frac{100}{\frac{34,0}{2,989} + \frac{40,0}{2,983} + \frac{26,0}{2,756}} = 2,922$

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 87 Diseño de mezclas asfálticas Método Marshall



DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS METODO MARSHALL

| | | | |
|--------------|---|--------------------------|---------------------------|
| PROYECTO: | DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL | USO: | MEZCLA ASFÁLTICA 1/N 3/4" |
| CONTRATISTA: | SITA MINDIOLA Y SR. SORIA | FECHA REPORTE: | 7 de julio 2024 |
| | | GRADO CEMENTO ASFÁLTICO: | AC-20 60-70 |

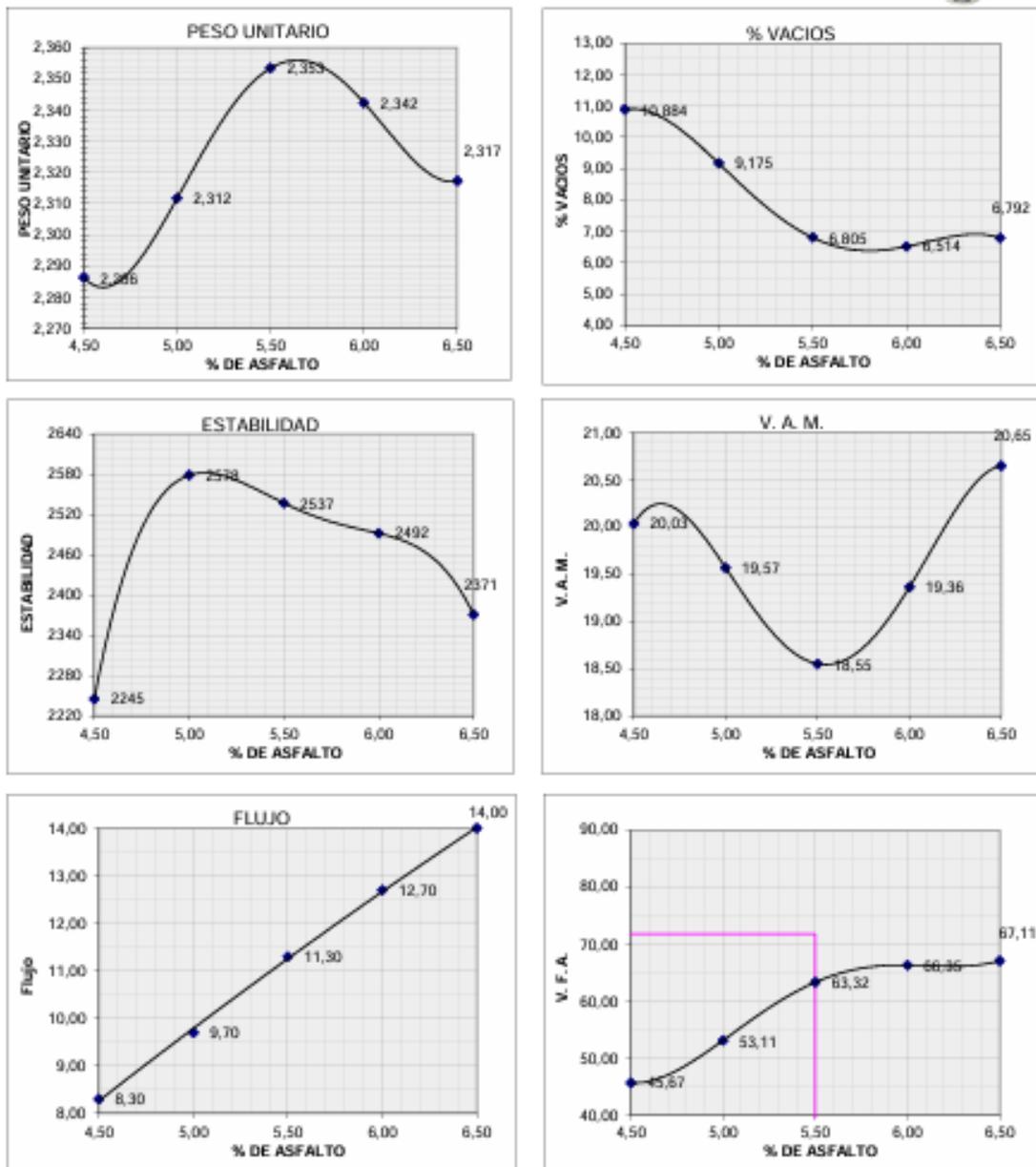
PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS PARA DISEÑO: $G_{sp} = 2,731$ PESO ESPECIFICO DE CEMENTO ASFÁLTICO $G_{sf} = 1,016$

| MEZCLA No. | % DE ASFALTO | PESO EN GRAMOS | | | VOLUMEN | PESO ESPECIFICO | | | ASFALTO ABSORVIDO % | VOLUMEN % TOTAL | | | VACIOS EN AGREGADOS MINERALES | % DE ASFALTO EFECTIVO | V.F.A % | FACTOR DE CORRECCION | ESTABILIDAD | | FLUJO 0.07" | |
|-----------------|--------------|----------------|---------------|---------|---------|-------------------|----------------|--------------|----------------------------------|-----------------------------|---|------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|--|
| | | SECA EN AIRE | S. S. EN AIRE | EN AGUA | | "BULK" | MAXIMO TROBICO | MAXIMO MEDIO | | AGREGADOS | VACIOS EN AIRE | ASFALTO EFECTIVO | | | | | MEIDA | CORREGIDA | | |
| a | b | c | d | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o | p | q | r | s | t | |
| | | | | | | $\frac{c}{d - e}$ | | | $\frac{(j - A)10^4}{L(100 - A)}$ | $\frac{(100 - M)g}{G_{sp}}$ | $\left(1 - \frac{d}{f}\right) \times 100$ | $100 - l - j$ | $100 - i$ | $b - \frac{(100 - A)}{100}$ | $100 \times \frac{m}{p}$ | | | | | |
| 1 | | 1.264,0 | 1.266,0 | 701,0 | 565,0 | 2.237 | | | | | | | | | | 0,86 | 2512 | 2.160 | 9 | |
| 2 | | 1.282,0 | 1.286,0 | 733,0 | 553,0 | 2.318 | | | | | | | | | | 0,89 | 2525 | 2.247 | 8 | |
| 3 | | 1.244,0 | 1.248,0 | 708,0 | 540,0 | 2.304 | | | | | | | | | | 0,93 | 2502 | 2.327 | 8 | |
| Promedio | 4,50 | | | | | 2.286 | 2.538 | 2.566 | 0,45 | 79,97 | 10,88 | 9,15 | 20,03 | 3,53 | 45,67 | | | 2.245 | 8 | |
| 1 | | 1.252,0 | 1.254,0 | 710,0 | 544,0 | 2.301 | | | | | | | | | | 0,93 | 2711 | 2.521 | 10 | |
| 2 | | 1.235,0 | 1.238,0 | 694,0 | 544,0 | 2.270 | | | | | | | | | | 0,93 | 2713 | 2.523 | 9 | |
| 3 | | 1.248,0 | 1.249,0 | 721,0 | 528,0 | 2.364 | | | | | | | | | | 0,96 | 2802 | 2.690 | 10 | |
| Promedio | 5,00 | | | | | 2.312 | 2.518 | 2.545 | 0,45 | 80,43 | 9,17 | 10,39 | 19,57 | 4,03 | 53,11 | | | 2.578 | 10 | |
| 1 | | 1.210,0 | 1.212,0 | 698,0 | 514,0 | 2.354 | | | | | | | | | | 1,00 | 2555 | 2.555 | 11 | |
| 2 | | 1.204,0 | 1.208,0 | 689,0 | 519,0 | 2.320 | | | | | | | | | | 1,00 | 2479 | 2.479 | 11 | |
| 3 | | 1.198,0 | 1.203,0 | 701,0 | 502,0 | 2.386 | | | | | | | | | | 1,04 | 2477 | 2.576 | 12 | |
| Promedio | 5,50 | | | | | 2.353 | 2.499 | 2.525 | 0,45 | 81,45 | 6,80 | 11,74 | 18,55 | 4,52 | 63,32 | | | 2.537 | 11 | |
| 1 | | 1.230,0 | 1.233,0 | 702,0 | 531,0 | 2.316 | | | | | | | | | | 0,96 | 2525 | 2.424 | 13 | |
| 2 | | 1.233,0 | 1.236,0 | 719,0 | 517,0 | 2.385 | | | | | | | | | | 1,00 | 2555 | 2.555 | 12 | |
| 3 | | 1.242,0 | 1.244,0 | 710,0 | 534,0 | 2.326 | | | | | | | | | | 0,96 | 2600 | 2.496 | 13 | |
| Promedio | 6,00 | | | | | 2.342 | 2.479 | 2.506 | 0,45 | 80,64 | 6,51 | 12,85 | 19,36 | 5,02 | 66,35 | | | 2.492 | 13 | |
| 1 | | 1.235,0 | 1.236,0 | 707,0 | 529,0 | 2.335 | | | | | | | | | | 0,96 | 2547 | 2.445 | 14 | |
| 2 | | 1.263,0 | 1.265,0 | 711,0 | 554,0 | 2.280 | | | | | | | | | | 0,89 | 2545 | 2.265 | 14 | |
| 3 | | 1.246,0 | 1.249,0 | 716,0 | 533,0 | 2.338 | | | | | | | | | | 0,96 | 2502 | 2.402 | 14 | |
| Promedio | 6,50 | | | | | 2.317 | 2.461 | 2.486 | 0,45 | 79,35 | 6,79 | 13,86 | 20,65 | 5,52 | 67,11 | | | 2.371 | 14 | |

Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)

Anexo 88 Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 3''

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL
 FECHA: 7 de julio de 2024



Elaborado por: Mindiola & Soria, (2024)