UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

EVALUACIÓN DE UN ASFALTO MODIFICADO CON ADITIVO PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE DESEMPEÑO.

TUTOR

Mgtr. MARCO VLADIMIR CHIMBORAZO ANGULO

AUTORES

EDDY BOLIVAR ARREAGA DAVID

MARIA GABRIELA MORA SANCHEZ

GUAYAQUIL

2025

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Evaluación De Un Asfalto Modificado Con Aditivo Para Mejorar Sus Propiedades Mecánicas Y De Desempeño.	
AUTOR/ES: Eddy Bolívar Arreaga David María Gabriela Mora Sánchez	**TUTOR:** Mgtr. Chimborazo Angulo Marco Vladimir
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil	**Grado obtenido:** INGENIERO CIVIL
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONTRUCCIÓN	**CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2025	**N. DE PÁGS:** 220
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción.	
PALABRAS CLAVE: Asfalto, Tráfico, Mantenimiento, Construcción.	

RESUMEN:

El rendimiento de los pavimentos asfálticos depende en gran medida de la calidad del asfalto que los componen. En este estudio, exploramos cómo la modificación del asfalto con un aditivo específico puede mejorar sus propiedades mecánicas y su comportamiento ante diferentes condiciones de carga y clima. Para ello, realizamos pruebas detalladas de caracterización, analizando aspectos como su viscosidad, resistencia a la deformación y estabilidad térmica.

Los resultados obtenidos indican que el aditivo seleccionado aporta mejoras significativas, aumentando la resistencia del asfalto al envejecimiento y optimizando su capacidad de recuperación elástica. Esto sugiere que la modificación propuesta podría ser una alternativa eficaz para prolongar la vida útil de los pavimentos y reducir los costos de mantenimiento.

<table>
<tr><td colspan="3">A lo largo del estudio, combinamos una revisión exhaustiva de la literatura con experimentación en laboratorio para comprender a fondo la estructura molecular del asfalto, su interacción con los agregados minerales y su reacción ante distintos factores ambientales y de tráfico. También exploramos nuevas técnicas para optimizar su desempeño y durabilidad en aplicaciones prácticas.
Con esta investigación, buscamos aportar conocimiento valioso para la ingeniería civil, promoviendo soluciones más eficientes, sostenibles y duraderas en la construcción y mantenimiento de carreteras y pavimentos.</td></tr>
<tr><td>N. DE REGISTRO (en base de datos):</td><td colspan="2">N. DE CLASIFICACIÓN:</td></tr>
<tr><td colspan="3">DIRECCIÓN URL (Web):</td></tr>
<tr><td>ADJUNTO PDF:</td><td>SI [x]</td><td>NO [ ]</td></tr>
<tr><td>CONTACTO CON AUTOR/ES:
Arreaga David Eddy Bolívar

Mora Sánchez María Gabriela</td><td>Teléfono:
+593 99 469 1138

+593 98 650 1572</td><td>E-mail:
earreagad@ulvr.edu.ec

jasonarreaga41@gmail.com

mmorasa@ulvr.edu.ec</td></tr>
<tr><td>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</td><td colspan="2">PhD. Marcial Calero Amores
Teléfono: (04) 259 6500Ext. 241
E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec

Mgtr. Jorge Torres Rodríguez
Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 242
E-mail: etorresr@ulvr.edu.ec</td></tr>
</table>

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Arreaga-Mora

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	8%	0%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.ucsg.edu.ec Fuente de Internet	1%
3	vsip.info Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uees.edu.ec Fuente de Internet	<1%
5	www.derechoecuador.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Técnica de Machala Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.puce.edu.ec Fuente de Internet	<1%

13	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.jove.com Fuente de Internet	<1 %
16	vdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 15 words
Excluir bibliografía	Activo		

Ing. Marco Vladimir Chimborazo MSc.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados EDDY BOLÍVAR ARREAGA DAVID y MARÍA GABRIELA MORA SÁNCHEZ declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, Evaluación De Un Asfalto Modificado Con Aditivo Para Mejorar Sus Propiedades Mecánicas Y De Desempeño, corresponde totalmente a los suscritos y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autores

Firma:

EDDY BOLÍVAR ARREAGA DAVID

C.I.0940498165

Firma:

MARÍA GABRIELA MORA SÁNCHEZ

C.I.0951356781

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación “EVALUACIÓN DE UN ASFALTO MODIFICADO CON ADITIVO PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE DESEMPEÑO” designado 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**: “EVALUACIÓN DE UN ASFALTO MODIFICADO CON ADITIVO PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS Y DE DESEMPEÑO”,** presentado por los estudiantes EDDY BOLÍVAR ARREAGA DAVID y MARÍA GABRIELA MORA SÁNCHEZ como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

MGTR. CHIMBORAZO ANGULO MARCO VLADIMIR

C.C. 0915941728

AGRADECIMIENTO

Primero que todo doy gracias a Dios por haberme permitido llegar donde estoy ahora, por darme la fortaleza y voluntad necesaria para seguir adelante con mi objetivo. A mi Madre Lorena David Mindiola y mi hermana Heidi Arreaga David que ha estado ahí siempre apoyándome incondicionalmente y darme ánimos para seguir continuando, la que me inculco siempre valores para seguir en el camino correcto y afrontar cualquier adversidad que se me ha presentado. A mi Padre Bolívar Arreaga David que ha estado recordándome siempre que ha estado para mí a pesar la distancia. A los docentes que han sido de mucha ayuda a lo largo de todo este trayecto tanto en lo educativo, como en lo moral y ético, con mención especial para nuestro tutor Mgtr. Marco Vladimir Chimborazo, que nos ha guiado significativamente en este proceso.

Eddy Bolívar Arreaga David

DEDICATORIA

Principalmente a Dios porque me ha brindado seguir gozando de salud y sobre todo prevalecer en mi camino lleno de obstáculos, por darme la paciencia, perseverancia y compromiso para llevar a cabo mi ideal. Este triunfo se lo dedico a mi familia, que siempre me inculcó los mejores valores como son la superación, humildad, sacrificio y sobre todo valorar lo que tengo. Pero en especial a mis queridos Abuelos Sr. José Jacinto David Guaranda y Sra. Otilia Bernardina Mindiola Bolaños que me enseñaron muchos valores y principios, un total ejemplo a seguir, me enseñó a perseguir mis sueños y lograrlos y aquí va su segundo deseo cumplido. A los docentes que estuvieron presente en toda la carrera universitaria que me brindaron su tiempo y valioso conocimiento. Y por último a mis amigas y amigos que de una u otra forma estuvieron apoyándome incondicionalmente, se los dedico.

Eddy Bolívar Arreaga David

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme la fuerza, sabiduría y paciencia necesarias para culminar este proyecto. Su guía constante me ha permitido superar los momentos más difíciles, y siempre he confiado en su voluntad para seguir adelante. A mis padres Giovanny Mora y mi madre Eva Sánchez, quienes han sido mi apoyo incondicional a lo largo de todo este proceso. Su amor, sacrificio y orientación han sido fundamentales para que hoy pueda ver reflejado el esfuerzo y la dedicación de todos estos años. Gracias por creer en mí, por motivarme a no rendirme y por darme el ejemplo de perseverancia y entrega. Este logro es también un reflejo de su amor y de todo lo que me han enseñado. ¡Gracias infinitas por estar siempre a mi lado!

María Gabriela Mora Sánchez.

DEDICATORIA

Con mucha gratitud y cariño, dedico esta tesis a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia necesarias para superar cada desafío en este camino. Sin su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible. A mi hermana Geovanna Mora, quien siempre ha estado a mi lado brindándome su apoyo incondicional y su amor en cada etapa de mi vida. A mis queridos abuelos, por ser un ejemplo de esfuerzo, dedicación y amor infinito. Su presencia ha sido un motor constante para seguir adelante. En especial a mi enamorado Jefferson Burgos, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en cada momento de este proceso. Gracias por creer en mí y por ser mi refugio en los días difíciles. A mis docentes, por compartir su conocimiento y enseñarme con paciencia y dedicación. A mis amigas y amigos, por su compañía, sus palabras de aliento y por estar presentes en los momentos que más los necesité. A mi compañero de tesis, por su esfuerzo, compromiso y por haber trabajado juntos para alcanzar esta meta. Y, finalmente, a mí misma, por no rendirme, por luchar con determinación y por demostrarme que soy capaz de lograr mis sueños.

María Gabriela Mora Sánchez.

RESUMEN

El desempeño de los pavimentos asfálticos está estrechamente ligado a la calidad del asfalto utilizado en su construcción. Este estudio examina el efecto de la inclusión de un aditivo específico en la mejora de sus propiedades mecánicas y su respuesta frente a diversas condiciones de carga y clima. Para ello, se realizaron a cabo pruebas exhaustivas de caracterización, evaluando parámetros como la viscosidad, la resistencia a la deformación y la estabilidad térmica.

Los resultados obtenidos indican que el aditivo seleccionado aporta mejoras significativas, aumentando la resistencia del asfalto al envejecimiento y optimizando su capacidad de recuperación elástica. Esto indica que el ajuste propuesto podría ser una opción efectiva para extender la durabilidad de los pavimentos y disminuir los gastos de mantenimiento.

A lo largo del estudio, combinamos una revisión exhaustiva de la literatura con experimentación en laboratorio para comprender a fondo la estructura molecular del asfalto, su interacción con los agregados minerales y su reacción ante distintos factores ambientales y de tráfico. También exploramos nuevas técnicas para optimizar su desempeño y durabilidad en aplicaciones prácticas.

Con esta investigación, buscamos aportar conocimiento valioso para la ingeniería civil, promoviendo soluciones más eficientes, sostenibles y duraderas en la construcción y mantenimiento de carreteras y pavimentos.

Palabras clave: Asfalto, Tráfico, Mantenimiento, Construcción.

ABSTRACT

The performance of asphalt pavements is closely linked to the quality of the asphalt used in its construction. This study examines the effect of the inclusion of a specific additive on the improvement of its mechanical properties and its response to various loading and climate conditions. To this end, exhaustive characterization tests were carried out, evaluating parameters such as viscosity, resistance to deformation and thermal stability.

The results obtained indicate that the selected additive provides significant improvements, increasing the resistance of the asphalt to aging and optimizing its elastic recovery capacity. This indicates that the proposed adjustment could be an effective option to extend the durability of the pavements and reduce maintenance expenses.

Throughout the study, we combined a comprehensive literature review with laboratory experimentation to thoroughly understand the molecular structure of asphalt, its interaction with mineral aggregates, and its reaction to various environmental and traffic factors. We also explore new techniques to optimize their performance and durability in practical applications.

With this research, we seek to provide valuable knowledge for civil engineering, promoting more efficient, sustainable and durable solutions in the construction and maintenance of roads and pavements.

Keywords: Asphalt, Traffic, Maintenance, Construction.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I 2

ENFOQUE DE LA PROPUESTA 2

1.1 Tema: 2

1.2 Planteamiento del Problema: 2

1.3 Formulación del Problema: 3

1.4 Objetivo General 3

1.5 Objetivos Específicos 3

1.6 Hipótesis 3

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad. 4

CAPÍTULO II 5

MARCO TEORICO 5

2.1 Marco Referencial 5

2.2 Marco Conceptual 6

2.2.1 Asfalto 6

2.2.1.1 Composición del Asfalto. 6

2.2.1.2 Tipos de Asfalto. 7

2.2.2 Usos del Asfalto 7

2.2.3 Propiedades Principales del Asfalto 8

2.2.4 Asfalto Modificado 8

2.2.4.1 Tipos de Asfalto Modificado. 9

2.2.5 Propiedades Mecánicas 9

2.2.6 Aditivo 10

2.2.6.1 Los principales Tipos de Aditivos para Asfalto. 10

2.2.7 El Desempeño del Pavimento 11

2.2.8 Polímeros Modificadores 13

2.2.8.1 Tipos de Polímeros Modificadores de Asfalto Polímeros Estireno-Butadieno-Estireno (SBS)..... 13
2.2.9 Viscosidad 15
2.2.9.1 Viscosidad del Asfalto..... 15
2.2.10 Factores que Afectan la Viscosidad del Asfalto 15
2.2.11 Viscosidad y su Relación con la Aplicación del Asfalto..... 16
2.2.12 Resistencia a la Fatiga..... 17
2.2.12.1 Factores que Afectan la Resistencia a la Fatiga del Pavimento. 17
2.2.13 Estabilidad Térmica 18
2.2.13.1 Factores que Afectan la Estabilidad Térmica del Pavimento Asfáltico. 19
2.2.14 Deformación Permanente 20
2.2.14.1 Causas de la Deformación Permanente. 20
2.2.15 Flexibilidad 21
2.2.15.1 Importancia de la Flexibilidad en Pavimentos Asfálticos. 22
2.2.16 Resistencia al Envejecimiento 23
2.2.16.1 Causas del Envejecimiento del Pavimento Asfáltico. 23
2.2.17 Asfaltos modificados Hidrocarburífero: Definición y Propiedades... 24
2.2.17.1 Procesos de Modificación con Compuestos Hidrocarburífero. . 24
2.2.17.2 Investigaciones Previas y Desarrollo de Prototipos de Asfalto Modificado. 25
2.2.18 Ventajas del asfalto modificado frente a otros tipos..... 25
2.2.19 Factores que Afectan el Rendimiento de los Pavimentos Viales25
2.2.20 Prototipos y Ensayos Experimentales de Asfaltos Modificados..... 26
2.2.21 Costos Estimados de la Mezcla Asfáltica Convencional..... 26
2.3 Marco Legal: 27
CAPÍTULO III 30
MARCO METODOLÓGICO 30
3.1 Enfoque de la Investigación 30
3.2 Alcance de la Investigación..... 30

3.3 Población y Muestra..... 31

3.4 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos..... 31

3.4.1. Ensayos de Laboratorio..... 31

3.5. Tipos de Clasificación de una Mezcla Asfáltica..... 32

3.6 Característica y Comportamiento de la Mezclas. 32

3.6.1 Características de Mezclas Asfálticas Modificadas..... 33

3.6.2 Desempeño de Mezclas Asfálticas Modificadas 33

3.7 Parámetro de Diseño de Mezclas. 34

CAPÍTULO IV..... 36

PROPUESTA O INFORME..... 36

4.1 Generalidades..... 36

4.2 Procedimientos 36

4.2.1 Descripción del Experimento 36

4.2.2 Materiales a Utilizar en la Elaboración de las Mezclas 37

4.2.2.1 Recolección de Agregados Finos y Gruesos. 37

4.2.3 Cemento Asfaltico (AC20) 39

4.2.4 Equipos, Materiales e Instrumentos para Ensayos en Laboratorio... 39

4.2.4.1 Equipos..... 39

4.2.4.2 Instrumentos Utilizados. 42

4.2.4.3 Materiales Secundarios. 44

4.2.5 Diseños de Mezclas Asfáltica Modificada 44

4.2.5.1 Elaboración de la mezcla asfáltica utilizando el aditivo Urban Scent AR-95 de 1´´..... 44

4.2.5.2 Preparación del Material. 44

4.2.5.3 Análisis de los Materiales. 45

4.2.5.4 Diseño de Mezcla. 45

4.2.6 Diseño de Mezcla Asfáltica con Aditivo Urban Scent AR-95 de 2´´. . 56

4.2.6.1 Preparación del Material. 56

4.2.6.2 Diseño de Mezcla. 56

4.2.7 Diseño de Mezcla Asfáltica con Urban Scent AR-95 de 3´´..... 67

4.2.7.1 Preparación del Material. 67

4.2.7.2 Diseño de la Mezcla. 67
4.2.8 Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional de 1´´. 78
4.2.9 Diseño de Mezcla Asfáltica convencional de 2´´. 86
4.2.10 Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional de 3´´ 95
4.3 Análisis de los resultados 104
4.4 Análisis de Presupuesto 114
4.4.1 Estudio del Presupuesto 114
4.4.2 Análisis de los Resultados de Presupuestos 118
CONCLUSIONES 120
RECOMENDACIONES 121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 122
ANEXOS 125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Presupuesto referencia de la mezcla asfáltica convencional 27
Tabla 2: Clasificación de mezcla asfáltica 32
Tabla 3: Agregado de 3/8 mezcla modificada 46
Tabla 4: Arena natural mezcla modificada 46
Tabla 5: Graduación combinada para mezcla modificada 47
Tabla 6: Graduación de los materiales 47
Tabla 7: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 5,5% 48
Tabla 8: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 6% 49
Tabla 9: Diseño de briquetas con aditivos +AC20 al 6,5% 49
Tabla 10: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 7% 49
Tabla 11: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 7,5% 49
Tabla 12: Datos obtenidos en los ensayos de Marshall 52
Tabla 13: Material de 3/4 para mezcla modificada 57
Tabla 14: Material de arena natural para mezcla modificada 57
Tabla 15: Material de 3/8 para mezcla modificada 57
Tabla 16: Análisis granulométrico de los materiales 58
Tabla 17: Graduación de los materiales 58
Tabla 18: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 5% 59
Tabla 19: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 5,5% 60
Tabla 20: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 6% 60
Tabla 21: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 6,5% 60
Tabla 22: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 7% 60
Tabla 23: Datos obtenidos en los ensayos de Marshall 63
Tabla 24: Análisis granulométrico del material 3/4 67
Tabla 25: Análisis Granulométrico del material 3/8 68
Tabla 26: Análisis granulométrico del material de arena natural 68
Tabla 27: Análisis granulométrico de los materiales 69
Tabla 28: Graduación de los materiales 69
Tabla 29: Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 al 4,5% 70
Tabla 30: Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 al 5% 71
Tabla 31: Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 al 5,5% 71
Tabla 32: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.0% 71
Tabla 33: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.5% 71
Tabla 34: Datos obtenidos en los ensayos de Laboratorio 74
Tabla 35: Análisis granulométrico de 3/8 78
Tabla 36: Análisis Granulométrico de arena natural 79
Tabla 37: Graduación de los materiales para 1´´ 79
Tabla 38: Graduación combinada para mezclas de pruebas 79
Tabla 39: Diseño de Briquetas con AC20 de 5.5% 80
Tabla 40: Diseño de Briquetas con AC20 de 6% 81
Tabla 41: Diseño de Briquetas con AC20 de 6.5% 81
Tabla 42: Diseño de Briquetas con AC20 de 7% 81

Tabla 43: Diseño de Briquetas con AC20 de 7.5% 81
Tabla 44: Datos de los estudios de Marshal 82
Tabla 45: Análisis Granulométrico de arena natural 86
Tabla 46: Análisis granulométrico de 3/4 87
Tabla 47: Análisis Granulométrico de 3/4 87
Tabla 48: Análisis granulométrico de los materiales para 2´´ 87
Tabla 49: Granulometría de los materiales 88
Tabla 50: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 5% 89
Tabla 51: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 5,5% 89
Tabla 52: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 6% 89
Tabla 53: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 6,5% 89
Tabla 54: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 de 7% 90
Tabla 55: Resultados de ensayos Marshall 91
Tabla 56: Análisis granulométrico de ¾ de mezcla convencional 3´´ 95
Tabla 57: Análisis Granulométrico de 3/8 mezcla convencional de 3´´ 96
Tabla 58: Análisis Granulométrico arena natural mezcla convencional de 3´´ . 96
Tabla 59: Análisis granulométrico de los materiales mezcla convencional 3´´ . 97
Tabla 60: Granulometría de los materiales 97
Tabla 61: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 4.5% en AC20 98
Tabla 62: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 5.0% AC20 98
Tabla 63: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 5.50%AC20 99
Tabla 64: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.0% AC20 99
Tabla 65: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 6.5% AC20 99
Tabla 66: Datos de los estudios de Marshall mezcla convencional 100
Tabla 67: Comparativa de resultados de ensayos de Bulk y estabilidad final 105
Tabla 68: Comparativa de resultados de % de vacíos y V.A.M 106
Tabla 69: Comparación de resultados de V.F.A 106
Tabla 70: APU de mezcla asfáltica con aditivos de 1´´con 6,5% 115
Tabla 71: Mezcla asfáltica modificada de 2´´con 6% 115
Tabla 72: APU Mezcla asfáltica modificada de 3´´ con 5,5% 115
Tabla 73: APU de mezcla asfáltica convencional de 1´´ 116
Tabla 74: APU de mezcla asfáltica convencional de 2´´ 116
Tabla 75: APU de mezcla asfáltica convencional de 3´´ 116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Presupuesto referencial de la mezcla asfáltica modificada 26
Figura 2: Planta para la obtención del material 37
Figura 3: Material de 3/4 de cantera 38
Figura 4: Arena fina 38
Figura 5: Cemento asfaltico 39
Figura 6: Cocina para calentamiento de material 40
Figura 7: Maquina Briquetera en laboratorio 40

Figura 8: Horno Baño María 41
Figura 9: Prensa Marshall 41
Figura 10: Termómetro para laboratorio de suelos y asfalto 42
Figura 11: Molde de estabilidad Marshall 43
Figura 12: Tamices para procesos de granulometrías 43
Figura 13: Curva granulométrica de mezcla asfáltica de espesor 1´´ 48
Figura 14: Briquetas de 1´´ mezcla modificada 50
Figura 15: Peso de la briqueta 50
Figura 16: Briquetas en baño María. 51
Figura 17: Pesos unitarios del asfalto 53
Figura 18: Porcentajes de vacíos 53
Figura 19: Estabilidad del asfalto 54
Figura 20: V.A.M del asfalto 54
Figura 21: Flujo del asfalto de 1´´ modificada 55
Figura 22: V.F.A del asfalto 55
Figura 23: Curva granulométrica de 2´´ 59
Figura 24: Briquetas de 2´´ 61
Figura 25: Peso de la briqueta 61
Figura 26: Briquetas en baño María 62
Figura 27: Peso unitario de la mezcla asfáltica 64
Figura 28: Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica 64
Figura 29: Estabilidad de la mezcla asfáltica 65
Figura 30: V.A.M de la mezcla asfáltica 65
Figura 31: Flujo de la mezcla asfáltica 66
Figura 32: V.F.A de la mezcla asfáltica 66
Figura 33: Curva Granulométrica 70
Figura 34: Briquetas de 3´´ con aditivos 72
Figura 35: Peso del material 72
Figura 36: Peso unitario de las mezclas asfálticas modificada 75
Figura 37: Porcentaje de vacíos de mezcla asfáltica modificada 75
Figura 38: Estabilidad de mezcla asfáltica modificada 76
Figura 39: V.A.M de mezclas asfáltica modificada 76
Figura 40: Flujo de mezcla asfáltica modificada 77
Figura 41: V.F.A de mezcla asfáltica modificada 77
Figura 42: Curva Granulométrica de asfalto convencional de 1´ 80
Figura 43: Pesos unitarios de mezcla asfáltica convencional 1´´ 83
Figura 44: Porcentajes de vacíos en mezcla convencional 1´´ 83
Figura 45: Estabilidad de Mezcla asfáltica convencional de 1´´ 84
Figura 46: Vacíos en agregados minerales mezcla convencional 1´´ 84
Figura 47: Flujo de mezcla asfáltica convencional de 1´´ 85
Figura 48: V.F.A de la mezcla asfáltica convencional 1´´ 85
Figura 49: Curva granulométrica de los materiales 88
Figura 50: Peso unitario de mezcla convencional 2´´ 92
Figura 51: Porcentaje de vacíos de mezcla convencional 2´´ 92

Figura 52: Estabilidad de mezcla convencional 2´´ 93
Figura 53: V.A.M de mezcla convencional 2´´ 93
Figura 54: Flujo de mezcla convencional 2´´ 94
Figura 55: V.A.F de mezcla asfáltica convencional 2´´ 94
Figura 56: Curva granulométrica de los materiales 98
Figura 57: Peso unitario de mezcla convencional 3´´ 101
Figura 58: Porcentaje de vacíos mezcla convencional 3´´ 101
Figura 59: Estabilidad de mezcla asfáltica convencional 3´´ 102
Figura 60: V.A.M de mezcla asfáltica convencional 3´´ 102
Figura 61: Flujo de mezcla asfáltica convencional 3´´ 103
Figura 62: V.F.A de mezcla convencional 3´´ 103
Figura 63: Peso unitario de las mezclas 1´´ 107
Figura 64: Peso unitario de las mezclas de 2´´ 107
Figura 65: Peso unitario de las mezclas de 3´´ 108
Figura 66: Estabilidad de las mezclas de 1” 108
Figura 67: Estabilidad de las mezclas 2´´ 109
Figura 68: Estabilidad de las mezclas 3´´ 109
Figura 69: Porcentaje de vacío de las mezclas 1” 110
Figura 70: Porcentaje de vacío de las mezclas 2” 110
Figura 71: Porcentaje de vacío de las mezclas 3” 111
Figura 72: V.A.M. de las mezclas 1” 111
Figura 73: V.A.M. de las mezclas 2” 112
Figura 74: V.A.M. de las mezclas de 3” 112
Figura 75: V.F.A de las mezclas 1” 113
Figura 76: V.F.A de las mezclas 2” 113
Figura 77: V.F.A de las mezclas 3” 114
Figura 78: Análisis comparativo del APU de mezclas de1´´ 117
Figura 79: Análisis comparativo del APU de mezclas de 2´´ 117
Figura 80: Análisis comparativo del APU de mezclas de3´´ 118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Materiales pétreos 125
Anexo 2: Peso de Piedra3/8 125
Anexo 3: Peso de Piedra ¾ 126
Anexo 4: Peso de Arena Natural 126
Anexo 5: Proceso de Tamizado 127
Anexo 6: Medidas de Tamizado 127
Anexo 7: Proceso de Tamizadora agitadora 128
Anexo 8: Calentamiento de los agregados pétreos y el Ac20 128
Anexo 9: Integración del Aditivo AR-95 129
Anexo 10: Integración de los agregados pétreo, AC20, AR-95 129

Anexo 11: Homogeneidad de la mezcla 130
Anexo 12: Verificación de temperatura 130
Anexo 13: Compactación de mezcla 131
Anexo 14: Briquetas de mezclas asfálticas 131
Anexo 15: Pesaje de briquetas 132
Anexo 16: Ensayo de Marshall briqueta de1” 132
Anexo 17: Ensayo de Marshall briqueta de 2” 133
Anexo 18: Ensayo de Marshall briqueta de 3” 133
Anexo 19: Muestras de ensayos 134
Anexo 20: Cantera 134
Anexo 21: Cantera Trituradora De Material Pétreo 135
Anexo 22: Material pétreo 135
Anexo 23: Diseño de capa rodadura mezcla asfáltica modificada de 1´´ 136
Anexo 24: Análisis granulométrico agregado medio 137
Anexo 25: Análisis Granulométrico Arena Natural 138
Anexo 26: Graduación Combinada para mezclas 139
Anexo 27: Curva granulométrica de la Mezcla 140
Anexo 28: Gravedades especificas agregado medio 141
Anexo 29: Gravedades específicas de arena natural 142
Anexo 30: Gravedad especifica mezcla asfáltica RICE 143
Anexo 31: Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall 144
Anexo 32: Gráficas de las propiedades en mezcla asfáltica modificada de 1´´ 145
Anexo 33: Diseño de capa de rodadura de 2´´ 146
Anexo 34: Análisis Granulométrico agregado 3/8 147
Anexo 35: Análisis Granulométrico agregado ¾ 148
Anexo 36: Análisis Granulométrico Arena natural 149
Anexo 37: Graduación combinada para mezclas 150
Anexo 38: Curva Granulométrica de la mezcla 151
Anexo 39: Gravedades específicas del agregado de ½ 152
Anexo 40: Gravedades específicas agregado 3/8 153
Anexo 41: Gravedad específica mezcla asfáltica RICE 154
Anexo 42: Diseño de mezcla asfáltica método Marshall 155
Anexo 43: Gráficas de las propiedades de mezcla modificada de 2´´ 156
Anexo 44: Diseño de capa de rodadura de 3´´ 157
Anexo 45: Análisis Granulométrico agregado ¾ 158
Anexo 46: Análisis Granulométrico agregado 3/8 159
Anexo 47: Análisis Granulométrico arena natural 160
Anexo 48: Graduación combinada para mezclas 161
Anexo 49: Curva Granulométrica para mezcla 162
Anexo 50: Gravedades específicas de ½ 163
Anexo 51: Gravedades específicas agregado3/8 164
Anexo 52: Gravedad especifica mezcla asfáltica RICE 165
Anexo 53: Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall 166

Anexo 54: Graficas de las propiedades mezclas modificadas de 3´´ 167
Anexo 55: Diseño de Capa de Rodadura Mezcla convencional de 1'' 168
Anexo 56: Análisis Granulométrico de Mezcla convencional de 1'' 169
Anexo 57: Análisis Granulométrico arena natural Mezcla convencional de 1'' 170
Anexo 58: Graduación combinada para Mezcla convencional de 1''..... 171
Anexo 59: Curva Granulométrica para Mezcla asfáltica convencional de 1''. 172
Anexo 60: Gravedades Especificas ½ Mezcla convencional de 1'' 173
Anexo 61: Gravedades Especificas arena natural Mezcla convencional de 1'' 174
Anexo 62: Gravedad Especifica RICE Mezcla convencional de 1'' 175
Anexo 63: Diseño Método Marshall de Mezcla asfáltica convencional de 1'' 176
Anexo 64: Propiedades de la mezcla asfáltica convencional 1´´ 177
Anexo 65: Diseño de capa Rodadura Mezcla Asfáltica Convencional de 2” . 178
Anexo 66: Análisis Granulométrico agregado ¾ Mezcla Convencional de 2”179
Anexo 67: Análisis granulométrico agregado 3/8 Mezcla Convencional de 2” 180
Anexo 68: Análisis granulométrico arena natural Mezcla Convencional de 2” 181
Anexo 69: Graduación Combinada Mezcla Asfáltica Convencional de 2”..... 182
Anexo 70: Curvas Granulométrica para mezcla convencional de 2´´ 183
Anexo 71: Gravedad especifica ½ mezcla asfáltica convencional 2´´ 184
Anexo 72: Gravedad Especial 3/8 de Mezcla Asfáltica Convencional de 2” . 185
Anexo 73: Gravedad Especial Mezcla Asfáltica Convencional de 2” 186
Anexo 74: Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional de 2” Método Marshall 187
Anexo 75: Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 2”..... 188
Anexo 76: Diseño de capa de rodadura mezcla asfáltica convencional 3´´ .. 189
Anexo 77: Análisis granulométrico agregado 3/4 mezcla convencional 3´´ ... 190
Anexo 78: Análisis granulométrico agregado 3/8 mezcla convencional 3´´ ... 191
Anexo 79: Análisis granulométrico arena natural mezcla convencional 3´´ ... 192
Anexo 80: Graduación combinada mezcla asfáltica convencional 3´´ 193
Anexo 81: Curva granulométrica mezcla asfáltica convencional 3´´ 194
Anexo 82: Gravedades específicas de ½ mezcla asfáltica convencional 3´´ 195
Anexo 83: Gravedades específicas de chispa mezcla convencional 3´´ 196
Anexo 84: Gravedades específicas RICE mezcla asfáltica convencional 3´´ 197
Anexo 85: Diseño de mezclas asfálticas Método Marshall..... 198
Anexo 86: Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 3´´..... 199

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de infraestructura vial que combina durabilidad y eficiencia ha impulsado el desarrollo de tecnologías innovadoras enfocadas en optimizar el desempeño de los pavimentos asfálticos. Los desafíos derivados del deterioro prematuro de las carreteras, como grietas, baches y deformaciones permanentes, no solo representan altos costos de mantenimiento, sino que también comprometen la seguridad y comodidad de los usuarios. En este contexto, los asfaltos modificados con aditivos surgen como una solución altamente prometedora, capaz de superar las limitaciones de los asfaltos tradicionales al mejorar sus propiedades mecánicas y prolongar significativamente su vida útil.

La modificación del asfalto con aditivos permite optimizar características esenciales, como la resistencia al envejecimiento, la capacidad de soportar fatiga y la reducción de deformaciones bajo cargas repetidas. Estas mejoras no solo incrementan la durabilidad de las carreteras, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y rentabilidad de los proyectos de infraestructura vial. No obstante, el desempeño de los asfaltos modificados está influenciado por diversos factores, entre ellos la adecuada selección del aditivo, las proporciones utilizadas y las condiciones específicas de aplicación.

El presente estudio se enfoca en el ensayo y la evaluación de un asfalto modificado con un aditivo específico, analizando su impacto en las propiedades mecánicas y de desempeño. A través de pruebas experimentales, se busca determinar la efectividad del aditivo en la mejora de las propiedades del asfalto, contribuyendo al desarrollo de soluciones más duraderas y eficientes para la construcción de carreteras. Este trabajo no solo busca ampliar el conocimiento técnico en la materia, sino también ofrecer herramientas prácticas que faciliten la implementación de asfaltos modificados en proyectos reales.

CAPÍTULO I
ENFOQUE DE LA PROPUESTA

1.1 Tema:

Evaluación De Un Asfalto Modificado Con Aditivo Para Mejorar Sus Propiedades Mecánicas Y De Desempeño.

1.2 Planteamiento del Problema:

El asfalto es un componente fundamental en la construcción de pavimentos, ya que ofrece la combinación de resistencia y flexibilidad requerida para soportar el tráfico y las variaciones ambientales. No obstante, su desempeño puede deteriorarse debido a factores como el envejecimiento, las fluctuaciones de temperatura y la exposición a cargas repetitivas, lo que puede generar fallos prematuros, tales como fisuras, deformaciones permanentes y disminución de la adherencia.

En la búsqueda de mejorar las propiedades mecánicas y el rendimiento del betún, la modificación aditiva se ha convertido en una estrategia ampliamente estudiada. Varios estudios han demostrado que la adición de polímeros, elastómeros y otros compuestos puede mejorar la resistencia al envejecimiento, la estabilidad térmica y la capacidad de recuperación del asfalto. Sin embargo, la efectividad de estos aditivos depende de factores como su compatibilidad con la base asfáltica, las condiciones climáticas y el tipo de tráfico al que se enfrenta el pavimento.

A pesar de los avances en la modificación del asfalto, aún es necesario evaluar y comparar diferentes aditivos para determinar cuáles ofrecen los mejores resultados en términos de desempeño y durabilidad. Por ello, esta investigación se centra en el ensayo y evaluación de un asfalto modificado con un aditivo específico, con el propósito de analizar su impacto en las propiedades mecánicas y su comportamiento bajo condiciones de servicio.

La importancia de esta investigación radica en su potencial para ayudar a desarrollar mezclas asfálticas más eficientes y sostenibles, lo que podría traducirse en pavimentos con mayor durabilidad y menores costes de mantenimiento. Por ello, buscamos brindar soluciones innovadoras para optimizar la infraestructura vial y mejorar la calidad de las carreteras.

1.3 Formulación del Problema:

¿En qué medida el uso de un aditivo podría mejorar las propiedades mecánicas y el desempeño del asfalto, a la vez que reduce los impactos ambientales y operativos asociados con las mezclas convencionales?

1.4 Objetivo General

Evaluar el impacto de un aditivo en las propiedades mecánicas y de desempeño del hormigón asfáltico, con énfasis en la resistencia al desgaste y la durabilidad.

1.5 Objetivos Específicos

- Evaluar la resistencia y característica física del asfalto con el aditivo mediante los parámetros permisibles de la ANT y MTOP como asfaltos modificados.
- Realizar pruebas mecánicas para determinar el comportamiento del asfalto modificado frente a factores como carga repetitiva, temperatura extrema y humedad.
- Comparar el desempeño del asfalto modificado con el de mezclas convencionales utilizadas en pavimentación.

1.6 Hipótesis

La investigación busca probar y evaluar la viabilidad técnica de un asfalto

modificado con un aditivo **Urban Scent AR-95,** sus propiedades mecánicas y su desempeño mejorarán significativamente, aumentando su estabilidad térmica, su resistencia a la deformación permanente y su capacidad de recuperación elástica. Como resultado, se obtendrá una mezcla asfáltica más resistente al envejecimiento y las condiciones de carga y clima, lo que permitirá prolongar la vida útil de los pavimentos dando una solución más eficiente, duradera y sostenible para la pavimentación vial.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Dominio: Ingeniería y Tecnología para el Desarrollo Sostenible.

Línea institucional: Materiales Innovadores y Tecnologías Avanzadas para la Infraestructura vial.

Línea de facultad: Diseño y Optimización de Materiales para la Construcción Sostenible.

CAPÍTULO II
MARCO TEORICO

2.1 Marco Referencial

El propósito de este estudio es analizar propuestas de mezclas asfálticas modificadas para optimizar el proceso de pavimentación en proyectos viales de alto tránsito en el Perú. Para ello, se seleccionaron aleatoriamente ocho proyectos que utilizan betún modificado con polímeros. Los métodos utilizados siguieron un enfoque cuantitativo, con alcance correlacional e interpretativo y un diseño no experimental. Los hallazgos muestran que el uso de mezclas asfálticas modificadas puede reducir los costos en un 8% y el tiempo en un 17% en comparación con los métodos utilizados tradicionalmente en el país. En general, el uso de este enfoque puede ayudar a mejorar la eficiencia de la ejecución en aceras con mucho tráfico (Chávez Zúñiga, 2021).

Este estudio muestra que el uso de mezclas asfálticas modificadas es una tecnología ampliamente investigada y aplicada a nivel mundial. La incorporación de polímeros al betún cambia sus propiedades mecánicas, químicas y reológicas. La tecnología está diseñada para optimizar el rendimiento de mezclas tradicionales bajo una variedad de condiciones de carga y factores ambientales (Camarena Elguera, 2024).

A nivel mundial se promueve el uso de aditivos con el propósito de mejorar la calidad de estas mezclas asfálticas y reducir su envejecimiento prematuro. En el contexto nacional, son necesarios estudios sobre diversos tipos de áridos pétreos para evaluar y comparar el comportamiento de los conglomerantes utilizados y el comportamiento de las mezclas resultantes. Por lo tanto, este trabajo es de interés científico, pero no debe ser excluyente; es necesario promover más investigaciones e incorporar material de diferentes fuentes. Sólo así se podrá obtener información y datos comparativos que puedan ayudar en la determinación de elecciones para la edificación de pavimentos asfálticos. El propósito de este estudio es analizar comparativamente los efectos de los

aditivos sobre las propiedades y características físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas en caliente (Andrino González, 2024).

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Asfalto

El asfalto es un material de origen natural o derivado del petróleo, compuesto principalmente por hidrocarburos pesados. Se caracteriza por ser una sustancia viscosa, negra y pegajosa, que puede encontrarse en estado sólido o semisólido a temperatura ambiente. Se emplea con frecuencia en la edificación de vías debido a sus propiedades (Bitafal, 2020).

2.2.1.1 Composición del Asfalto.

El asfalto está compuesto principalmente por betún y diversos agregados minerales. Se obtiene como un subproducto del refinamiento del petróleo crudo y se usa ampliamente en la construcción de carreteras, pavimentos y sellado de superficies (Rodríguez Moreno y López Pérez, 2020).

- **Cementos Asfálticos:** También conocidas como betunes, son mezclas de compuestos orgánicos pesados. Estos compuestos le otorgan al asfalto sus propiedades adhesivas y cohesivas, permitiéndole unir los agregados en las mezclas asfálticas
- **Los Hidrocarburos:** son sustancias orgánicas constituidas sólo por átomos de carbono (C) e hidrógeno (H). En el asfalto, el hidrocarburo constituye su componente principal, presentándose en forma de moléculas complejas que incluyen estructuras saturadas, insaturadas y aromáticas.
- **Trazas minerales:** Elementos presentes en pequeñas cantidades dentro del asfalto, como azufre, hierro, calcio, fósforo, silicio, magnesio, entre otros. Aunque su proporción es reducida, estas trazas minerales desempeñan un papel importante en las propiedades del material.

2.2.1.2 Tipos de Asfalto.

- **Asfalto natural:** El asfalto natural es una sustancia de fuente geológica que se puede encontrar en la naturaleza de forma de acumulaciones de betún o brea, utilizadas en lagos, zonas costeras o formaciones rocosas. Estas concentraciones se han generado a lo largo de millones de años debido a la división y transformación de materia orgánica, como restos de plantas y animales, bajo condiciones de presión.
- **Asfalto refinado:** es el tipo de asfalto obtenido como residuo durante el proceso de destilación del petróleo crudo. A través de este proceso de refinamiento, se separan los componentes más ligeros del petróleo (como los gases y los aceites) para dejar atrás el asfalto.

2.2.2 Usos del Asfalto

El asfalto se emplea principalmente en la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales, aunque también tiene otras aplicaciones en diferentes industrias (Baque Solis, 2020).

- **Construcción de carreteras:** como material de pavimentación debido a sus excelentes propiedades de adherencia**,** flexibilidad**,** resistencia y ligante.
- **Impermeabilización:** Para proteger superficies y estructuras de la penetración de agua, como techos, cimientos, túneles, canales y pavimentos, evitando filtraciones y daños estructurales.
- **Sellado de grietas:** En pavimentos de concreto y asfálticos, para prevenir la infiltración de agua y otros elementos que puedan deteriorar la estructura del pavimento, causando daños como la formación de baches, fisuras y envejecimiento prematuro del material. El sellado con asfalto mejora la durabilidad de las superficies y prolonga su vida útil al evitar que las grietas se expandan o se filtren, lo que podría comprometer la integridad de la carretera o superficie pavimentada.

2.2.3 Propiedades Principales del Asfalto

El asfalto posee varias propiedades físicas y químicas que lo hacen ideal para aplicaciones en pavimentación, impermeabilización y protección de estructuras (Aysana Ucharima, 2024).

- **Viscosidad:** es una característica que indica la resistencia de un líquido a movimiento o a cambiar su forma. En el caso del asfalto, la viscosidad se refiere a la capacidad del material para resistir el deslizamiento o movimiento bajo la acción de fuerzas externas. Esta propiedad es crucial para determinar su trabajabilidad, ya que un asfalto con alta viscosidad será más espeso y difícil de manipular, mientras que uno con baja viscosidad será más fluido y fácil de extender.
- **Elasticidad:** se refiere a su capacidad para deformarse bajo estrés (por ejemplo, cuando se aplica carga) y luego tiende a su forma original después de que se quite la carga. Esta propiedad es esencial para el desempeño del asfalto en pavimentos, ya que permite que el material soporte las deformaciones ocasionadas por el tráfico y las condiciones climáticas.
- **Adherencia:** se refiere a su capacidad para unirse y pegarse firmemente a los agregados (como arena, grava o piedras) que se utilizan en las mezclas asfálticas. Esta propiedad es crucial para la estabilidad de las capas de pavimento, ya que garantiza que los materiales permanecerán unidos bajo condiciones de tráfico.

2.2.4 Asfalto Modificado

El asfalto modificado es un tipo de asfalto al que se le ha añadido un aditivo o un material de modificación para mejorar sus propiedades y rendimiento. Estos aditivos pueden ser compuestos químicos, polímeros o materiales como caucho, lo que permite mejorar características como la durabilidad, la elasticidad, la resistencia a altas temperaturas, la adherencia y la

capacidad de soportar el tráfico pesado o condiciones climáticas extremas (Abarca Jiménez y Villegas Villegas, 2021).

2.2.4.1 Tipos de Asfalto Modificado.

- **Asfalto modificado con polímeros:** Se le añade un polímero (como el SBS o el EVA) al asfalto, lo que mejora su flexibilidad, resistencia al envejecimiento y a la deformación bajo cargas pesadas.
- **Asfalto modificado con caucho:** Se utiliza caucho triturado, generalmente de neumáticos reciclados, lo que le da al asfalto mayor elasticidad y resistencia a la fisuración, especialmente en climas fríos.
- **Asfalto modificado con productos químicos:** Se pueden incorporar compuestos químicos que mejoran la adherencia del asfalto y su resistencia al agua y a las altas temperaturas.

2.2.5 Propiedades Mecánicas

Según Raffo Suclupe y Calva Herrera (2023), las propiedades mecánicas del asfalto modificado dependen de los aditivos utilizados para su modificación, pero generalmente mejoran en comparación con el asfalto convencional.

- **Resistencia a la deformación plástica (o fluencia):** El asfalto modificado tiene una mayor resistencia a la deformación plástica bajo cargas pesadas o altas temperaturas. Los polímeros o caucho añadidos mejoran la capacidad del asfalto para resistir la formación de huellas o deformaciones permanentes en la superficie del pavimento.
- **Elasticidad:** La adición de materiales como polímeros o caucho aumenta la elasticidad del asfalto modificado, lo que le permite regresar a su estado inicial. después de ser deformado. Esto es especialmente útil para prevenir la fisuración en pavimentos debido a movimientos térmicos o de tráfico.

- **Resistencia a fatiga:** El asfalto modificado presenta una mayor resistencia a la fatiga, lo que le permite resistir un mayor número de ciclos de carga sin que se formen grietas o grietas. Esto se debe a su mayor flexibilidad y capacidad para distribuir las tensiones de manera más eficiente que el asfalto convencional.
- **Resistencia a la tracción:** Los asfaltos modificados generalmente muestran una mayor resistencia a la tracción, lo que significa que son menos propensos a romperse cuando se someten a fuerzas de estiramiento. Esto se debe a la mejora en la cohesión interna que aportan los aditivos como los polímeros.
- **Viscosidad:** La viscosidad del asfalto modificado es diferente a la del asfalto convencional. En temperaturas elevadas, los aditivos pueden hacer que el asfalto sea más viscoso, lo que ayuda a reducir la posibilidad de fluencia excesiva.

2.2.6 Aditivo

Un aditivo para asfalto es una sustancia que se incorpora al asfalto durante su fabricación o aplicación para mejorar sus propiedades, rendimiento y durabilidad. Los aditivos son cruciales para optimizar la mezcla asfáltica de acuerdo con los requerimientos particulares del proyecto. y las condiciones ambientales en las que se usará el asfalto (León Torres et al., 2020).

2.2.6.1 Los principales Tipos de Aditivos para Asfalto.

- **Aditivos poliméricos**: Se utilizan para mejorar la elasticidad, la resistencia a la deformación y la durabilidad del asfalto. Los polímeros, como el polipropileno, el polietileno y el SBS (Estireno-Butadieno-Estireno), se agregan para crear mezclas asfálticas más resistentes a las cargas y a las altas temperaturas.
- **Aditivos para aumentar la adherencia**: Estos mejoran la adhesión entre los agregados y el asfalto, especialmente en condiciones húmedas. Los aditivos pueden ser emulsificantes o compuestos reductores de la fricción.

- **Aditivos anti desgaste**: Se utilizan para reducir el desgaste de la superficie de la carretera, especialmente en zonas con alto tráfico vehicular.
- **Aditivos para mejorar la durabilidad**: Algunos aditivos permiten que el asfalto resista mejor las condiciones climáticas extremas, como el frío y el calor intenso, lo que aumenta la vida útil de las carreteras.
- **Aditivos para el control de la viscosidad**: Estos modifican la fluidez y la consistencia del asfalto, lo que facilita su aplicación y mezcla.
- **Aditivos para la mejora de la impermeabilidad**: Se emplean para hacer que el asfalto sea más resistente al agua, protegiendo la infraestructura de la carretera contra la infiltración de agua que podría dañar la estructura.

2.2.7 El Desempeño del Pavimento

Se refiere a la capacidad del pavimento de mantener su funcionalidad, durabilidad y seguridad a lo largo del tiempo bajo las condiciones de tráfico y climáticas a las que está expuesto. Varios factores influyen en el desempeño del pavimento, y estos deben ser cuidadosamente evaluados durante el diseño, el desarrollo y la conservación de las vías terrestres (Montes de Oca Hidalgo et al., 2021).

Resistencia a la Deformación Plástica (Rutado).

- **Rutado**: Es la formación de surcos o hendiduras en la superficie del pavimento debido a las cargas repetidas del tráfico. Esto se debe a una combinación de factores como la temperatura, la calidad de los materiales y el tráfico pesado.
- El desempeño se ve afectado por la temperatura (más crítico en climas cálidos) y el tipo de asfalto. Los aditivos como los poliméricos pueden mejorar la resistencia al rutado.

Resistencia a la Fatiga.

- La fatiga del pavimento es la tendencia a agrietarse debido a la repetida carga de los vehículos. Esto ocurre cuando el pavimento se somete a cargas cíclicas que debilitan la estructura.
- El desempeño del pavimento depende del espesor de la capa de rodadura y de la calidad de los materiales. Un diseño adecuado y la elección correcta de materiales ayudan a prevenir los agrietamientos por fatiga.

Resistencia al Desprendimiento de Material (Desgaste Superficial).

- Los pavimentos pueden perder su capa superficial debido al desgaste, lo que reduce su fricción y aumenta el riesgo de accidentes.
- El desempeño del pavimento en términos de desgaste depende de la composición de los materiales (agregados y asfalto) y su acabado superficial. También influye el clima, ya que la lluvia y el hielo pueden aumentar la tasa de desgaste.

Resistencia al Agrietamiento.

- Los agrietamientos pueden ser causados por varios factores, como las variaciones térmicas, cargas pesadas y la infiltración de agua.
- La flexibilidad y elasticidad del asfalto son factores importantes para prevenir los agrietamientos. Los aditivos como los polímeros modificados contribuyen a mejorar la resistencia a la fisuración.

Resistencia a la Infiltración.

- El agua es de los principales agentes que deteriora los pavimentos, ya que puede infiltrarse en la estructura del pavimento y debilitar la base y subbase.
- El diseño adecuado del drenaje y la impermeabilización del pavimento son esenciales para asegurar su longevidad. Los aditivos que mejoran la impermeabilidad del asfalto ayudan a prevenir daños por agua.

2.2.8 Polímeros Modificadores

Los polímeros modificadores son materiales sintéticos que se agregan al asfalto para mejorar sus propiedades y rendimiento, especialmente en condiciones de tráfico intenso, cambios de temperatura y otros factores ambientales en las que se usará el asfalto. Estos polímeros modifican la estructura del asfalto, mejorando su flexibilidad, durabilidad, resistencia a la deformación y otras características clave. Los polímeros son cruciales en la fabricación de asfaltos de alto rendimiento, especialmente en mezclas asfálticas para pavimentos de alta calidad (Bobadilla Peña et al., 2022).

2.2.8.1 Tipos de Polímeros Modificadores de Asfalto Polímeros Estireno-Butadieno-Estireno (SBS).

El SBS es uno de los polímeros modificadores más comunes. Está compuesto por bloques de estireno (una unidad rígida) y butadieno (una unidad flexible).

Ventajas:

- Mejora la elasticidad del asfalto, lo que lo hace más resistente al agrietamiento por fatiga y a las variaciones térmicas.
- Aumenta la resistencia al rutado (deformación bajo carga).
- Mejora la flexibilidad a bajas temperaturas, evitando el agrietamiento.
- El SBS es especialmente útil en áreas con climas fríos o lugares donde se esperan altas temperaturas y fluidez vehicular pesado.

Polietileno (PE).

El polietileno es un polímero termoplástico que se utiliza para modificar el asfalto y mejorar su resistencia a la abrasión y su comportamiento ante el agua.

Ventajas:

- Se incrementa la durabilidad del asfalto frente al envejecimiento, mejorando su longevidad.

- Incrementa la capacidad de resistencia a la deformación plástica y la estabilidad del pavimento.
- Ofrece una mejor resistencia al desgaste superficial.

Polipropileno (PP).

- El polipropileno es otro polímero termoplástico que se utiliza para modificar el asfalto, especialmente en mezclas de asfaltos modificado con polímeros para pavimentos de alta durabilidad.

Ventajas:

- Mejora la rigidez y la resistencia al agrietamiento.
- Aumenta la capacidad de carga del pavimento.
- Contribuye a la resistencia al desgaste y la estabilidad en condiciones climáticas extremas.

Beneficios de los Polímeros Modificadores en Asfalto.

- **Mayor Durabilidad**: Los polímeros mejoran la resistencia al envejecimiento del asfalto, lo que prolonga la vida útil del pavimento y reduce los costos de mantenimiento.
- **Mejora en la Resistencia a la Deformación Plástica (Rutado)**: Los pavimentos modificados con polímeros son mucho más resistentes a las deformaciones permanentes, lo que los convierte en perfectos para vías con gran flujo de tráfico pesado.
- **Mejora de la Flexibilidad**: Los polímeros como el SBS hacen que el asfalto sea más flexible, lo que reduce la posibilidad de agrietamientos causados por bajas temperaturas o movimientos de la base del pavimento.
- **Mayor Resistencia al Agrietamiento**: La mejora de la elasticidad y la flexibilidad aumenta la resistencia al agrietamiento, incluso en zonas que experimentan temperaturas extremas o fluctuantes.

Aplicaciones de los Polímeros Modificadores.

- **Pavimentos de vías de Alto tráfico:** Los asfaltos modificados con polímeros son ideales para vías de alto tráfico, como autopistas, avenidas urbanas y rutas industriales, donde el pavimento debe resistir grandes cargas y las fluctuaciones térmicas.
- **Zonas con Condiciones Climáticas Extremas**: En lugares con climas fríos o calurosos, los polímeros modificadores proporcionan una mejor flexibilidad y resistencia a las bajas o altas temperaturas, evitando el agrietamiento y la deformación.
- **Mejoras de Pavimentos Existentes**: Los polímeros también se utilizan para **rehabilitar pavimentos** existentes, mejorando su desempeño sin necesidad de una reconstrucción completa.

2.2.9 Viscosidad

La viscosidad es una característica física de los fluidos que indica su oposición al movimiento o flujo. En el contexto del asfalto, la viscosidad hace referencia a la resistencia del asfalto al flujo bajo condiciones de temperatura y presión específicas. Es una medida del espesor o pegajosidad del asfalto, lo que determina cómo fluye o Se altera su forma al aplicarle una fuerza (Construccion Top, 2023).

2.2.9.1 Viscosidad del Asfalto.

El asfalto es un material viscoso que cambia su comportamiento Dependiendo de la temperatura, el asfalto cambia su consistencia; a temperaturas elevadas, se vuelve más líquido (menos viscoso), mientras que, a temperaturas bajas, se vuelve más denso (más viscoso). La viscosidad del asfalto es crucial para su manejo, aplicación y rendimiento en pavimentos (Garnica et al., 2023).

2.2.10 Factores que Afectan la Viscosidad del Asfalto

Temperatura:

- Temperaturas altas, el asfalto se vuelve más líquido, lo que facilita su mezcla y aplicación.
- Temperaturas bajas, el asfalto se vuelve más sólido, lo que puede dificultar su manipulación y aplicación.

Composición del Asfalto:

- El tipo de asfalto (petróleo o natural), su contenido de betún y los agregados presentes afectan la viscosidad. Los asfaltos con mayor contenido de material volátil suelen tener una viscosidad más baja.
- Los aditivos, como los polímeros, pueden modificar la viscosidad para adaptarse a condiciones de uso específicas.

Edad y Oxidación del Asfalto:

- Con el tiempo, el asfalto se oxida debido a la exposición al aire, lo que incrementa su viscosidad y puede hacerlo más duro y quebradizo.

2.2.11 Viscosidad y su Relación con la Aplicación del Asfalto

La viscosidad del asfalto influye en varios aspectos clave de su aplicación en la construcción de pavimentos (Aldas et al., 2024).

Mezcla y Transporte:

Un asfalto con viscosidad adecuada facilita su mezcla con los agregados en las plantas de asfalto y su transporte a la obra. Si el asfalto es demasiado viscoso (espeso), puede ser difícil de manejar, mientras que, si es demasiado fluido, puede no adherirse adecuadamente a los agregados.

Aplicación:

Durante la aplicación del asfalto, su viscosidad determina si se puede extender fácilmente sobre la superficie de la carretera. Si la viscosidad es

demasiado alta, el asfalto no se distribuirá uniformemente, lo que puede afectar la calidad del pavimento.

Compresión y Compactación:

La viscosidad también afecta la compactación del pavimento. Un asfalto con viscosidad apropiada se compacta de manera eficiente, asegurando una estructura sólida y duradera para el pavimento.

Durabilidad del Pavimento:

La viscosidad afecta la resistencia del pavimento al desgaste, la fatiga y la deformación con el paso del tiempo. Un asfalto con una viscosidad bien ajustada proporcionará un pavimento más resistente y duradero frente al tráfico y las condiciones climáticas.

2.2.12 Resistencia a la Fatiga

El pavimento asfáltico se refiere a la capacidad del pavimento para resistir los efectos de agrietamientos y deformaciones debido a las cargas repetidas aplicadas por el tráfico vehicular a lo largo del tiempo. En términos simples, es la habilidad del pavimento para soportar el estrés cíclico sin sufrir daños significativos, como grietas o fallos estructurales (Mora Valverde et al., 2021).

2.2.12.1 Factores que Afectan la Resistencia a la Fatiga del Pavimento.

Carga del tráfico:

- Las cargas repetidas de los vehículos, especialmente los vehículos pesados, son la causa principal del daño por fatiga. Los pavimentos deben ser diseñados para soportar estas cargas a lo largo del tiempo.
- Los pavimentos diseñados para soportar tráfico pesado deben tener mayor espesor y resistencia para evitar la formación de grietas por fatiga.

Temperatura:

- La temperatura afecta la viscosidad del asfalto. A temperaturas altas, el asfalto se ablanda, lo que aumenta la posibilidad de deformaciones plásticas bajo el peso del tráfico, lo que puede contribuir al fallo por fatiga.
- A bajas temperaturas, el asfalto se vuelve más rígido y quebradizo, lo que también puede provocar la aparición de grietas por fatiga si el pavimento está sometido a cargas repetidas.

Propiedades del Asfalto:

- Los tipos de asfalto utilizados y su composición influirán en la resistencia a la fatiga. Por ejemplo, los asfaltos modificados con polímeros (como SBS) tienen una mayor elasticidad y flexibilidad, lo que les permite resistir mejor el agrietamiento por fatiga en comparación con los asfaltos convencionales.
- El contenido de aceite o los aditivos en la mezcla asfáltica también puede afectar la resistencia a la fatiga.

Calidad de los Agregados:

- Los agregados utilizados en la mezcla asfáltica, como la granulometría y la resistencia de las partículas, influyen en la capacidad del pavimento para resistir el daño por fatiga. Los agregados de mayor calidad proporcionan una mejor estabilidad estructural al pavimento.

2.2.13 Estabilidad Térmica

La estabilidad es una medida de la resistencia de una mezcla asfáltica para resistir la deformación debida a la carga. Si una estructura de construcción de carretera no puede soportar la carga existente, provocará daños en la carretera que pondrán en peligro a los usuarios de la carretera. Este estudio tiene como objetivo mejorar la estabilidad de la mezcla de concreto asfáltico con el uso de caucho granulado. El caucho granulado se utiliza porque tiene buena resistencia y elasticidad (Romadhon et al., 2021).

2.2.13.1 Factores que Afectan la Estabilidad Térmica del Pavimento Asfáltico.

Composición del Asfalto:

- La composición química del asfalto, incluyendo el tipo de betún y los aditivos, influye en su comportamiento térmico. Asfaltos con mayores cantidades de aceites volátiles pueden ser más vulnerables a las variaciones de temperatura, mientras que asfaltos con mayor contenido de componentes duros pueden ser más estables térmicamente.
- El uso de polímeros modificados (como el SBS, Estireno-Butadieno-Estireno) mejora la resistencia térmica, ya que estos polímeros aumentan la elasticidad y la viscosidad del asfalto a diferentes temperaturas.

Temperaturas Extremas:

El asfalto se comporta de manera diferente en condiciones de temperaturas altas y bajas:

- **Temperaturas altas:** A altas temperaturas, el asfalto se vuelve más fluido y su viscosidad disminuye, lo que puede provocar deformaciones plásticas o rutado en el pavimento debido a las cargas de tráfico, especialmente en carreteras sometidas a tráfico pesado.
- **Temperaturas bajas:** A temperaturas bajas, el asfalto se vuelve más rígido y quebradizo, lo que aumenta la posibilidad de agrietamientos debido a las tensiones térmicas o el tráfico. Este fenómeno es más común en regiones con inviernos fríos.

Modificación con Polímeros:

- Los polímeros modificadores (como SBS, EVA, entre otros) mejoran la estabilidad térmica del asfalto, ya que proporcionan mayor flexibilidad a bajas temperaturas y mayor resistencia a la deformación a altas temperaturas. Esto significa que los pavimentos modificados con

polímeros son más capaces de adaptarse a los cambios térmicos sin sufrir daños estructurales.

Espesor del Pavimento:

- El espesor del pavimento también tiene un impacto en su estabilidad térmica. Los pavimentos más gruesos pueden distribuir las cargas de temperatura y tráfico de manera más eficiente, lo que reduce el riesgo de deformación o agrietamiento bajo condiciones térmicas extremas.

Condiciones Climáticas y Estacionales:

- Los pavimentos asfálticos en regiones con ciclos de congelación y deshielo son especialmente propensos a sufrir daños debido a los ciclos térmicos. Las fluctuaciones diarias o estacionales entre temperaturas altas y bajas pueden hacer que el asfalto se expanda y se contraiga, lo que aumenta el riesgo de fatiga térmica y agrietamiento.

2.2.14 Deformación Permanente

La deformación permanente en pavimentos asfálticos se refiere al daño irreversible en la estructura del pavimento que ocurre debido a la acumulación de tensiones y cargas repetidas, como las generadas por el tráfico vehicular. Esta deformación puede manifestarse en forma de surcos o hendiduras en la superficie del pavimento, conocidos comúnmente como rutado o grietas profundas, que afectan la funcionalidad, la seguridad y la estética del pavimento (Huamán Guerrero, 2011).

2.2.14.1 Causas de la Deformación Permanente.

Cargas de Tráfico Repetidas:

- El paso continuo de vehículos, especialmente los vehículos pesados, somete al pavimento a tensiones repetidas. A medida que las cargas se aplican, el asfalto se deforma gradualmente. Si el pavimento no tiene la

suficiente resistencia estructural, estas deformaciones pueden volverse permanentes.

- Cargas concentradas, como las de los camiones de carga pesada, provocan una mayor presión en la superficie, lo que acelera el proceso de deformación.

Temperaturas Elevadas:

- En temperaturas altas, el asfalto se ablanda, disminuyendo su viscosidad y aumentando su propensión a la deformación. Cuando las condiciones climáticas son muy cálidas, el asfalto puede volverse lo suficientemente blando como para que las ruedas de los vehículos dejen marcas en la superficie del pavimento, generando deformaciones permanentes.

Deficiencias en el Diseño de la Mezcla Asfáltica:

- Si la mezcla asfáltica no está bien formulada, es decir, si tiene una proporción incorrecta de asfalto y agregados o utiliza un asfalto de baja calidad, es más probable que el pavimento no resista la acumulación de tensiones y sucumba a la deformación permanente.
- Polímeros modificados en el asfalto ayudan a mejorar la elasticidad y la resistencia a las deformaciones, reduciendo el riesgo de daño permanente.

Falta de Compactación Adecuada:

- Un pavimento mal compactado tiene una estructura interna débil y una mayor porosidad, lo que lo hace más susceptible a la deformación permanente. La compactación insuficiente impide que los agregados estén bien unidos y que el asfalto se adhiera de manera efectiva, lo que permite que el pavimento se deforme bajo las cargas repetidas.

2.2.15 Flexibilidad

La flexibilidad en pavimentos asfálticos es una propiedad crucial que describe la capacidad del material para deformarse sin romperse cuando se

somete a cargas o tensiones. Esta propiedad es fundamental para que el pavimento pueda adaptarse a las condiciones del tráfico, las variaciones de temperatura y las tensiones mecánicas que se producen durante su vida útil (Construneic, 2024).

2.2.15.1 Importancia de la Flexibilidad en Pavimentos Asfálticos.

Resistencia a las Tensiones:

- Los pavimentos asfálticos deben ser lo suficientemente flexibles para resistir las tensiones que se producen debido al tráfico vehicular, especialmente en condiciones de carga repetida. La flexibilidad permite que el pavimento se deforme ligeramente bajo el peso de los vehículos sin agrietarse o romperse.

Adaptación a las Variaciones de Temperatura:

- El asfalto se expande cuando las temperaturas son altas y se contrae cuando hace frío. La flexibilidad permite que el pavimento se ajuste a estos cambios térmicos sin sufrir daños estructurales, como agrietamientos o deformaciones. Un asfalto muy rígido es más susceptible a las fisuras por fatiga térmica.

Distribución de Cargas:

- Un pavimento flexible puede distribuir mejor las cargas aplicadas por el tráfico. Esto reduce el riesgo de formación de surcos (rutado) y deformaciones permanentes. A medida que las cargas del tráfico se distribuyen de manera más uniforme, se minimizan los efectos de fatiga sobre el pavimento.

Mejora en la Durabilidad:

- Los pavimentos con una buena flexibilidad tienen una mayor vida útil, ya que pueden resistir mejor las tensiones y los cambios de temperatura.

2.2.16 Resistencia al Envejecimiento

La resistencia al envejecimiento en pavimentos asfálticos es una propiedad clave que determina la capacidad del material para mantener su rendimiento y características físicas a lo largo del tiempo, a pesar de la exposición a condiciones ambientales extremas, cargas repetidas y la acción de agentes atmosféricos (Rondón Mogollón, 2021).

2.2.16.1 Causas del Envejecimiento del Pavimento Asfáltico.

Exposición al Sol (Radiación UV):

- La radiación ultravioleta (UV) del sol provoca la oxidación del asfalto, lo que aumenta la viscosidad del material y lo hace más rígido y quebradizo. Este proceso de oxidación reduce la flexibilidad del pavimento, haciéndolo más propenso a agrietarse y sufrir fisuras.

Temperaturas Extremas:

- Las variaciones térmicas a lo largo del día y las estaciones (calor extremo durante el verano y frío en invierno) afectan la estructura molecular del asfalto. En climas cálidos, el asfalto se ablanda, mientras que, en climas fríos, se vuelve más rígido, lo que puede provocar fisuras y deformaciones permanentes.

Oxigenación del Asfalto:

- El contacto prolongado del asfalto con el oxígeno del aire produce un proceso conocido como oxidación, que endurece el asfalto y lo hace menos flexible y más propenso a agrietarse. Este proceso también puede cambiar las características de adherencia entre los agregados y el asfalto.

Presencia de Agua (Humedad):

- La infiltración de agua, especialmente en áreas donde se producen ciclos de congelación y deshielo, puede acelerar el envejecimiento del

pavimento, debilitando la estructura del asfalto. El agua puede penetrar por las grietas existentes y aumentar la descomposición del asfalto.

2.2.17 Asfaltos modificados Hidrocarburífero: Definición y Propiedades

El asfalto modificado es una innovación en el ámbito de los recursos usados en la construcción de vías. Se basa en la modificación química del asfalto convencional mediante la inclusión de hidrocarburos, que son compuestos orgánicos caracterizados por tener anillos de benceno en su estructura. Este tipo de modificaciones se realiza para mejorar varias propiedades del asfalto, tales como:

- **Elasticidad:** Los asfaltos modificados pueden exhibir mayor elasticidad, lo que les permite soportar mejor las deformaciones bajo carga vehicular constante.
- **Durabilidad:** La presencia de hidrocarburos aromáticos puede aumentar la resistencia al envejecimiento y al agrietamiento, prolongando la vida útil del pavimento.
- **Resistencia a las condiciones climáticas:** Aumentan la tolerancia tanto al calor como al frío, reduciendo los efectos de deformación y fatiga.
- **Adherencia y cohesión:** Estos asfaltos pueden tener mejores propiedades de adhesión con los agregados, lo que mejora la estructura del pavimento.

2.2.17.1 Procesos de Modificación con Compuestos Hidrocarburífero.

La introducción de hidrocarburos aromáticos en la estructura del asfalto modifica sus propiedades mecánicas, mejorando la resistencia a la deformación y la capacidad para soportar ciclos de temperatura extremos calor y frío (Asfaltos Rada, 2024).

2.2.17.2 Investigaciones Previas y Desarrollo de Prototipos de Asfalto Modificado.

Se han realizado estudios sobre la incorporación de hidrocarburos aromáticos en el asfalto para mejorar su resistencia a la deformación, su durabilidad frente a cambios climáticos y su resistencia a la fatiga. Estos estudios sugieren que el asfalto aromático puede ser más eficaz en áreas de alto tránsito y con condiciones climáticas adversas, como las que se encuentran en el sector de Kennedy Norte (Municipal de Guayaquil, 2023).

2.2.18 Ventajas del asfalto modificado frente a otros tipos.

- Mayor resistencia a la fatiga por cargas repetitivas.
- Mayor vida útil en zonas de climas cálidos y de alto tránsito.
- Mejora de la resistencia a la fisuración en climas fríos.

2.2.19 Factores que Afectan el Rendimiento de los Pavimentos Viales

Carga vehicular

- El tráfico pesado somete al pavimento a esfuerzos repetitivos que, si no están correctamente distribuidos, pueden provocar deformaciones, grietas y baches.

Condiciones climáticas.

- Las altas temperaturas pueden hacer que los pavimentos asfálticos convencionales se ablanden y se deformen bajo el peso de los vehículos.
- Las precipitaciones y el mal drenaje pueden acelerar el deterioro de las capas subyacentes, generando problemas como baches.

Materiales utilizados.

- La calidad de los agregados y el tipo de asfalto utilizado son factores críticos que determinan la durabilidad y el rendimiento de un pavimento.

- Los asfaltos aromáticos pueden mejorar la resistencia a la fatiga y reducir la aparición de deformaciones y grietas.

2.2.20 Prototipos y Ensayos Experimentales de Asfaltos Modificados

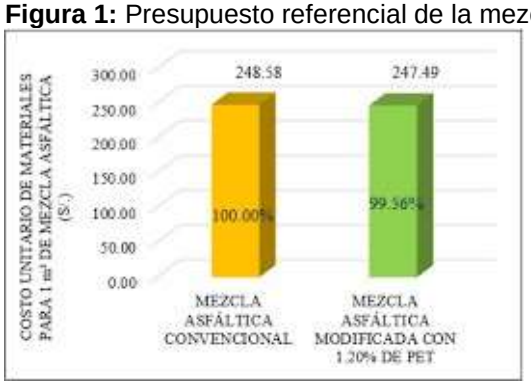
La formulación de prototipos de asfalto modificado involucra un conjunto de análisis de laboratorio para examinar propiedades como (Betancourt Cardozo, 2018).

- Resistencia a la tracción
- Comportamiento bajo temperaturas extremas
- Resistencia a la deformación permanente (ahuellamiento)
- Resistencia a la fatiga

2.2.21 Costos Estimados de la Mezcla Asfáltica Convencional

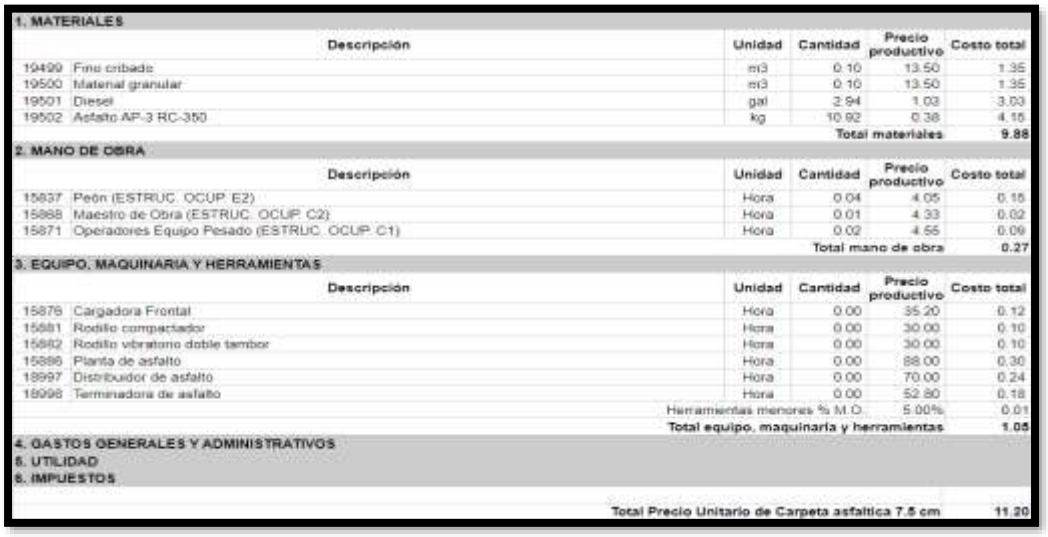
Las mezclas asfálticas convencionales al igual que cualquier material de construcción, en términos de costos va a depender de la zona en la que se desea aplicar, además de los diferentes factores que se pueden originar en la construcción. No obstante, el precio de sus materiales se los puede detallar mediante análisis de otros resultados de las investigaciones ya realizadas como se detalla en la figura 1 y tabla 1.

Figura 1: Presupuesto referencial de la mezcla asfáltica modificada



Fuente: Paredes Cuba et al. (2022)

Tabla 1: 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	0.16
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
15879	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 asfaltica 7.5 cm			11.20

Fuente: Mendoza Torres (2021)

2.3 Marco Legal:

Que de conformidad con la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y su Reglamento General, el Ministerio de Industrias y Productividad es la institución rectora del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, en consecuencia, es competente para aprobar y oficializar el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 237 “CEMENTOS ASFÁLTICOS”; mediante su promulgación en el Registro Oficial, a fin de que exista un justo equilibrio de intereses entre proveedores y consumidores.

- **ASTM D2171:** Standard Test Method for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer.
- **ASTM D2170:** Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumen’s).
- **NTE INEN 917:** Materiales bituminosos. Determinación de la penetración.
- **NTE INEN 808:** Productos de petróleo. Determinación de los puntos de inflamación y combustión en vaso abierto Cleveland.
- **NTE INEN 915:** Materiales bituminosos. Determinación de la solubilidad en tricloroetileno.

- **ASTM D1754:** Standard Test Method for Effect of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin-Film Oven Test).
- **NTE INEN 916:** Materiales bituminosos. Determinación de la ductilidad.
- **NTE INEN 922:** Materiales bituminosos. Muestreo
- **INEN NTE 2 341:** Derivados del Petróleo. Productos relacionados con el petróleo y afines.
- **INEN NTE 53:** Conversión de unidades al SI.
- **NTE INEN 2 266:** Transporte, almacenamiento y manejo de productos químicos peligrosos, Requisitos.
- **NTE INEN 2 336:** Procedimiento para la inspección de calidad de los derivados de petróleo.
- **Ley 2007-76:** Sistema Ecuatoriano de la Calidad, publicada en el Registro Oficial N.º 026 de 22 de febrero del 2007.
- **Acuerdo Ministerial No. 842 del 14 de febrero de 1986:** Reglamento de Seguridad y Operación para el transporte de combustibles en el Ecuador.
- **Acta de decreto ejecutivo de reglamento de productos de derivados de hidrocarburos.**
- **Decreto Ejecutivo N° 2024:** Reglamento para la autorización de actividades de comercialización de productos derivados de los hidrocarburos no comprendidos. Registro Oficial N° 596 del 13de junio del 2002.
- **Decreto Ejecutivo 3516:** Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. Registro Oficial N.º 2 del 30 de marzo de 2003
- **Decreto Ejecutivo 1215:** Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburífero en el Ecuador, publicado en el Registro Oficial N.º 265 del 13 de febrero de 2001.

En la presente investigación y trabajos que se ejecutó rige bajo la normativa establecida por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas de acuerdo ***SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE, NORMA ECUATORIANA VIAL MTOP 2002, VOLUMEN N.º 6: CONSERVACION VIAL***, Capítulo 6.100 (Operaciones de Mantenimiento) y

Capitulo 6.200 (Manual de estudios para programar obras de conservación de pavimentos de carreteras): en la que se establecen lineamientos de uso, procedimientos y materiales, acorde a las consideraciones de diseño según lo remarcado para el presente estudio:

NORMA ECUATORIANA VIAL MTOP 2002, VOLUMEN N.º 6 en sus capítulos

MTOP en sus capítulos.

- **SECCION 402** Mejoramiento de la subrasante IV-16
- **SECCION 403** IV-38
- **SECCION 404** Bases IV-48
- **SECCION 6.106** Pavimentos de Hormigón
- **SECCION 6.202** Modelos de Deterioro de los pavimentos
- **SECCION 6.203.11** Evaluación Estructural del Pavimento

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque de la Investigación

El presente trabajo contará con abordaje cuantitativo, apoyándose en recolección e interpretación de datos. La resistencia del asfalto puede analizarse desde varios puntos de vista, considerando sus propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad bajo distintas condiciones. Un enfoque cuantitativo permite realizar pruebas controladas, análisis estadísticos y comparaciones objetivas entre el prototipo de asfalto aromático y materiales convencionales. Estas métricas facilitarán determinar si el nuevo prototipo cumple con los estándares técnicos y si presenta mejoras significativas para su implementación en el pavimento vial de la zona de estudio.

3.2 Alcance de la Investigación

La presente investigación aborda un tema con alcance descriptivo, la investigación podrá dar una base sólida para caracterizar el prototipo y evaluar si sus propiedades cumplen con los requerimientos locales para la construcción de pavimentos viales, brindando información detallada sobre su idoneidad antes de considerar estudios experimentales o correlacionales.

Justificación

1. **Objetivo de caracterización:** Una investigación descriptiva permite analizar y documentar las propiedades y características de los asfaltos modificados, incluyendo aspectos como su durabilidad, resistencia y adecuación para pavimentos viales.
2. **Descripción del entorno:** La investigación descriptiva ayudaría a entender las condiciones específicas del área, como el tipo de tráfico, las necesidades particulares del pavimento vial.

3. **Prototipo y su aplicación:** Este tipo de estudio no pretende establecer relaciones causales profundas entre variables, sino observar y describir las propiedades del prototipo en condiciones específicas para evaluar su potencial uso.

3.3 Población y Muestra

En el presente trabajo, la población corresponderá a la realización de los ensayos de clasificación en diversos porcentajes utilizando el aditivo aromatizante mezclada con la formula del asfalto convencional, acatando las normativas establecidas para los ensayos de Marshall para determinar la estabilidad y fluidez del asfalto. La muestra será todos los ensayos realizados para determinar su utilización determinará un prototipo adecuado para el desarrollo del asfalto con aditivo aromatizante.

Las muestras son los ensayos a cada elemento utilizado, como es el aditivo aromatizante con los agregados del asfalto, los ensayos de clasificación a las mezclas hasta obtener los resultados deseados y realizar los ensayos de resistencia a la deformación y al desgaste.

3.4 Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

Para llevar a cabo el ensayo y la evaluación de un asfalto modificado con aditivo, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas y de desempeño, es necesario emplear diversas técnicas e instrumentos que permitan obtener datos precisos y confiables en el laboratorio. Estos datos serán posteriormente analizados, seleccionando aquellos que resulten relevantes según los criterios o variables definidos en el muestreo. Cada variable propuesta será sometida a ensayos específicos, recolección de datos y un análisis detallado para examinar su impacto en la estabilidad y el rendimiento del material.

3.4.1. Ensayos de Laboratorio

Técnica: Realización de ensayos estandarizados para determinar

propiedades físicas, químicas y mecánicas del asfalto modificado.

Instrumentos:

- **Máquina Marshall**: Para evaluar la estabilidad y flujo del asfalto modificado (ensayo Marshall).
- **Reómetro de Corte Dinámico (DSR)**: Para evaluar las características viscoelásticas del asfalto a distintas temperaturas.
- **Reómetro Haz de Flexión (BBR)**: Para analizar el comportamiento del asfalto a bajas temperaturas.
- **Prensa Universal de Ensayos (UTM)**: Para pruebas de fatiga y módulos resilientes.
- **Equipo de penetración y ductilidad**: Para evaluar consistencia y elasticidad del asfalto.
- **Equipo de viscosidad Brookfield**: Para medir la viscosidad del asfalto modificado.

3.5. Tipos de Clasificación de una Mezcla Asfáltica.

Tabla 2: Clasificación de mezcla asfáltica

De acuerdo a sus huecos:	
Mezcla cerrada: huecos menores al 5 %.	
Mezcla Abierta: Huecos mayores al 5 %.	
De acuerdo a su granulometría:	**% que pasa en la malla N.º 8**
Graduación densa	35 - 50
Graduación gruesa	20 - 35
Graduación abierta	5 - 20
Graduación fina	pasa más del 50 %

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

3.6 Característica y Comportamiento de la Mezclas.

La respuesta de una mezcla asfáltica mejorada con aditivos depende de diversos factores, incluyendo la composición del ligante, el tipo de aditivo

empleado y las condiciones de aplicación. Estas mezclas se desarrollan con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas y de desempeño, lo que se traduce en una mayor resistencia a las condiciones ambientales y a las cargas vehiculares.

3.6.1 Características de Mezclas Asfálticas Modificadas

- **Mayor cohesión y adherencia:** La incorporación de aditivos mejora la interacción entre el ligante y los agregados, reduciendo la susceptibilidad a desprendimientos y mejorando la durabilidad de la mezcla.
- **Mayor resistencia a deformaciones permanentes:** Gracias a la modificación del ligante asfáltico, las mezclas presentan menor susceptibilidad al ahuellamiento, lo que extiende la vida útil del pavimento.
- **Mejor comportamiento a temperaturas extremas:** Los aditivos optimizan la resistencia del asfalto tanto a altas temperaturas, reduciendo el ablandamiento, como a bajas temperaturas, disminuyendo la aparición de grietas por fatiga térmica.
- **Mayor resistencia a la humedad y al envejecimiento:** Las mezclas modificadas presentan una menor oxidación y endurecimiento con el tiempo, lo que contribuye a su estabilidad a futuro.

3.6.2 Desempeño de Mezclas Asfálticas Modificadas

El rendimiento de la integración de pavimentos modificados con aditivos se evalúa en función de su respuesta mecánica ante distintas solicitudes. Algunas de las principales características de su comportamiento incluyen:

- Resistencia a fatiga: la unión de mezclas modificadas absorbe mejor las tensiones repetidas, evitando la aparición prematura de fisuras.
- Estabilidad estructural: Gracias a su mayor cohesión interna, estas mezclas presentan una estructura más compacta y homogénea, mejorando su capacidad de carga.

- Reducción del envejecimiento prematuro: Los aditivos pueden retardar la oxidación del ligante, conservando sus propiedades viscoelásticas por más tiempo.
- Eficiencia en el comportamiento drenante: Dependiendo del tipo de modificador utilizado, se pueden mejorar las características de permeabilidad, evitando acumulaciones de agua y mejorando la seguridad

3.7 Parámetro de Diseño de Mezclas.

La elaboración de mezclas asfálticas modificadas con aditivos tiene como enfoque principal aumentar las propiedades mecánicas y de desempeño del pavimento bajo condiciones determinadas de carga y temperatura. Los parámetros de diseño son cruciales para asegurar que las mezclas sean adecuadas para el uso en pavimentos y que cumplan con los estándares de durabilidad y resistencia.

1. **Selección del Tipo de Aditivo**: El tipo de aditivo utilizado debe ser seleccionado en función de su capacidad para modificar la viscosidad, elasticidad y resistencia térmica del asfalto. Se evaluarán diferentes tipos de aditivos, como polímeros, elastómeros o modificadores químicos, para determinar cuál proporciona una mejora significativa en las propiedades mecánicas, como la capacidad de resistir la fatiga y la deformación duradera.
2. **Proporciones de Aditivo y Asfalto**: El contenido propio de aditivo en la mezcla se determinará mediante ensayos de laboratorio, buscando el equilibrio entre el aumento de las propiedades mecánicas y la viabilidad económica. Se probarán diferentes porcentajes de aditivo, evaluando su influencia en la consistencia, la penetración y la estabilidad a altas temperaturas.
3. **Propiedades Reológicas del Asfalto Modificado**: Se analizarán las propiedades reológicas del asfalto modificado, como su viscosidad, fluidez y elasticidad. Estas propiedades son fundamentales para garantizar que la mezcla tenga un comportamiento adecuado durante la

aplicación ya lo largo de su vida útil, especialmente en condiciones de tráfico pesado y temperaturas extremas.

4. **Compresión y Resistencia a la Tracción**: Se realizarán pruebas de compresión y tracción en las mezclas para evaluar su comportamiento bajo cargas estáticas y dinámicas. La resistencia a la tracción en condiciones de baja temperatura y la resistencia hacia alta temperatura serán parámetros clave para asegurar la durabilidad del pavimento.
5. **Estabilidad y Fluidez de la Mezcla**: Se evaluará la estabilidad estructural de la mezcla mediante pruebas como el ensayo Marshall, determinando la estabilidad máxima y la fluidez del material. Estos valores permitirán optimizar la formulación de la mezcla para un desempeño adecuado bajo condiciones de tráfico.
6. **Resistencia a la Deformación Permanente (Rutting)**: Para asegurar que la mezcla sea resistente al rutting (deformación permanente), se realizarán pruebas de rodadura en condiciones simuladas de tráfico y temperatura. Se buscará la proporción de aditivo que minimice la formación de huellas y aumente la vida útil de la mezcla.
7. **Compatibilidad y Durabilidad**: Se evaluará la compatibilidad del aditivo con el asfalto base, verificando que no haya efectos negativos en la mezcla que puedan reducir la durabilidad. Además, se realizarán ensayos de envejecimiento acelerado para simular las condiciones a largo plazo, como la oxidación y el envejecimiento térmico, y verificar la resistencia de la mezcla modificada a estos factores.

CAPÍTULO IV
PROPUESTA O INFORME

4.1 Generalidades

En este apartado se presentan los datos Alcanzados durante el Procedimiento de la 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 de aspectos prácticos y teóricos de los resultados obtenidos 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 restricciones del estudio, 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 INDUTROC 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, ¾ y arena, el material de 3/8 y ¾ 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 2: Planta para la obtención del material

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Además, en la figura 12 se delimita la piedra de ¾, 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 3: Material de 3/4 de cantera

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 4: Arena fina

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.3 Cemento Asfaltico (AC20)

El cemento asfáltico fue provisto desde las instalaciones de CIA CARTOEXPORT S.A, 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 5: Cemento asfaltico

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.4 Equipos, Materiales e Instrumentos para Ensayos en Laboratorio

4.2.4.1 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 6: Cocina para calentamiento de material

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 7: Maquina Briquetera en laboratorio

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 8: Horno Baño María

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 9: Prensa Marshall

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.4.2 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
- Cucharon
- 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 10: Termómetro para laboratorio de suelos y asfalto

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 11: Molde de estabilidad Marshall

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 12: Tamices para procesos de granulometrías

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.4.3 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

4.2.5 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 modelo de mezcla asfáltica con aditivos, 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, Urban Scent AR-95. A continuación, se detalla cada uno de los prototipos de mezclas asfálticas modificadas con el aditivo.

4.2.5.1 Elaboración de la mezcla asfáltica utilizando el aditivo Urban Scent AR-95 de 1´´.

El diseño de una mezcla asfáltica con el aditivo Urban Scent AR-95 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 procedimiento realizado para la creación del primer estudio es lo siguiente:

4.2.5.2 Preparación del Material.

Los materiales empleados en la elaboración del espesor de 1 pulgada son: material asfaltico, agregado (aditivo Urban Scent AR-95), arena natural y piedra chispa 3/8.

4.2.5.3 Análisis de los Materiales.

Pruebas de Agregados: Determina las características físicas y mecánicas de los elementos, como su distribución granulométrica, la forma y la calidad.

Análisis del aditivo Urban Scent AR-95: Verifica las características del aditivo, como la densidad, la viscosidad y su compatibilidad con el asfalto.

4.2.5.4 Diseño de Mezcla.

El modelo 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:

Pruebas de granulometría: Es una prueba esencial que permite determinar separar los diferentes tamaños de partículas de un material o agregado. La información es clave en 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 la finalidad de obtener resultados más altos, para ello se verificó 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 siguiente tabla 6 se muestran datos 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 3: 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: Arreaga y Mora (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 3 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 1406,3 g.

Tabla 4: Arena natural mezcla modificada

TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA
3/4"	14,60	1	99,0
1/2"	68,80	4,9	94,1
3/8"	106,60	7,6	86,5
No. 4	362,40	25,8	60,7
No. 8	243,30	17,3	43,4
No. 16	163,80	11,6	31,8
No. 30	138,30	9,8	21,9
No. 50	125,50	8,9	13,0
No. 100	104,30	7,4	5,6
No. 200	48,10	3,4	2,2
Pasa el No. 200	0,00	0	2,2
TOTAL	**1406,3**		

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 4 se identifica el porcentaje de cada uno de los retenidos que se mostraron en la tabla 1 y 3 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 5: 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: Arreaga y Mora (2024)

Además, en la tabla 6 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 6: Graduación de los materiales

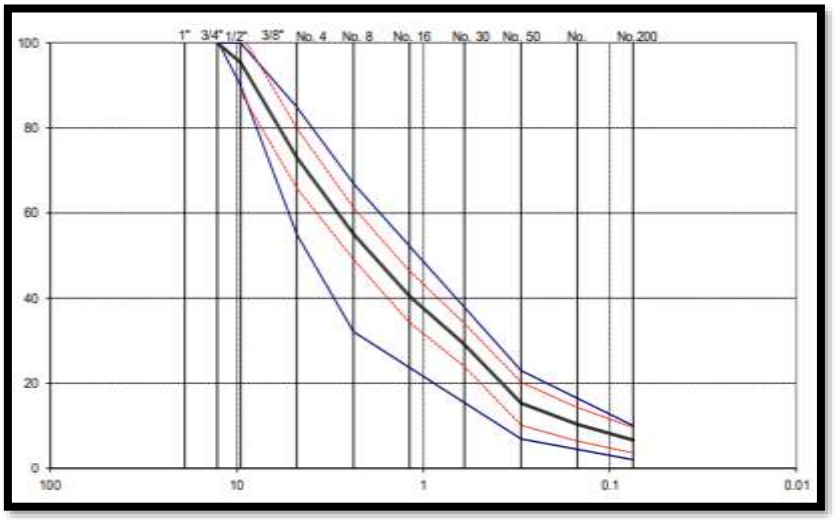
Agregado	Porcentaje Usado	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/8"	77%	77.0	72.7	51.1	34.8	23.2	17.6	12.3	9.5	7.1
A. Natural	23%	23.0	22.6	21.9	20.3	17.2	11.4	2.9	0.8	0.5
		100	**95.3**	**73.0**	**55.1**	**40.4**	**29.0**	**15.2**	**10.4**	**7.5**
Especificaciones Deseadas		**100**	**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: Arreaga y Mora (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 de las pruebas de granulometría y graduación de los materiales.

La figura 13 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 13: Curva granulométrica de mezcla asfáltica de espesor 1´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Diseño de briquetas: El diseño y la fabricación de briquetas pueden variar por el 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 obtiene mediante los valores obtenidos en la graduación de los porcentajes y a su vez aquí ya se utiliza el porcentaje del aditivo Urban Scent AR-95 y el AC20. En las tablas 7, 8, 9, 10 y 11 a continuación se presentan en detalle 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 7: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 5,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1´´ CON 5,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	0.75%	37.5	237.5
PIEDRA 3/8	77%	3638	3913
A. NATURAL	23%	1087	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 8: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 6%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1´´ CON 6%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1.00%	50	250
PIEDRA 3/8	77%	3619	3919
A. NATURAL	23%	1081	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 9: Diseño de briquetas con aditivos +AC20 al 6,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1´´ CON 6,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1.25%	62.5	262.5
PIEDRA 3/8	77%	3600	3925
A. NATURAL	23%	1075	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 10: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 7%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1´´ CON 7%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1.50%	75	275
PIEDRA 3/8	77%	3581	3931
A. NATURAL	23%	1070	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 11: Diseño de Briquetas con aditivos +AC20 al 7,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 1´´ CON 7,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1.75%	87.5	287.5
PIEDRA 3/8	77%	3561	3936
A. NATURAL	23%	1064	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 72 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

14 que se muestra a continuación se demuestra la figura referencial de las briquetas elaboradas en laboratorio:

Figura 14: Briquetas de 1´´ mezcla modificada

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Seguido de la elaboración de las briquetas se emplearon los siguientes estudios que tienen que ver con los antecedentes de cada de sus 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 15 para corroboración de los datos obtenido en los porcentajes.

Figura 15: Peso de la briqueta

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 16 se lo conoce como el baño María el cual su temperatura no debe ser mayor a los 60°.

Figura 16: Briquetas en baño María.

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 la prueba 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 12 se detalla los datos obtenidos en cada ensayo ejecutado.

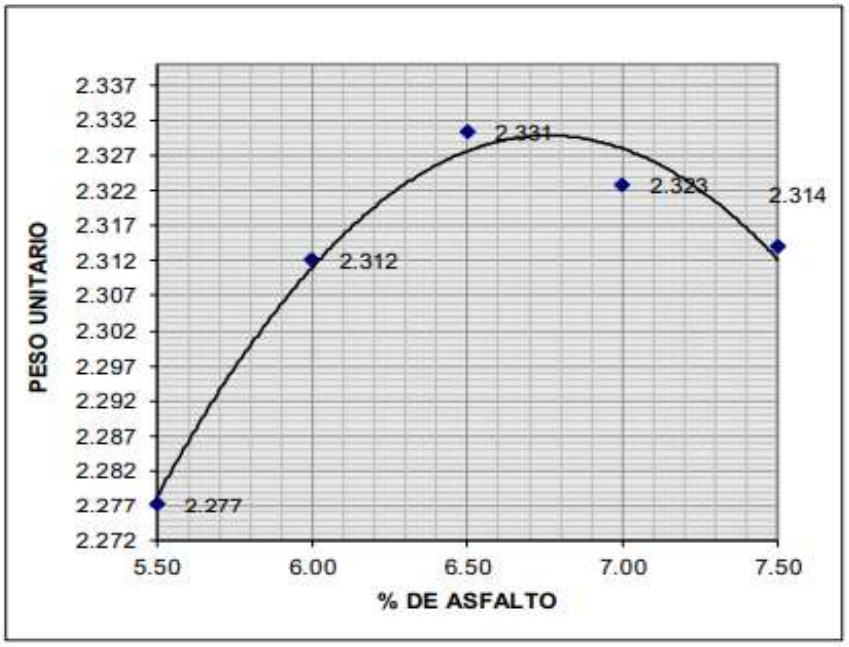
Tabla 12: Datos obtenidos en los ensayos de Marshall

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE ASFALTO	V.F.A. %	FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADOS	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	EFECTIVO		CORRECCION	MEDIDA	CORREGIDA	0.01"
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)10^{+}}{i.h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sp}}$	$\left(1-\frac{g}{t}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-b)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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: Arreaga y Mora (2024)

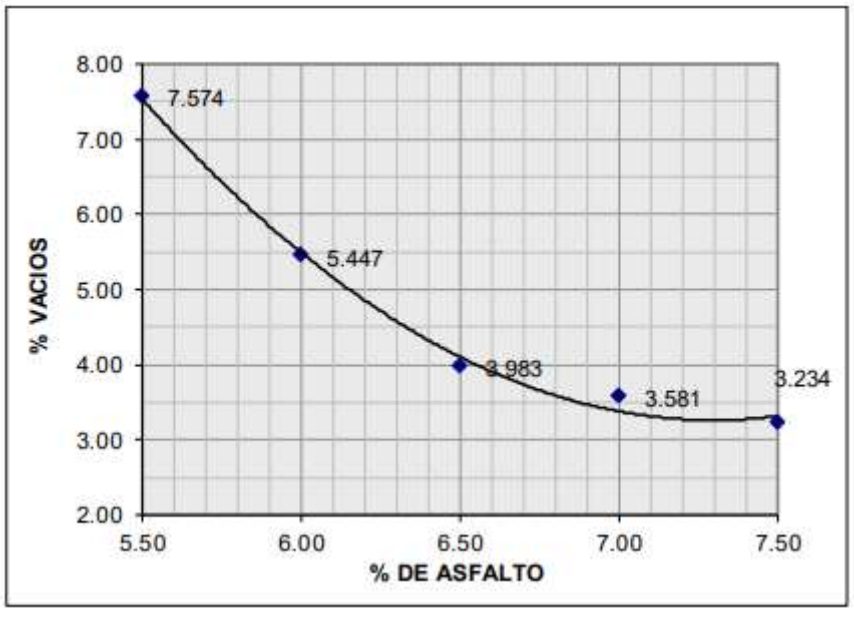
Como culminar con el diseño de la mezcla asfáltica modificada de 1 pulgada se emplea cada una de sus gráficas granulométricas que nos da la referencia de los materiales pétreos utilizados al igual que el flujo que tiene en cada una de las briquetas que se estudiaron. Las figuras 17, 18, 19, 20, 21 y 22 representan las diferentes propiedades que se estudiaron en el laboratorio y denotan los porcentajes que son visibles en las figuras.

Figura 17: Pesos unitarios del asfalto



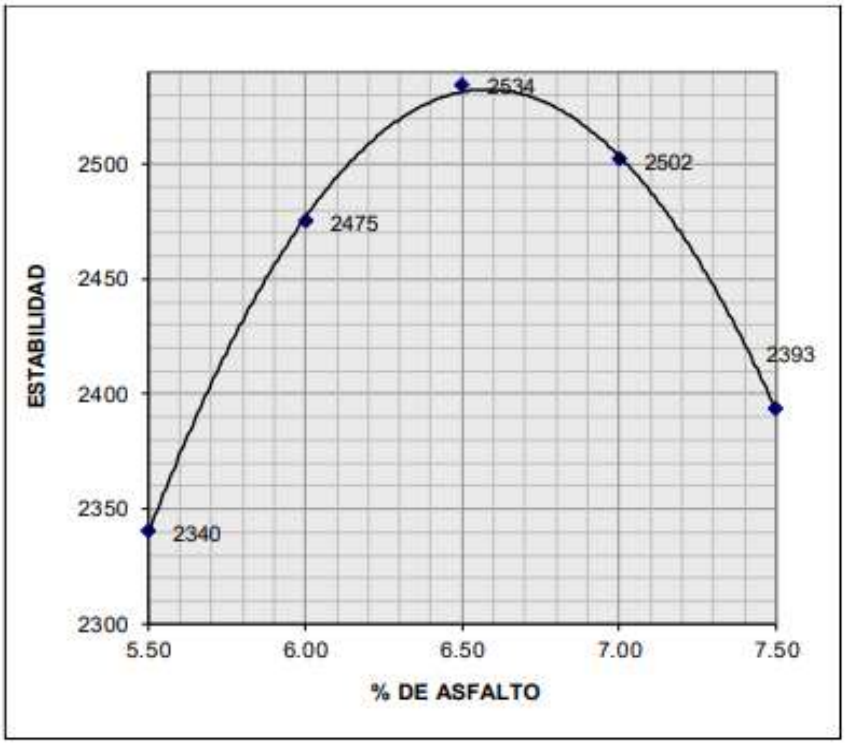
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 18: Porcentajes de vacíos



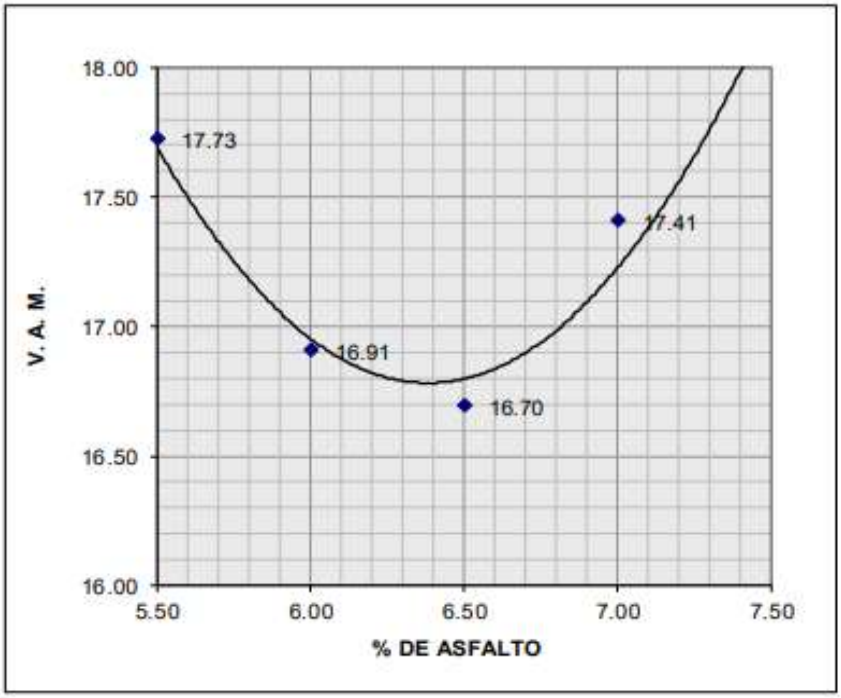
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 19: Estabilidad del asfalto



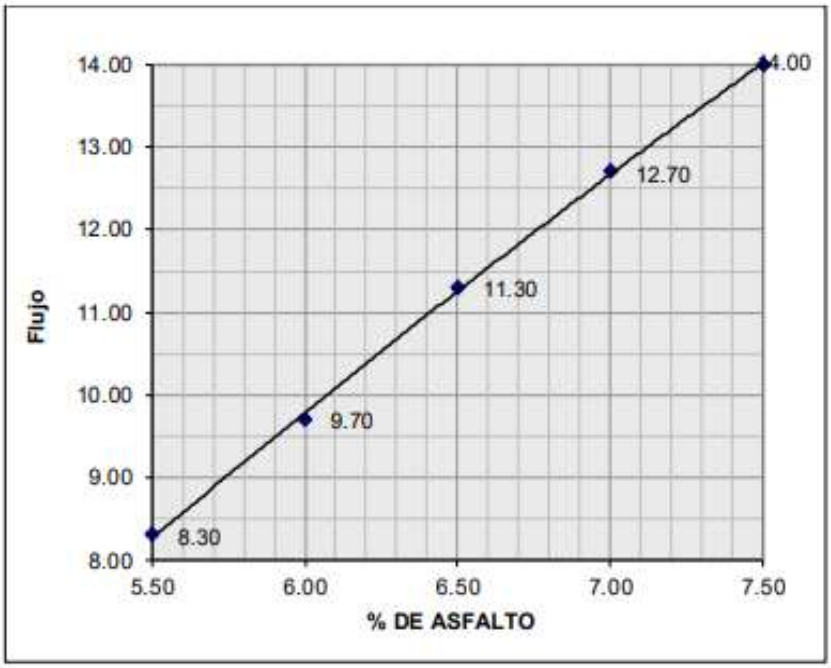
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 20: V.A.M del asfalto



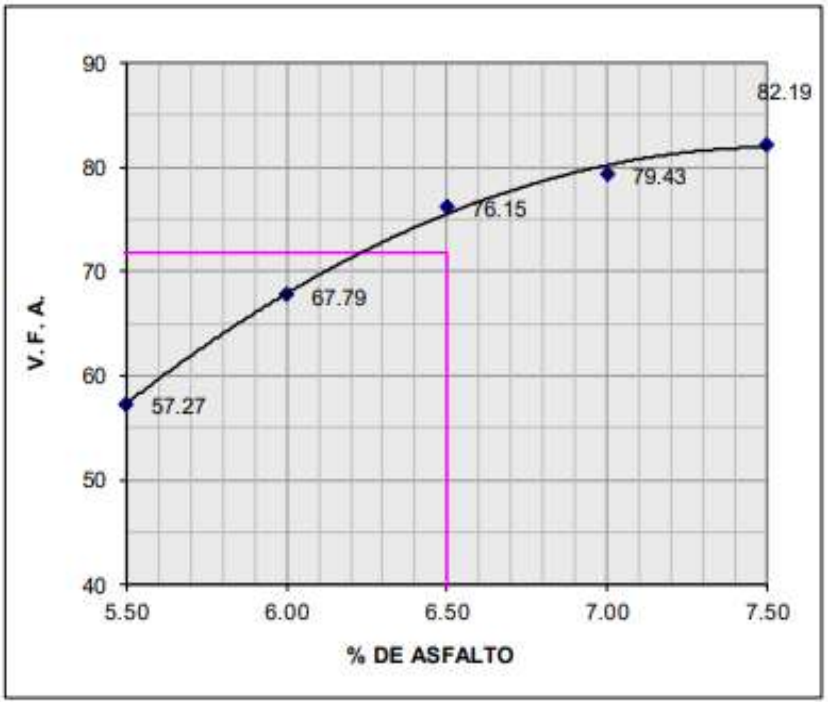
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 21: Flujo del asfalto de 1´´ modificada



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 22: V.F.A del asfalto



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.6 Diseño de Mezcla Asfáltica con Aditivo Urban Scent AR-95 de 2´´.

El diseño de una mezcla asfáltica con Urban Scent AR-95 de 2´´ también se desarrolla como un proceso especializado que busca mejorar las propiedades del asfalto. El procedimiento realizado para la preparación del segundo estudio es lo siguiente:

4.2.6.1 Preparación del Material.

Los materiales empleados en la preparación del espesor de 2 pulgada son: material asfaltico, aditivo (Urban Scent AR-95), arena natural, piedra de ¾ y piedra 3/8.

4.2.6.2 Diseño de Mezcla.

Para la elaboración 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 Para lograr 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 12 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 ¾.

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 13, 14 y 15 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 3/8 es de 2487gr.

Tabla 13: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 14: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 15: 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: Arreaga y Mora (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 16 se identifica el porcentaje de cada uno de los retenidos que se estudian. Además, en la tabla 17 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 16: 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		**100**	**100**		**74**	**58**			**21**		**10**
Deseadas		**95**	**90**		**44**	**28**			**7**		**2**

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

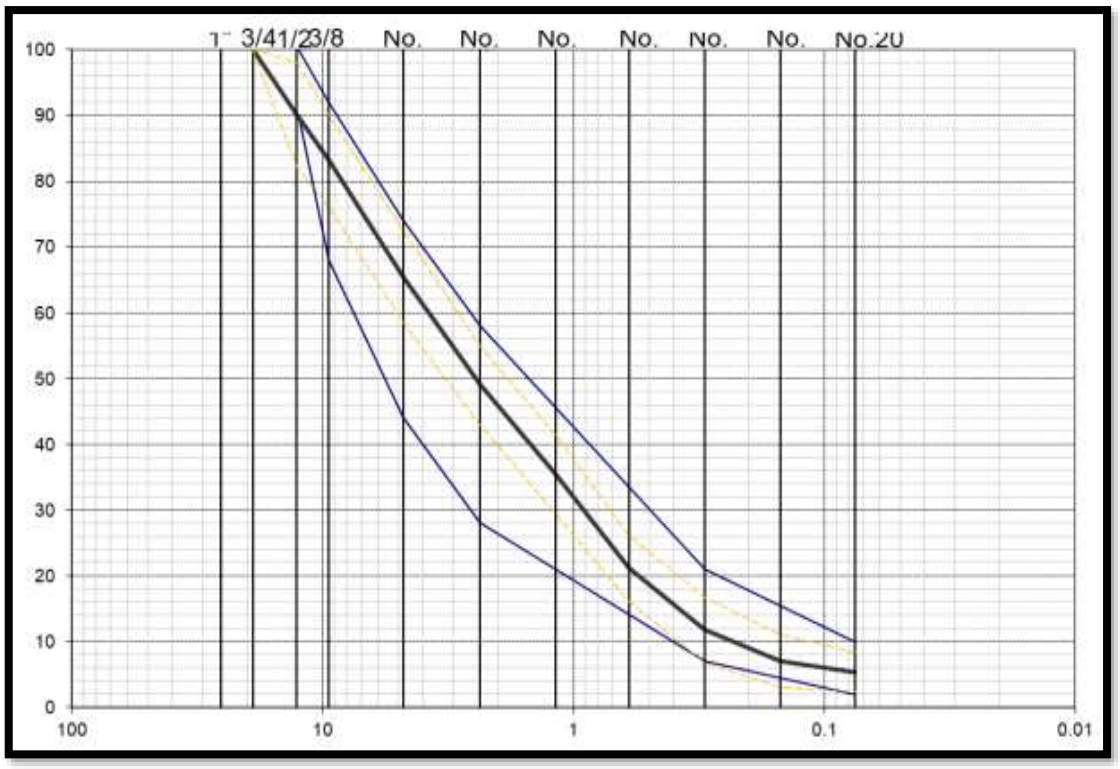
Tabla 17: Graduación de los materiales

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		**100**	**100**		**74**	**58**			**21**		**10**
Deseadas		**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: Arreaga y Mora (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. La gráfica se presenta en la figura 23 que nos muestra la curva granulométrica que se obtiene a partir de los porcentajes y materiales pétreos estudiados.

Figura 23: Curva granulométrica de 2´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Diseño de briquetas: En las tablas 18,19,20, 21 y 22 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 18: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2´´ CON 5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	0.50%	25	250
PIEDRA 3/8	40%	1900	2150
PIEDRA ¾	34%	1615	3765
A. NATURAL	26%	1235	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 19: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 5,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2´´ CON 5,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 20: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 6%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2´´ CON 6%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1%	50	250
PIEDRA 3/8	40%	1880	2180
PIEDRA ¾	34%	1598	3778
A. NATURAL	26%	1222	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 21: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 6,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2´´ CON 6,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1.25%	62.5	262.5
PIEDRA 3/8	40%	1870	2195
PIEDRA ¾	34%	1590	3785
A. NATURAL	26%	1216	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 22: Diseño de Briquetas con aditivo +AC20 al 7%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 2´´ CON 7%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	1.50%	75	275
PIEDRA 3/8	40%	1860	2210
PIEDRA ¾	34%	1581	3791
A. NATURAL	26%	1209	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 72 de cada lado. En la figura 24 se emplea la briqueta elaborada:

Figura 24: Briquetas de 2´´

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Al ya tener las briquetas se desarrolla el pesaje de cada briqueta como se muestra en la figura 25 para corroboración de los datos obtenido en los porcentajes de cada briqueta.

Figura 25: Peso de la briqueta

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 26 se muestra a detalle el proceso.

Figura 26: Briquetas en baño María

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Una vez que esté 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 23 se muestran los datos obtenidos en cada ensayo ejecutado.

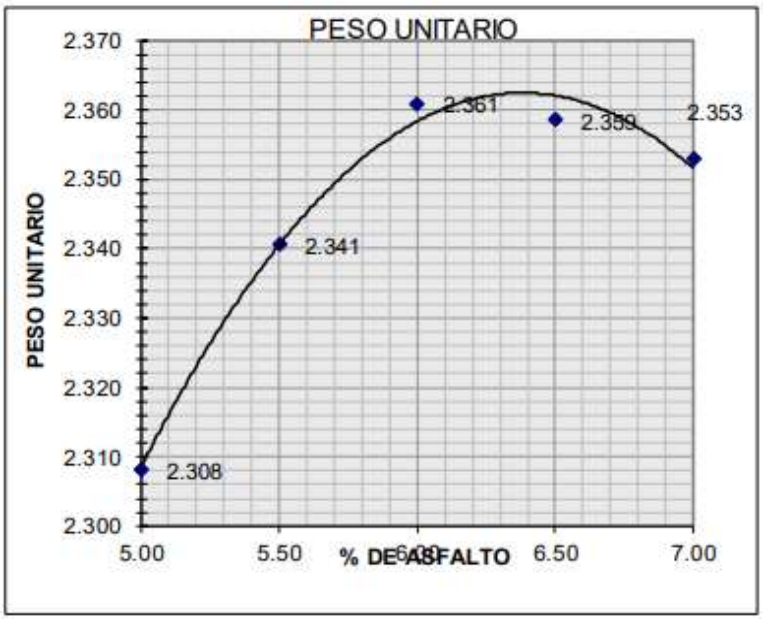
Tabla 23: Datos obtenidos en los ensayos de Marshall

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. 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
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)10^{-4}}{i\,h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sec}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-h)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
1		1 219.0	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: Arreaga y Mora (2024)

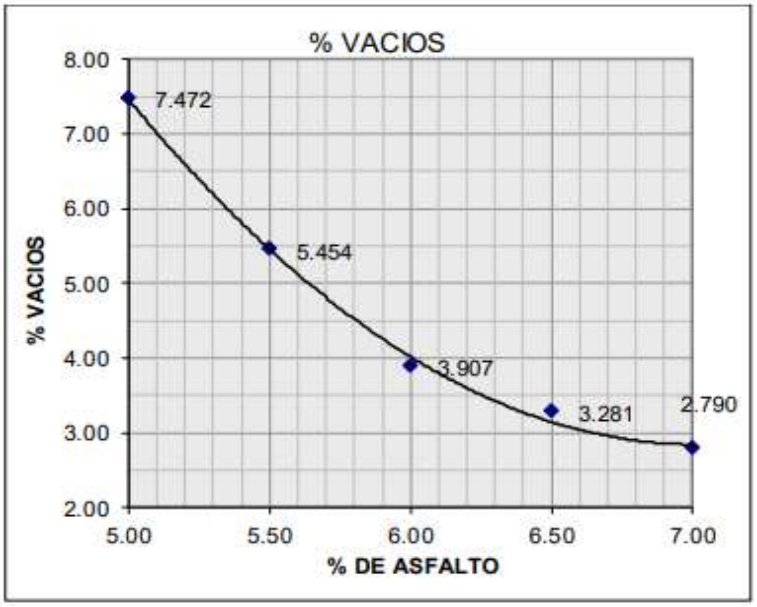
Para culminar con el diseño de la mezcla asfáltica modificada de 1 pulgada se emplea cada una de sus gráficas granulométricas que nos da la referencia de los materiales pétreos utilizados al igual que el flujo que tiene en cada una de las briquetas que se estudiaron. Las figuras 27, 28,29,30,31 y 32 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 27: Peso unitario de la mezcla asfáltica



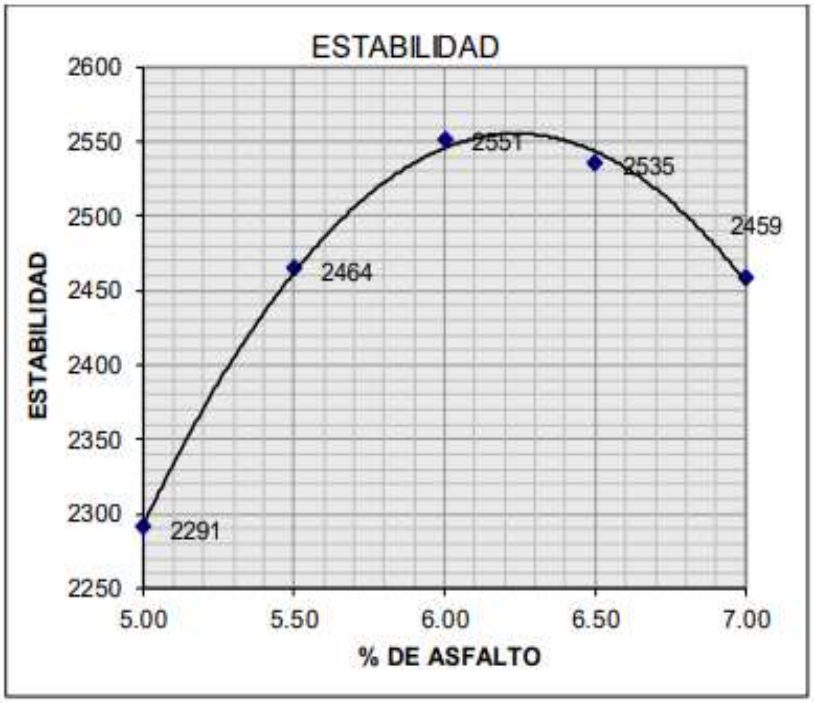
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 28: Porcentaje de vacíos en la mezcla asfáltica



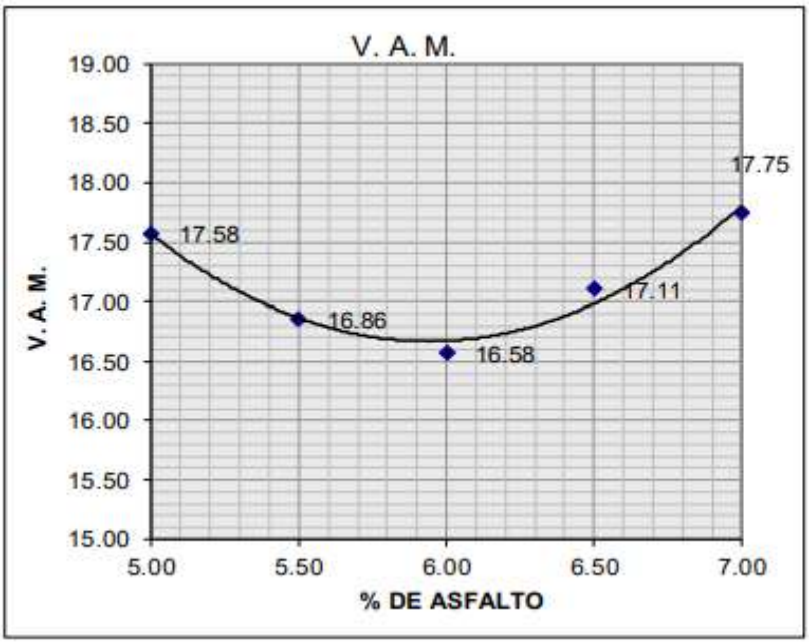
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 29: Estabilidad de la mezcla asfáltica



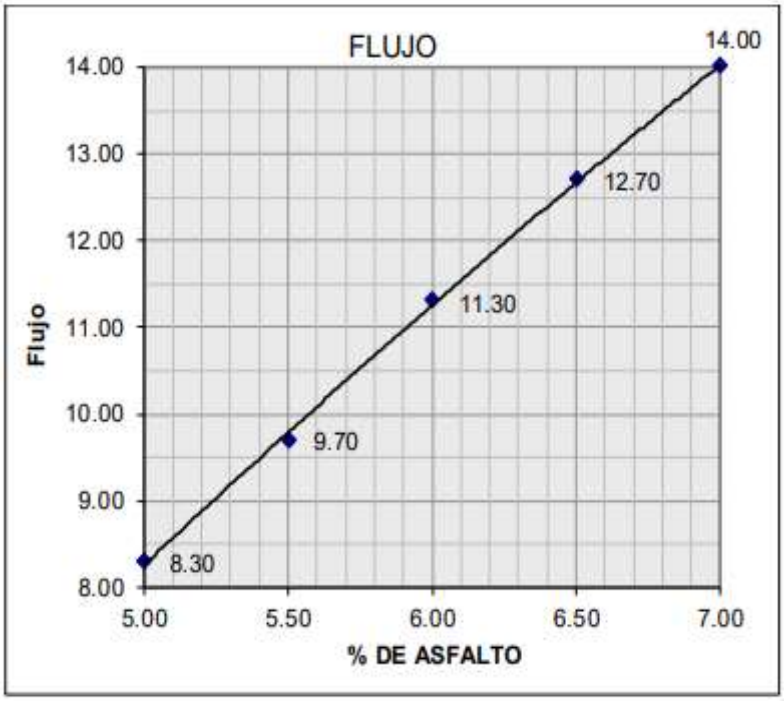
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 30: V.A.M de la mezcla asfáltica



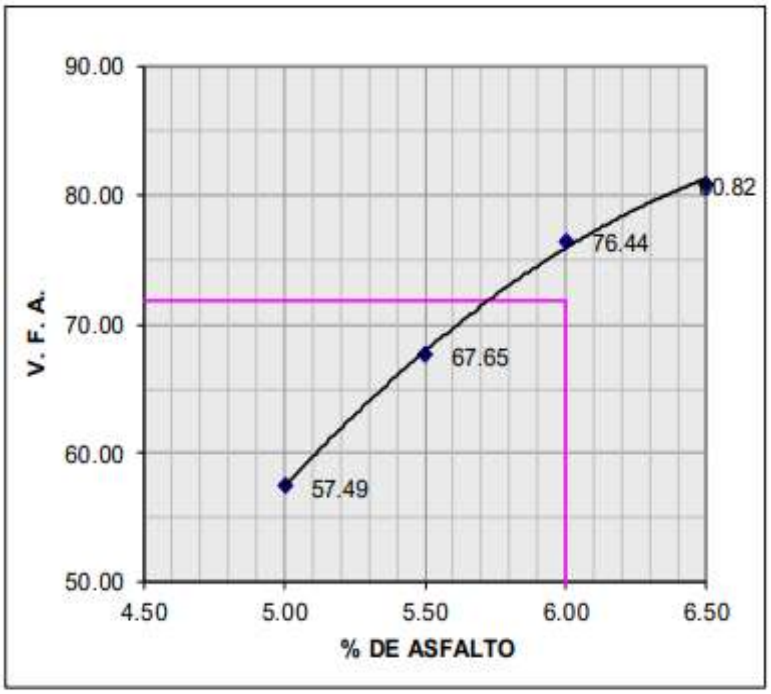
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 31: Flujo de la mezcla asfáltica



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 32: V.F.A de la mezcla asfáltica



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.7 Diseño de Mezcla Asfáltica con Urban Scent AR-95 de 3´´.

El diseño de una mezcla asfáltica con Urban Scent AR-95 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:

4.2.7.1 Preparación del Material.

Los materiales que se utilizaron para la elaboración del espesor de 3 pulgada son: material asfaltico, aditivo (Urban Scent AR-95), arena natural, piedra chispa 3/8 y piedra ¾.

4.2.7.2 Diseño de la Mezcla.

Para el esquema 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 24 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 modelo de una mezcla asfáltica.

Tabla 24: 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: Arreaga y Mora (2024)

En la tabla 25 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 25: 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: Arreaga y Mora (2024)

En la tabla 26 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 26: 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: Arreaga y Mora (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 27 se identifica el porcentaje de cada uno de los retenidos que se mostraron en la tabla 24, 25, y 26 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 27: 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: Arreaga y Mora (2024)

Además, en la tabla 28 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 28: Graduación de los materiales

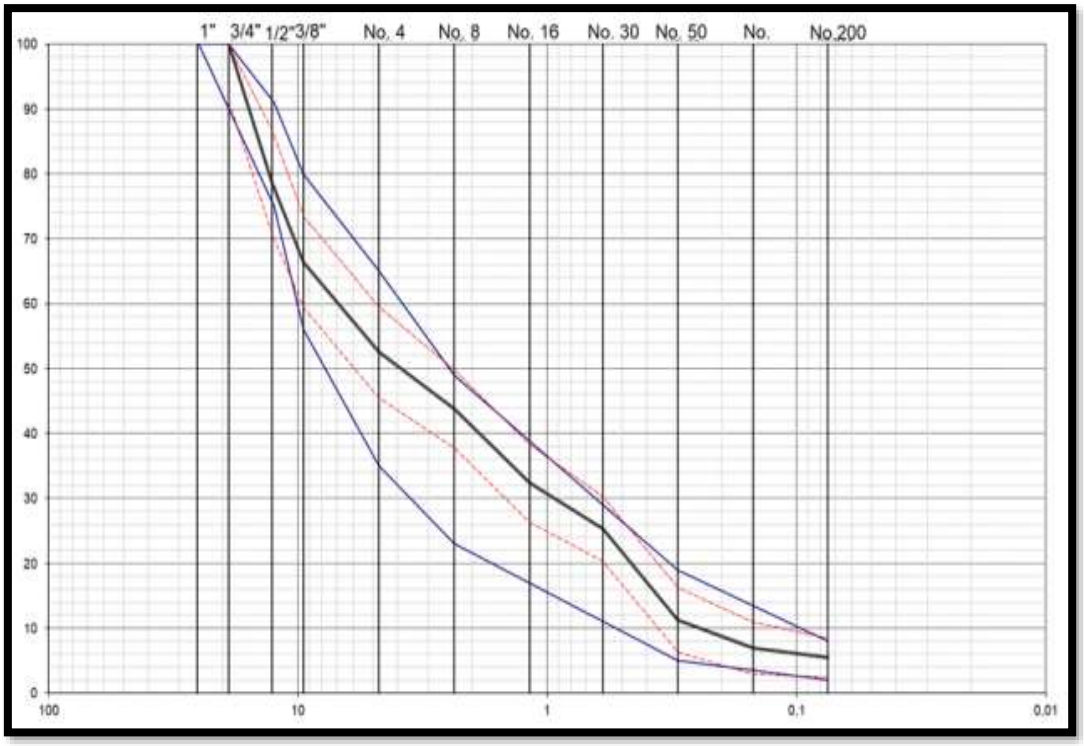
Agregado	Porcentaje Usado	TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/4"	34%	34,0	28,8	12,8	2,6	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/8"	40%	40,0	40,0	40,0	38,2	27,6	20,0	11,9	9,4	8,0	6,6	5,4
A. Natural	26%	26,0	26,0	25,8	25,6	24,8	23,8	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: Arreaga y Mora (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 33 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 33: Curva Granulométrica



Elaborado por: Arreaga y Mora (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 el aditivo (Urban Scent AR-95) y el AC20. En las tablas 29, 30, 31, 32, 33 y 34 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 29: Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 al 4,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3´´ CON 4,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	0.25%	12.5	212.5
PIEDRA 3/8	40%	1910	2135
PIEDRA ¾	34%	1624	3759
A. NATURAL	26%	1242	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 30: Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 al 5%

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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 31: Briqueta de 3 pulgada con aditivos + AC20 al 5,5%

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3´´ CON 5,5%			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4.0%	200	200
AR-95	0.75%	37.5	237.5
PIEDRA 3/8	40%	1890	2165
PIEDRA ¾	34%	1607	3772
A. NATURAL	26%	1229	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 32: 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
AR-95	1%	50	250
PIEDRA 3/8	40%	1880	2180
PIEDRA ¾	34%	1598	3778
A. NATURAL	26%	1222	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 33: 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
AR-95	1.25%	62.5	262.5
PIEDRA 3/8	40%	1870	2195
PIEDRA ¾	34%	1590	3785
A. NATURAL	26%	1216	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Para la realizar las briquetas se utilizó el equipo llamado Briquetera y con sus respectivos moldes. Para compactar la mezcla se realiza 72 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 34 para comprobar los datos obtenidos del porcentaje.

Figura 34: Briquetas de 3´´ con aditivos

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 mecánicas 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 35 para corroboración de los datos obtenido en los porcentajes de cada briqueta.

Figura 35: Peso del material

Elaborado por: Arreaga y Mora (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 34 se muestra los resultados que se dan a conocer en cada ensayo:

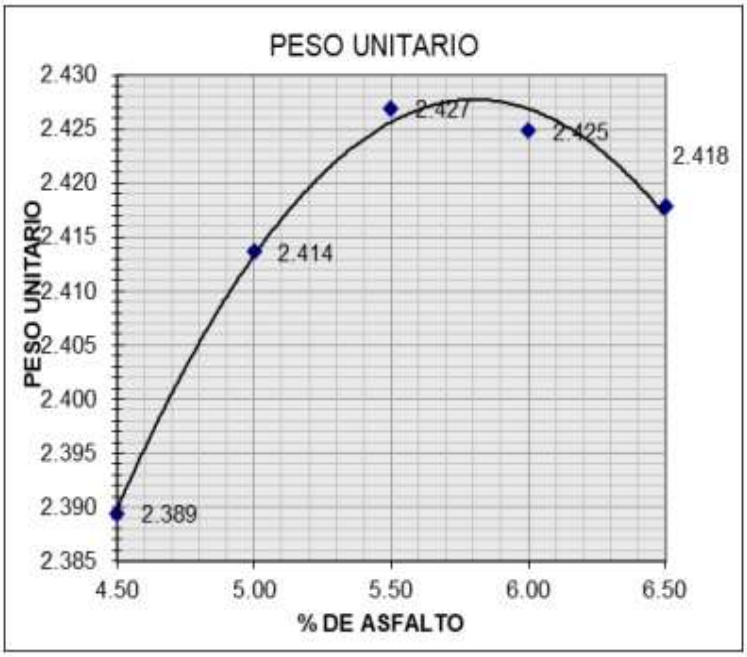
Tabla 34: Datos obtenidos en los ensayos de Laboratorio

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE		FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADOS	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO	V.F.A. %	CORRECCION	MEDIDA	CORREGIDA	0.01"
a	b	c		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)10^4}{i.h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sp}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-h)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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: Arreaga y Mora (2024)

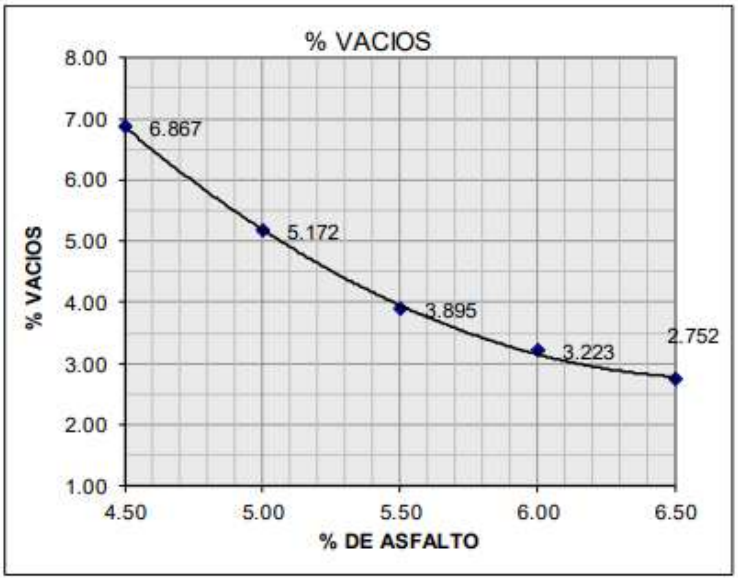
Para culminar con el diseño de la mezcla asfáltica modificada de 3 pulgada se emplea cada una de sus gráficas granulométricas que nos da la referencia de los materiales pétreos utilizados al igual que el fujo que tiene en cada una de las briquetas que se estudiaron. Las figuras 36, 37, 38, 39, 40 y 41 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 36: Peso unitario de las mezclas asfálticas modificada



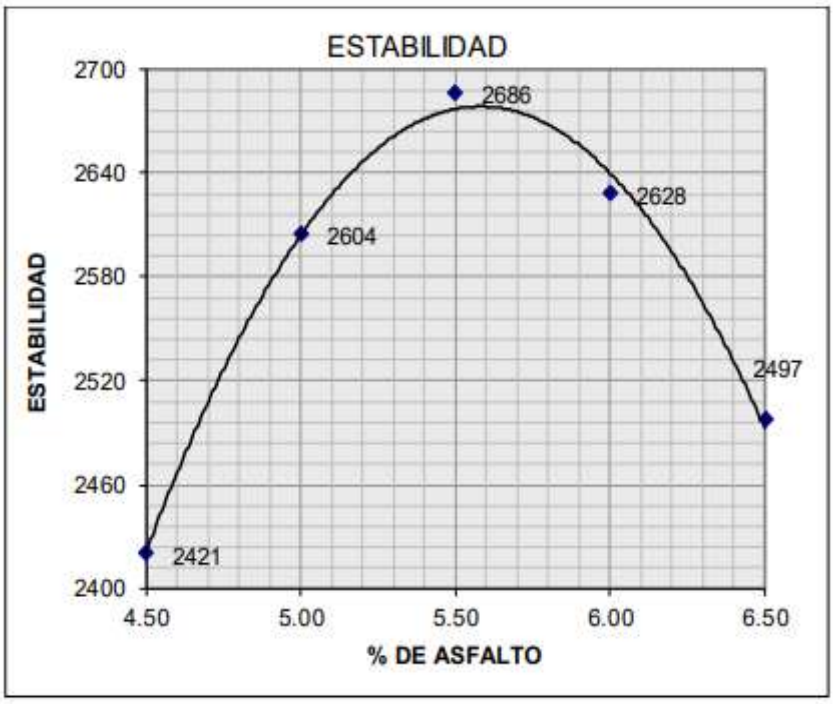
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 37: Porcentaje de vacíos de mezcla asfáltica modificada



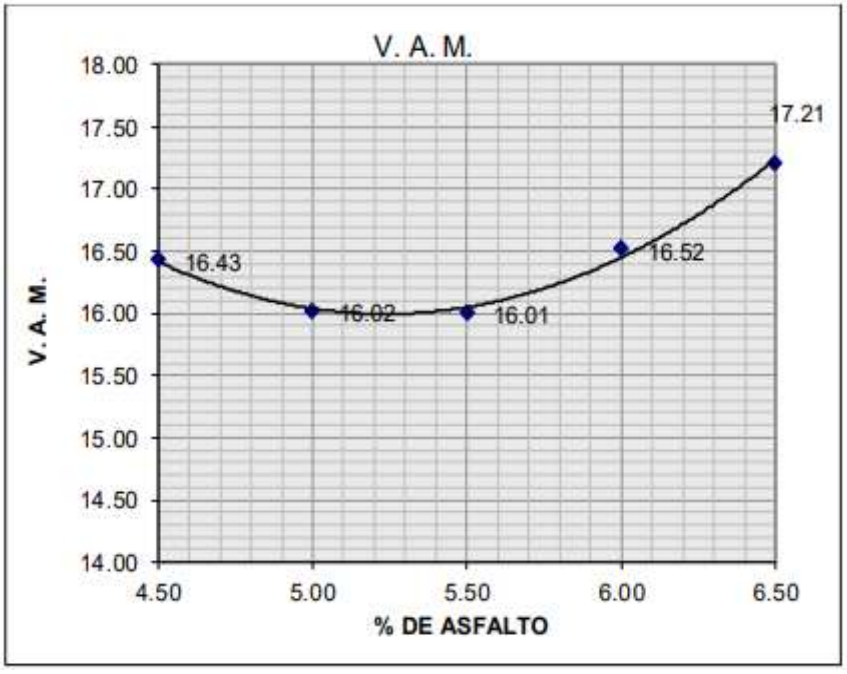
Elaborado por: Arreaga **y** Mora (2024)

Figura 38: Estabilidad de mezcla asfáltica modificada



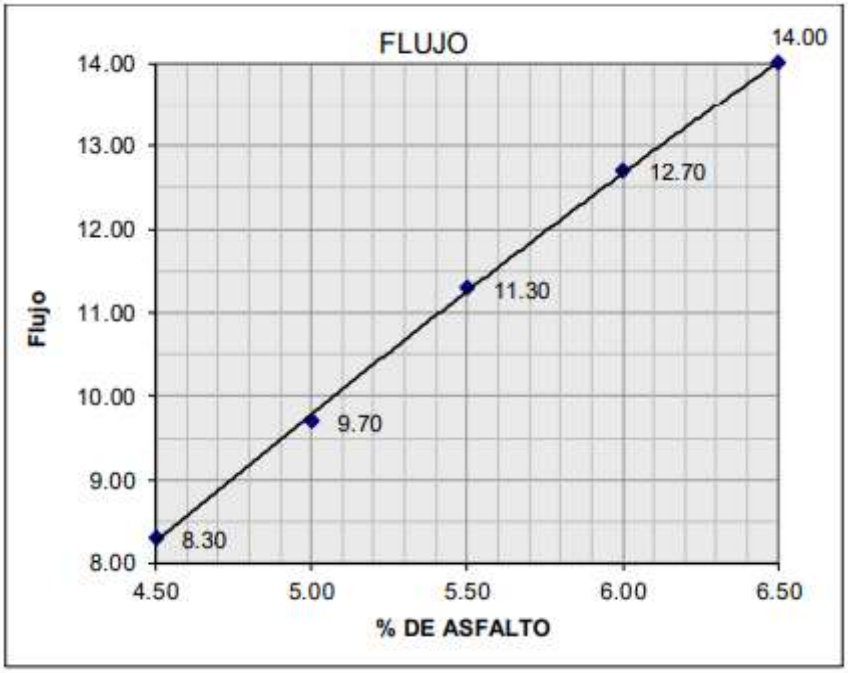
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 39: V.A.M de mezclas asfáltica modificada



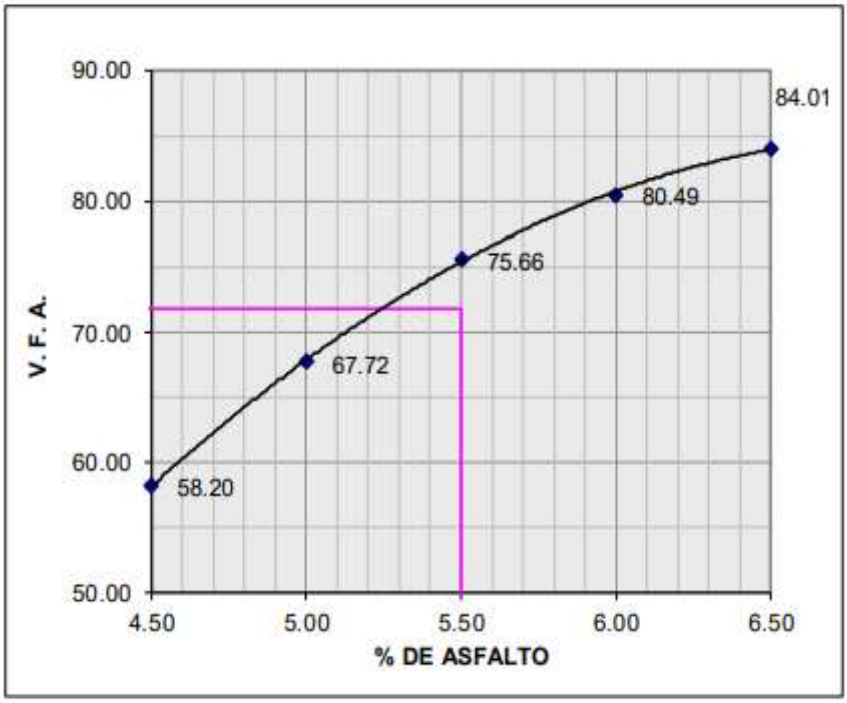
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 40: Flujo de mezcla asfáltica modificada



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 41: V.F.A de mezcla asfáltica modificada



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.8 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 varia 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 35 y 36 se detalla el análisis de los 2 materiales utilizados en el diseño de 1 pulgadas.

Tabla 35: Análisis granulométrico de 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"	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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 36: Análisis Granulométrico de arena natural

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: Arreaga y Mora (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 37 y 38 se detallan los datos que se tomó de referencia para la elaboración de las briquetas:

Tabla 37: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 38: Graduación combinada para mezclas de pruebas

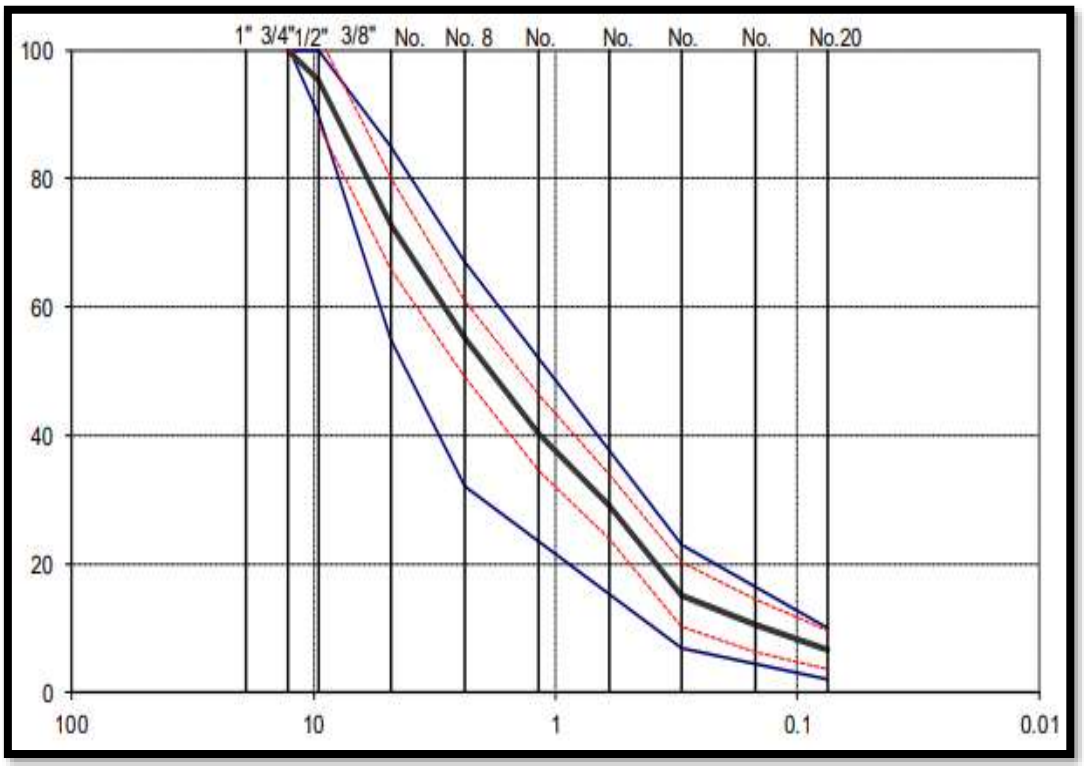
Agregado	Porcentaje Usado	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/8"	77%	77,0	72,7	51,1	34,8	23,2	17,6	12,3	9,5	7,1
A. Natural	23%	23,0	22,6	21,9	20,3	17,2	11,4	2,9	0,8	0,5
		100	**95,3**	**73,0**	**55,1**	**40,4**	**29,0**	**15,2**	**10,4**	**7,5**
Especificaciones Deseadas		**100**	**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: Arreaga y Mora (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 para corroborar los datos obtenidos de los ensayos de granulometría y

graduación de los materiales. Esta figura 42 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 42: Curva Granulométrica de asfalto convencional de 1´



Elaborado por: Arreaga y Mora (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 aditivo (Urban Scent AR-95) al realizar el ensayo de 1 pulgadas. En la tabla 39, 40, 41, 42 y 43 se muestran los resultados de los porcentajes a utilizar.

Tabla 39: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 40: 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: Arreaga **y** Mora (2024)

Tabla 41: 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: Arreaga **y** Mora (2024)

Tabla 42: 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: Arreaga **y** Mora (2024)

Tabla 43: 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: Arreaga y Mora (2024)

Luego de realizar las briquetas se tiene que emplear el pesaje de las la 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 44, esta nos detalla cada uno de los pesos y datos obtenidos en el ensayo ya antes mencionado.

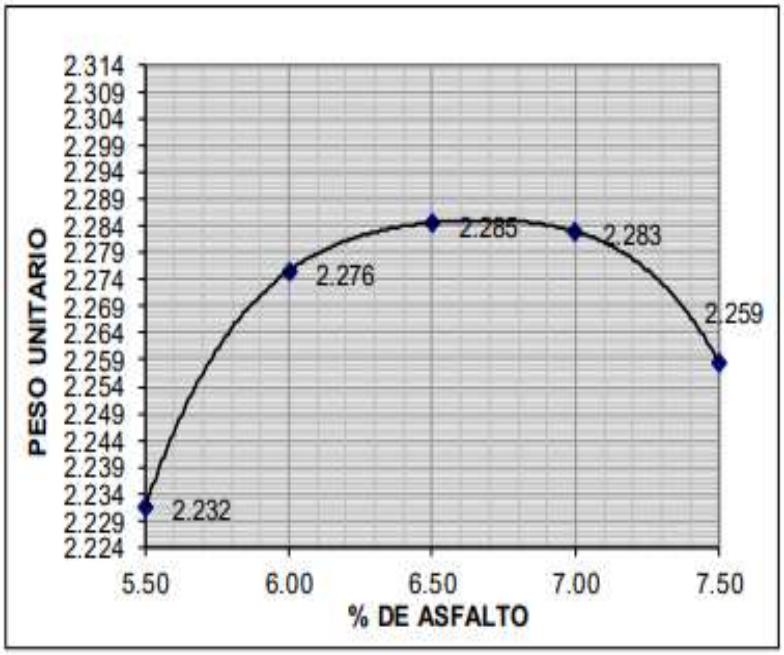
Tabla 44: Datos de los estudios de Marshal

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE	V.F.A. %	FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADOS	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO		CORRECCION	MEDIDA	CORREGIDA	0.01"
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)10^4}{i.h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{ap}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-h)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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: Arreaga y Mora (2024)

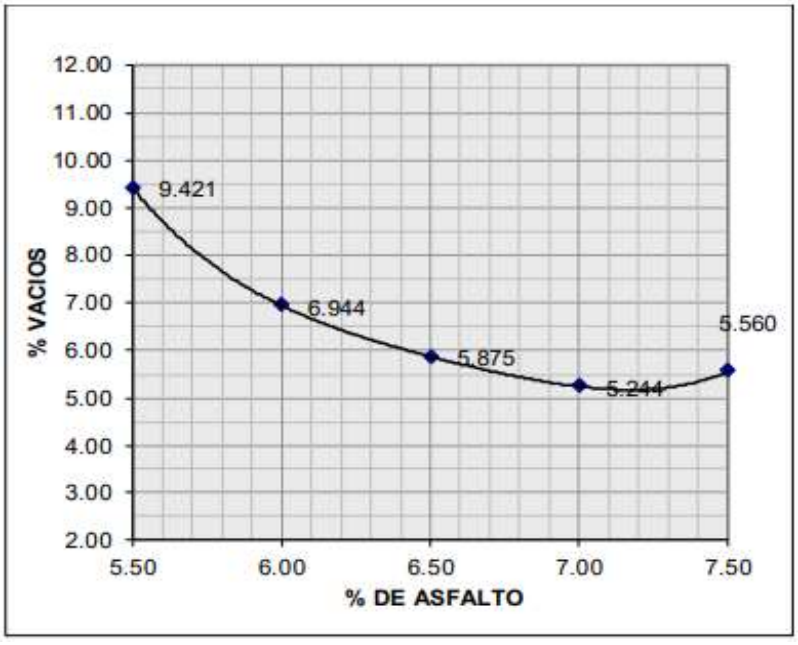
Para terminar con el ensayo de material convencional de 1´´ se concluye con cada una de las gráficas donde se permite visibilizar las variaciones que se tiene al utilizar variaciones en los porcentajes. En las figuras 43, 44, 45, 46, 47 y 48 se muestra a detalle los valores que se obtuvo en el ensayo de Marshall, peso en aire, en seco, baño María, entre otros.

Figura 43: Pesos unitarios de mezcla asfáltica convencional 1´´



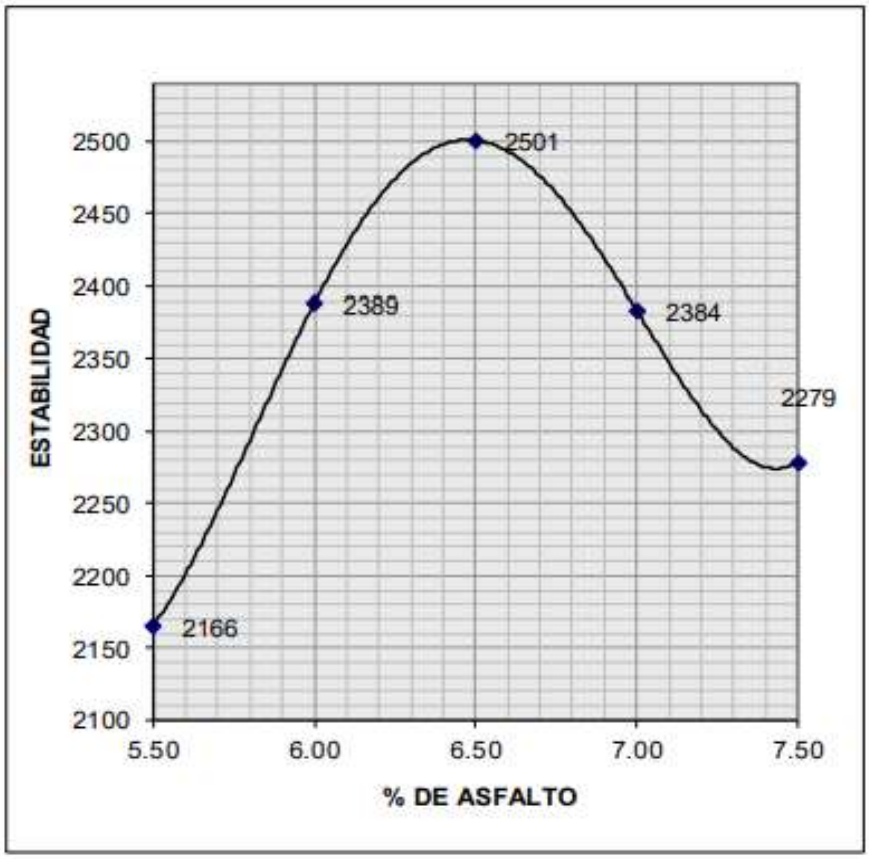
Elaborado por: Arreaga **y** Mora (2024)

Figura 44: Porcentajes de vacíos en mezcla convencional 1´´



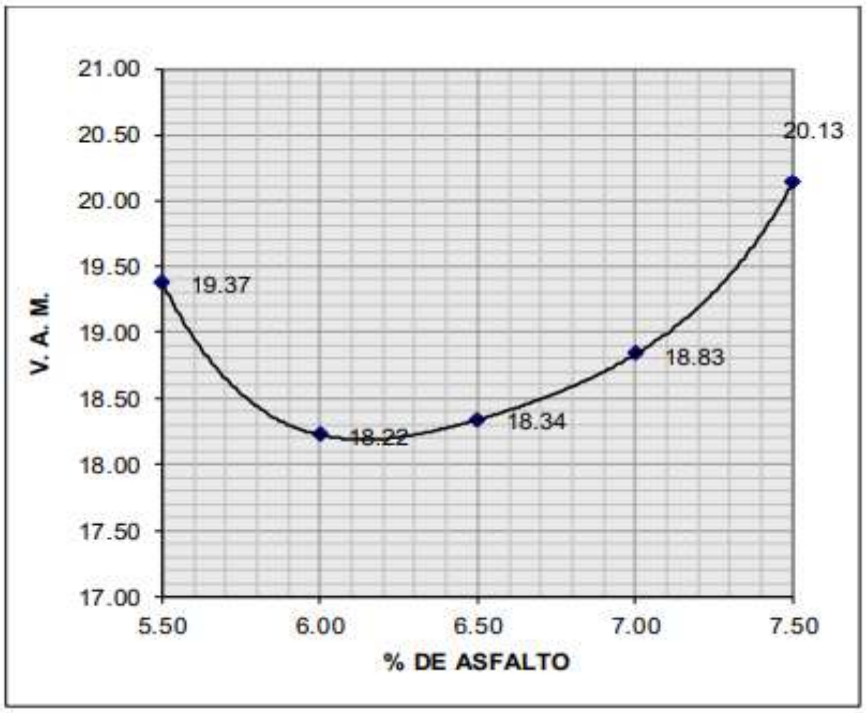
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 45: Estabilidad de Mezcla asfáltica convencional de 1´´



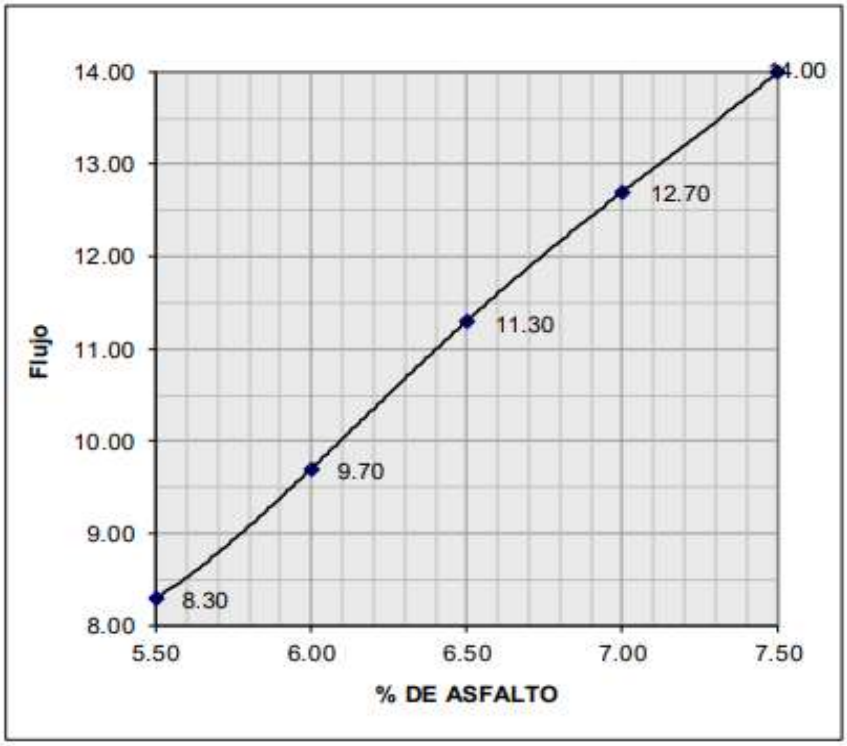
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 46: Vacíos en agregados minerales mezcla convencional 1´´



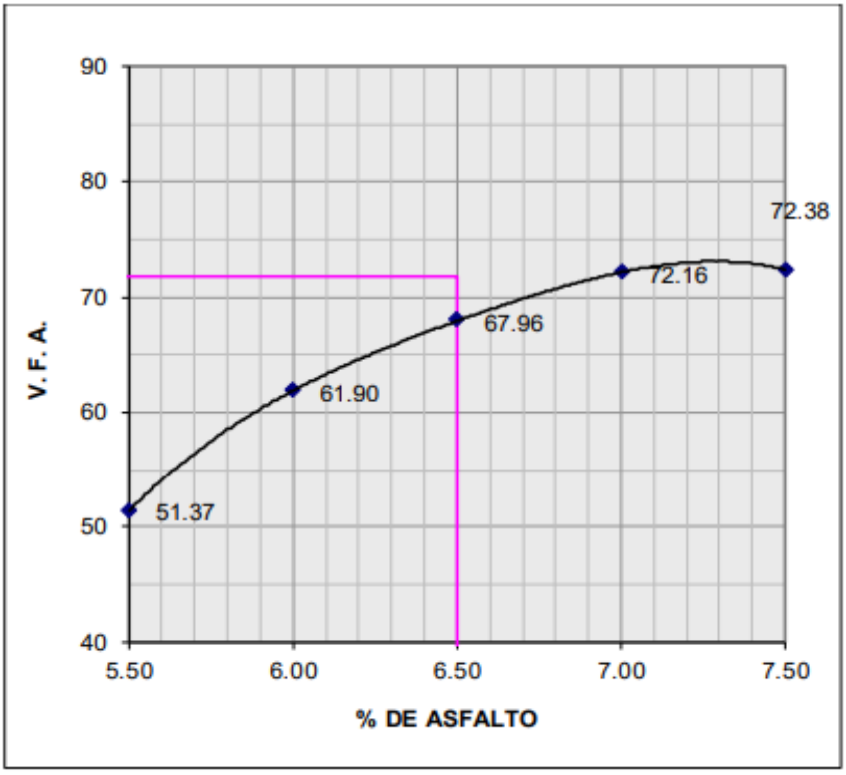
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 47: Flujo de mezcla asfáltica convencional de 1´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 48: V.F.A de la mezcla asfáltica convencional 1´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.9 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 ¾ y piedra de 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 varia 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 45, 46 y 47 se detalla el análisis de los 3 materiales utilizados en el diseño de 2 pulgadas.

Tabla 45: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 46: 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: Arreaga **y** Mora (2024)

Tabla 47: 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: Arreaga y Mora (2024)

Luego de tener cada una de las estadísticas adquiridas de las pruebas de los análisis granulométricos de cada uno de los materiales, se realiza la graduación de los materiales de la misma manera que se enseñó en la mezcla con aditivos. En las tablas 48 y 49 se detallan los datos que se tomó de referencia para la elaboración de las briquetas:

Tabla 48: 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: Arreaga y Mora (2024)

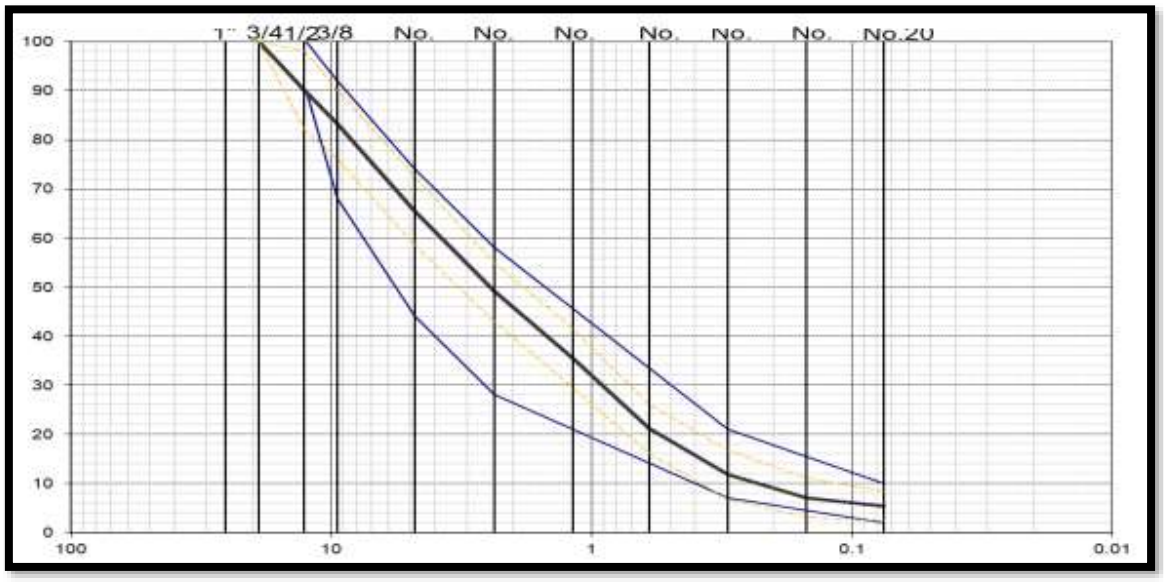
Tabla 49: Granulometría de los materiales

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: Arreaga y Mora (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 una de las estadísticas obtenidas de las pruebas de granulometría y graduación de los materiales. Esta figura 49 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 49: Curva granulométrica de los materiales



Elaborado por: Arreaga y Mora (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 50, 51, 52, 53, 54 se muestran los resultados de los porcentajes a utilizar.

Tabla 50: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 51: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 52: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 53: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 54: 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: Arreaga y Mora (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 55 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.

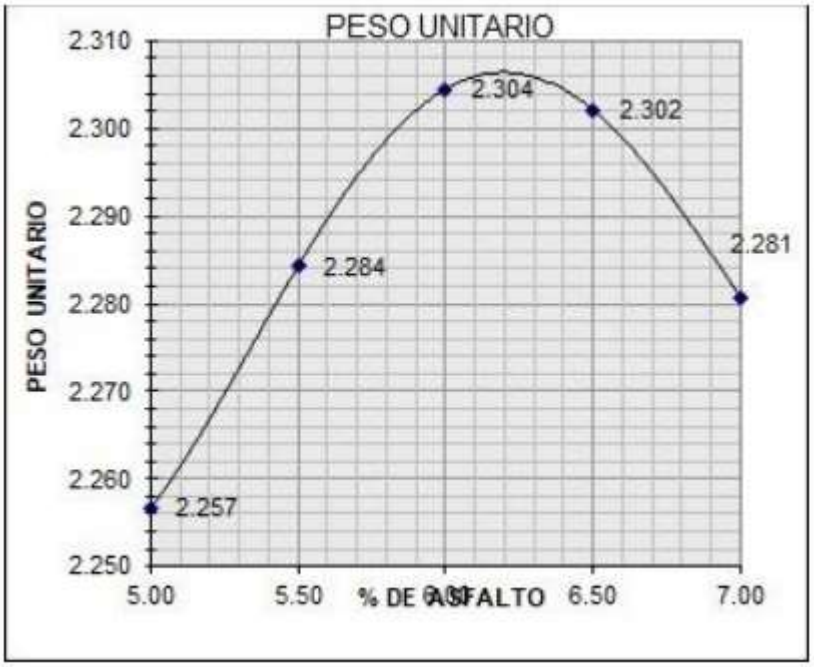
Para culminar, se detallan las figuras 50, 51, 52, 53, 54 Y 55 con sus análisis de los datos que se obtuvo en cada uno de los ensayos. Donde se logra visibilizar una variación con los estudios de las mezclas modificadas:

Tabla 55: Resultados de ensayos Marshall

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE	V.F.A. %	FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADO %	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO		CORRECCION	MEDIDA	CORREGIDA	0.01"
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(j-k)10^4}{s(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sb}}$	$\left(1-\frac{g}{t}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-b)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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**

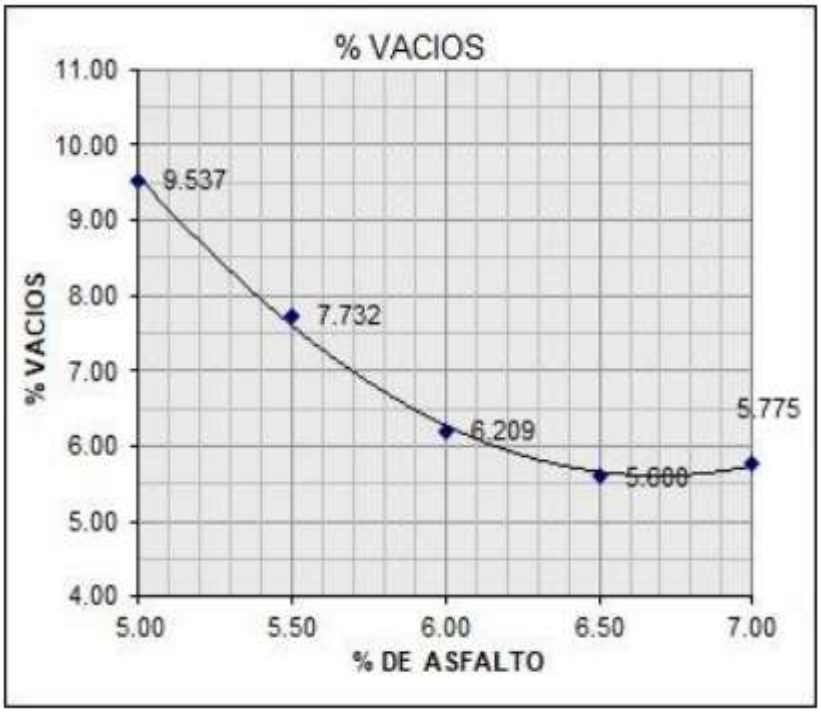
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 50: Peso unitario de mezcla convencional 2´´



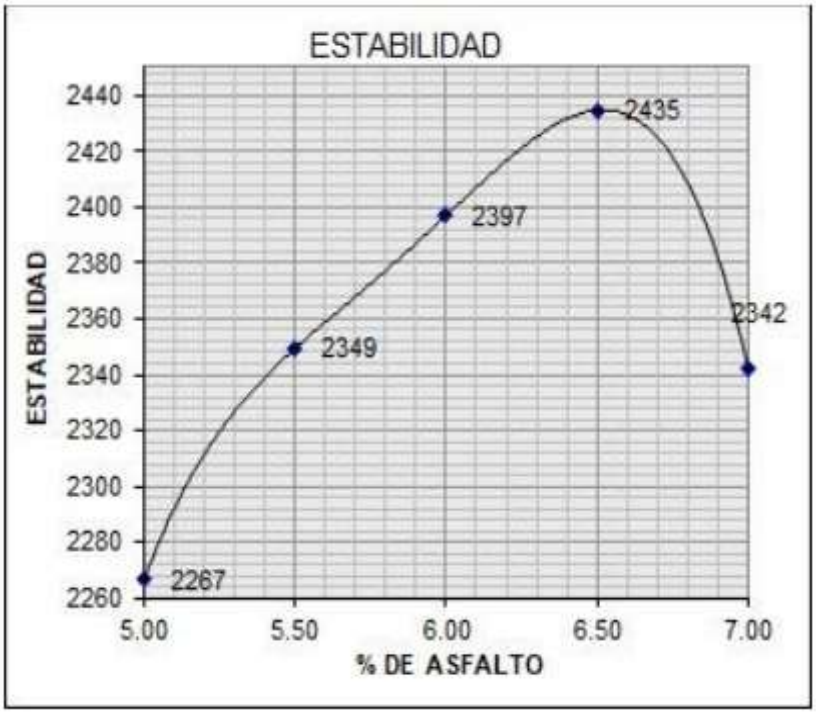
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 51: Porcentaje de vacíos de mezcla convencional 2´´



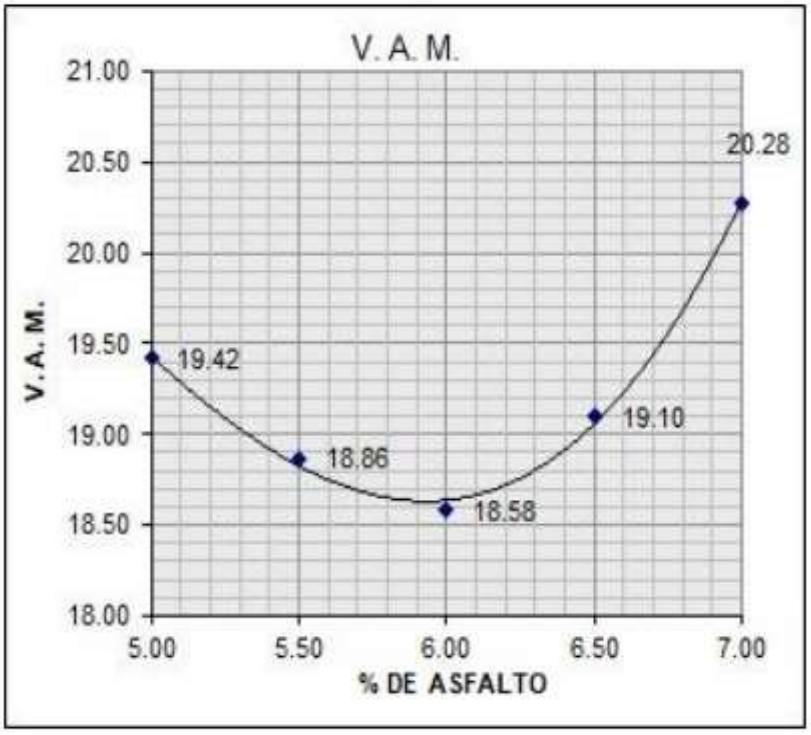
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 52: Estabilidad de mezcla convencional 2´´



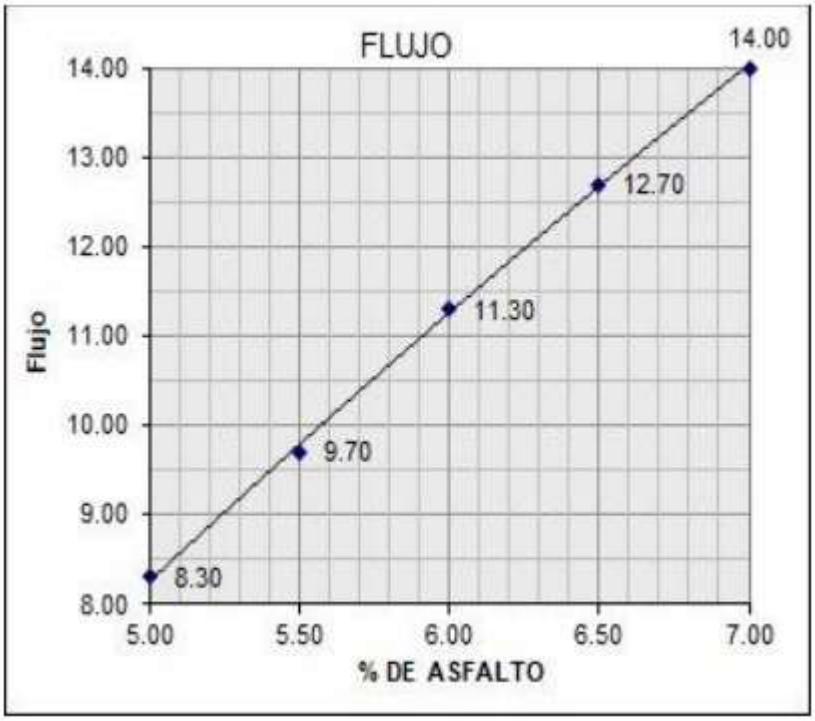
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 53: V.A.M de mezcla convencional 2´´



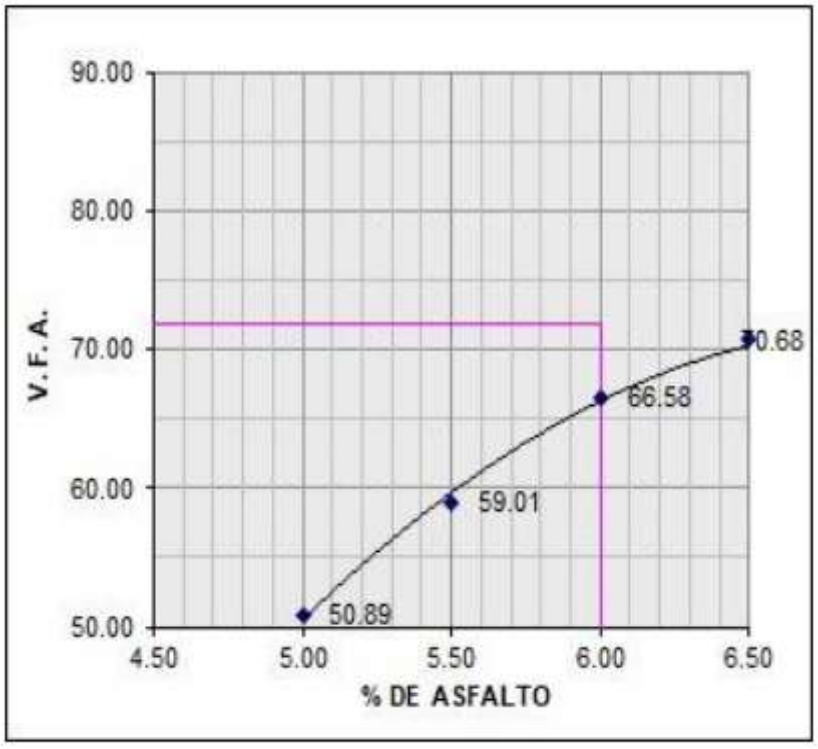
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 54: Flujo de mezcla convencional 2´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 55: V.A.F de mezcla asfáltica convencional 2´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.2.10 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 varia 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 56, 57, 58 se detalla el análisis de los 3 materiales utilizados en el diseño de 3 pulgadas.

Tabla 56: Análisis granulométrico de ¾ 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 57: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 58: 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: Arreaga y Mora (2024)

Luego de tener cada una de los estudios granulométricos de cada uno de los elementos se realiza la graduación de los materiales de la misma manera que se ensayó en la mezcla con aditivos. En las tablas 59 y 60 se detallan los datos que se tomó de referencia para la elaboración de las briquetas:

Tabla 59: 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: Arreaga y Mora (2024)

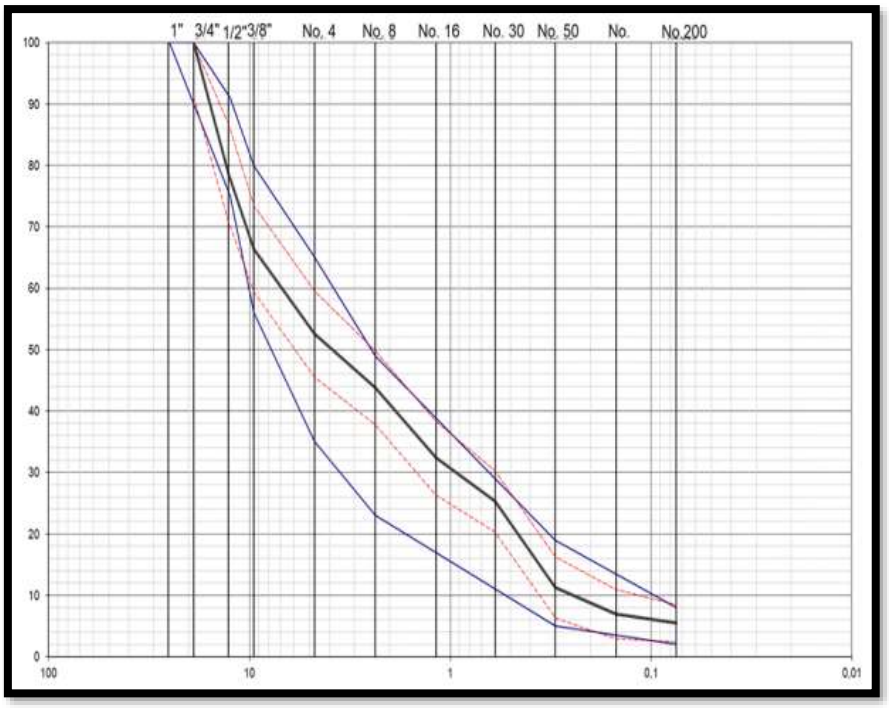
Tabla 60: Granulometría de los materiales

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: Arreaga y Mora (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 una de las estadísticas obtenidas de las pruebas de granulometría y graduación de los materiales. Esta figura 56 nos indica que los materiales a utilizar se encuentran dentro de un rango permisible.

Figura 56: Curva granulométrica de los materiales



Elaborado por: Arreaga y Mora (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 aditivo **Urban Scent AR-95,** al realizar el ensayo de 3 pulgadas. En la tabla 61, 62, 63, 64 y 65 se muestran los resultados de los porcentajes a utilizar.

Tabla 61: Briqueta de 3 pulgada con porcentaje de 4.5% en AC20

PORCENTAJE DE ELABORAR BRIQUETAS DE 3´´			
AGREGADO	**PORCENTAJE**	**R. INDIVIDUAL**	**R. ACUMULADO**
AC20	4,5	225	225
PIEDRA 3/8	40	1910	2135
PIEDRA ¾	34	1624	3759
A. NATURAL	26	1241	5000
TOTAL		5000	

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 62: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 63: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 64: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 65: 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: Arreaga y Mora (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.

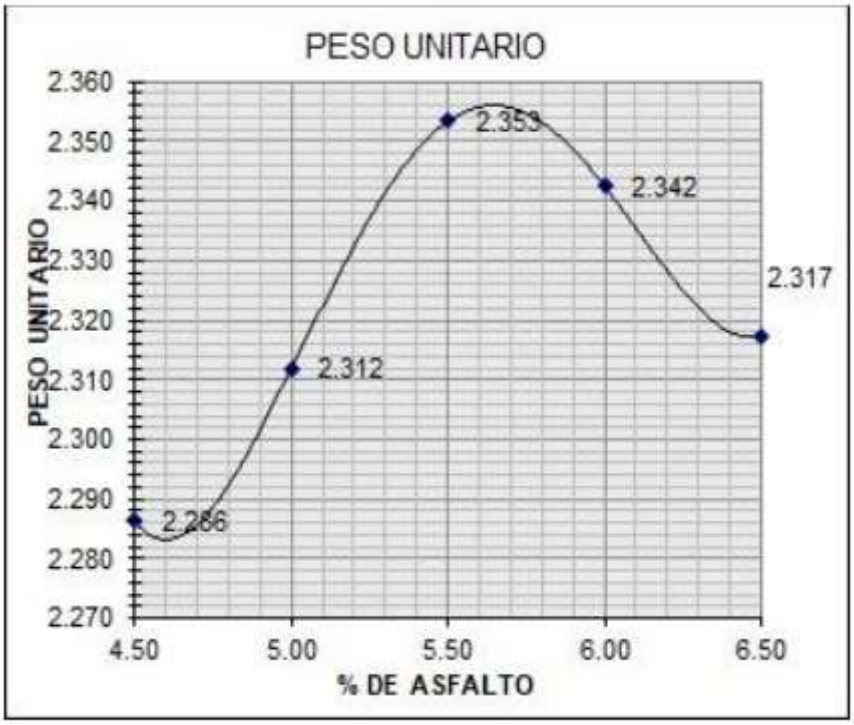
Una vez elaboradas las briquetas, se procede al estudio de sus propiedades. Para ello, se deben realizar los ensayos de Marshall y Bulk, cuyos resultados se presentan en la Tabla 66, donde se detallan los valores obtenidos en cada prueba. Además, las Figuras 57, 58, 59, 60, 61 y 62 resumen los ensayos de laboratorio, proporcionando un conocimiento clave sobre el impacto del material modificante. Se evidencia que este material contribuyó significativamente a la homogeneidad de la mezcla, mejorando sus propiedades y optimizando los resultados obtenidos.

Tabla 66: Datos de los estudios de Marshall mezcla convencional

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE	V.F.A. %	FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADO S	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO		CORRECCION	MEDIDA	CORREGIDA	0.01"
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(f-h)10^{*}}{i.a(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sa}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-h)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
1		1 264.0	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**

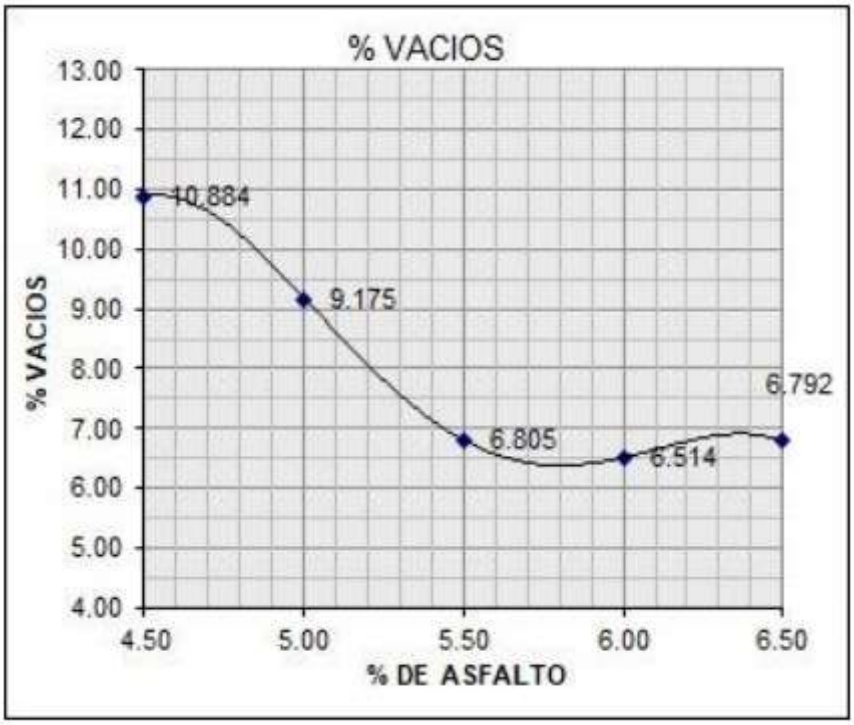
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 57: Peso unitario de mezcla convencional 3´´



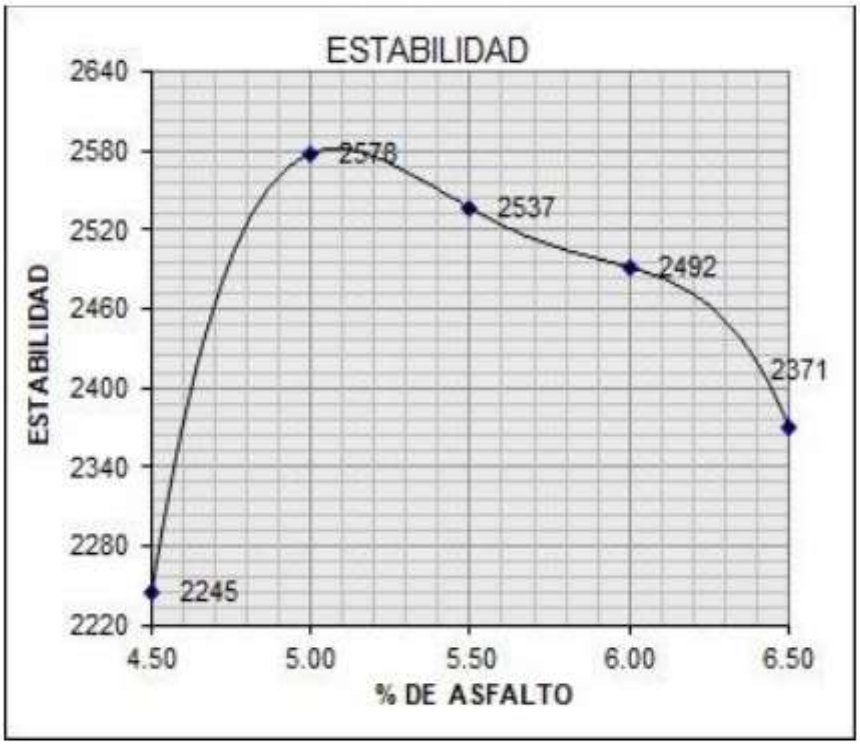
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 58: Porcentaje de vacíos mezcla convencional 3´´



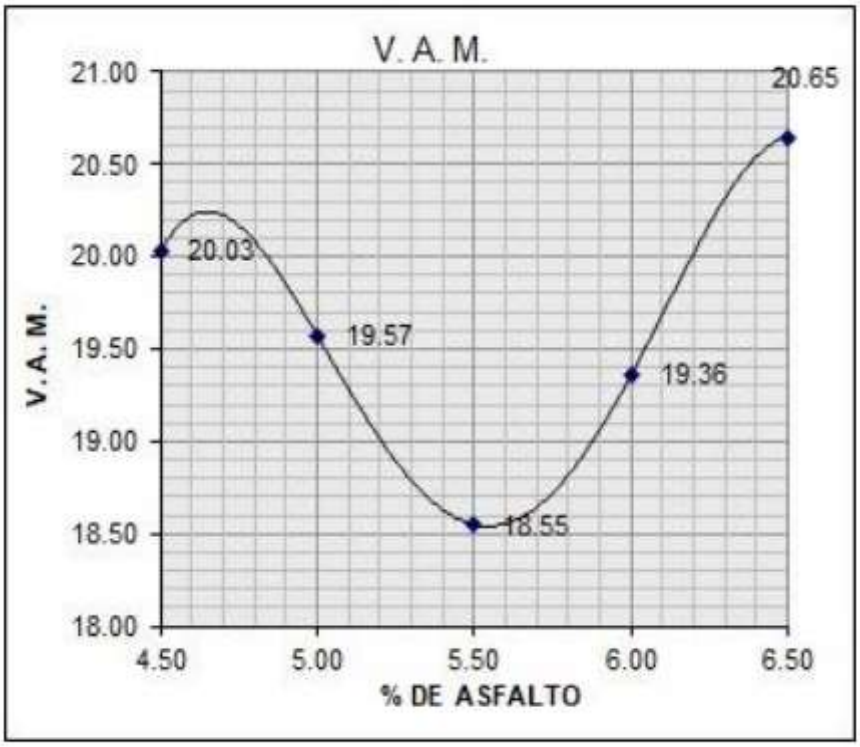
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 59: Estabilidad de mezcla asfáltica convencional 3´´



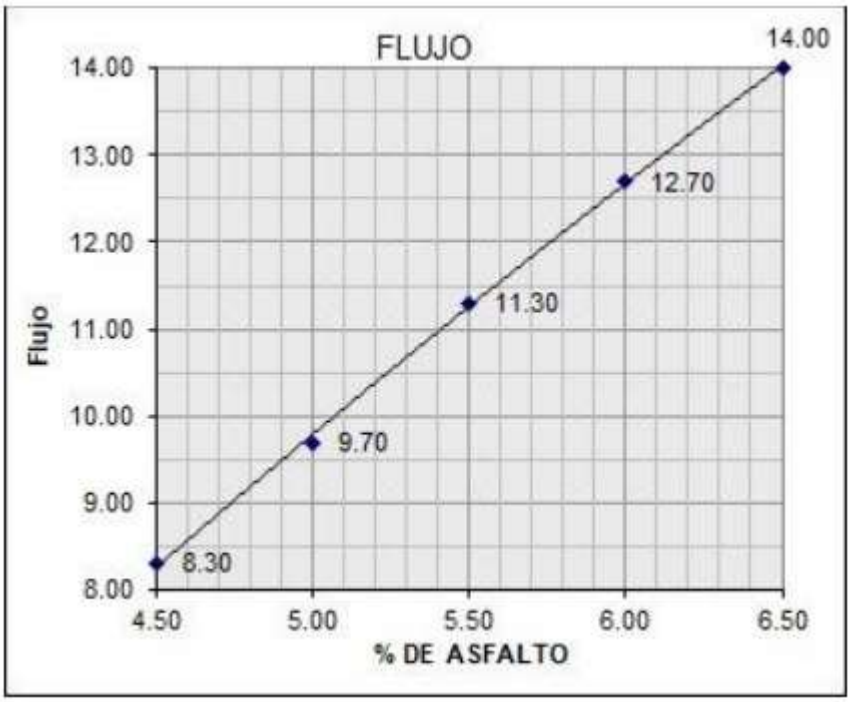
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 60: V.A.M de mezcla asfáltica convencional 3´´



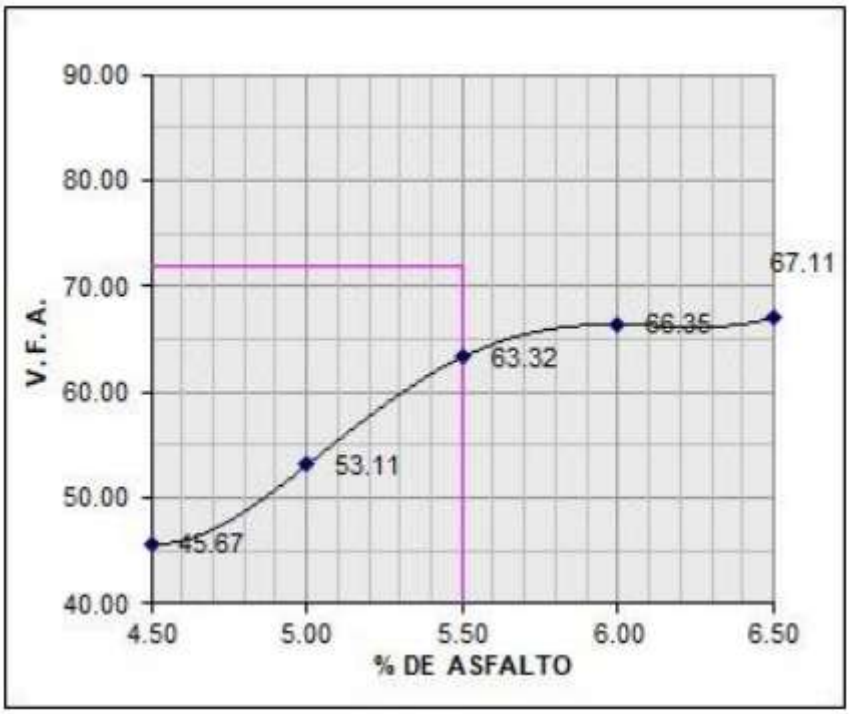
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 61: Flujo de mezcla asfáltica convencional 3´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 62: V.F.A de mezcla convencional 3´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

4.3 Análisis de los resultados

El análisis comparativo de la mezcla asfáltica con aditivo **Urban Scent AR-95** 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 aditivo 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 aditivo (**Urban Scent AR-95)** y mezcla asfáltica convencional.

La evaluación técnica de la mezcla asfáltica de 1´´ modificada con aditivo **Urban Scent AR-95**, 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 optimo 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 optimo que representa esta mezcla de 3 pulgadas es la que se elabora con 5,5% de aditivos más AC20. Por esta razón, se concluye que los porcentajes óptimos para la elaboración de la mezcla modificada con aditivo **Urban Scent AR-95** 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 67, 68 Y 69 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 67: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 68: 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: Arreaga y Mora (2024)

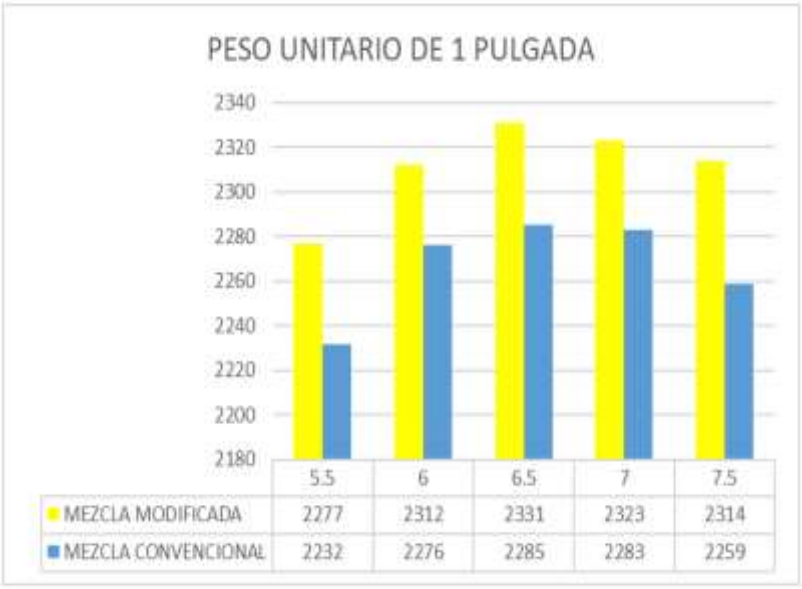
Tabla 69: Comparación de resultados de V.F.A

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: Arreaga y Mora (2024)

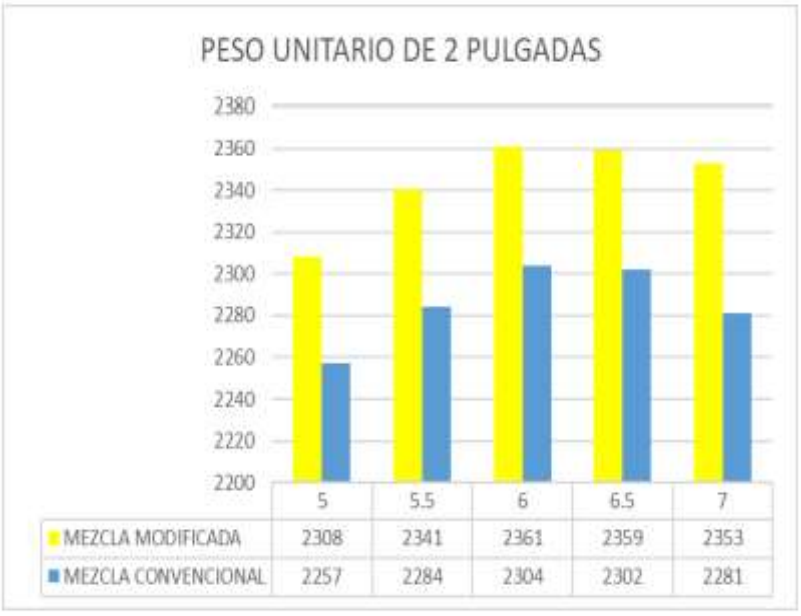
Para culminar con el análisis de los resultados con respecto a los ensayos en laboratorio se delimita las figuras 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71 que son la tabulación de los datos obtenidos de mezcla convencional y de la mezcla asfáltica modificada con aditivo Urban Scent AR-95 que están relacionadas con los resultados de peso unitario, estabilidad, V.A.M, V.F.A, porcentajes de vacíos.

Figura 63: Peso unitario de las mezclas 1´´



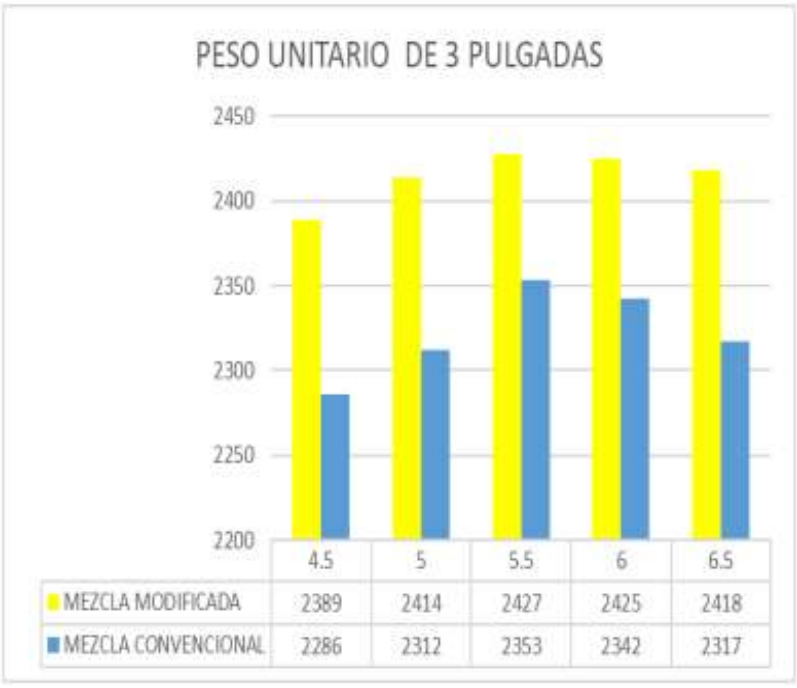
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 64: Peso unitario de las mezclas de 2´´



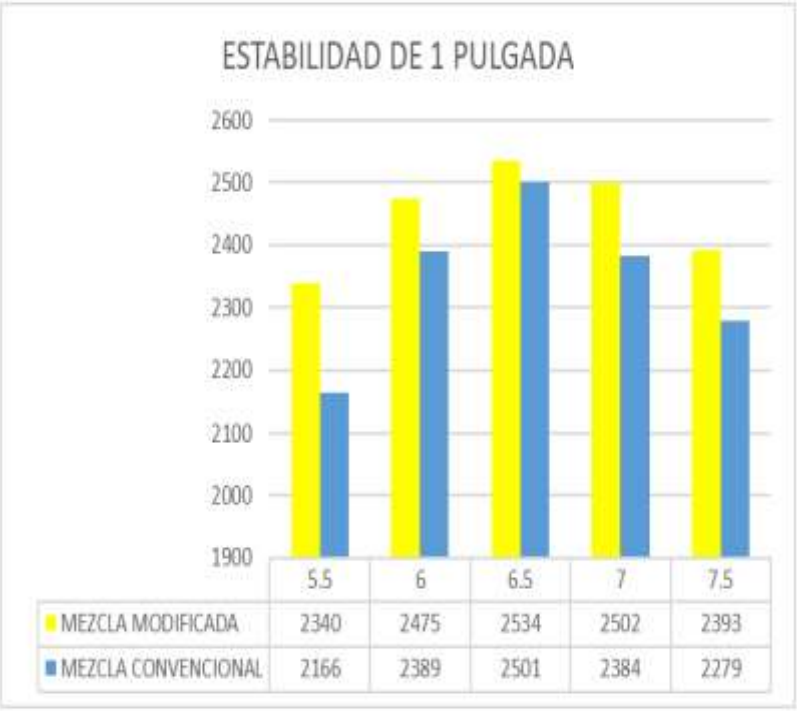
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 65: Peso unitario de las mezclas de 3´´



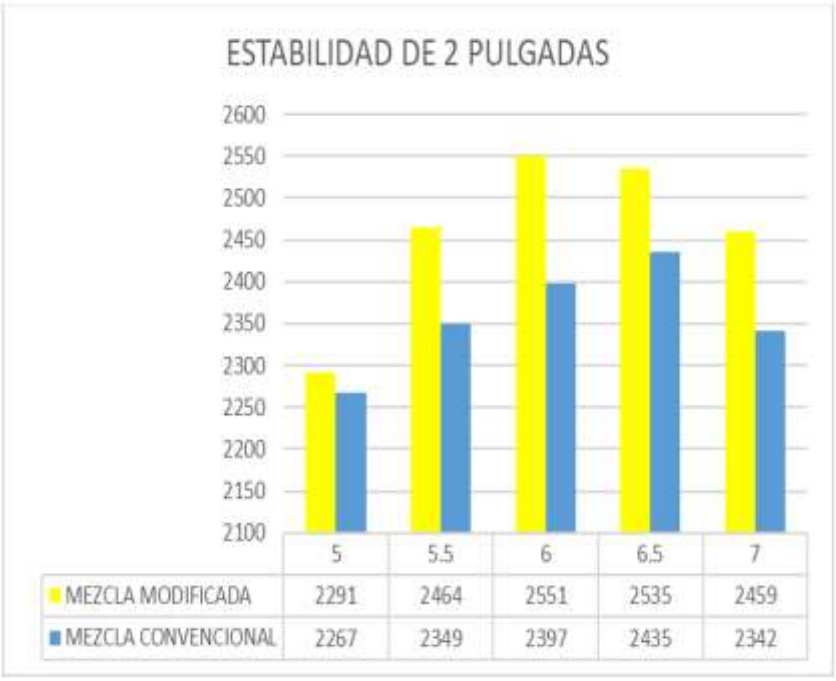
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 66: Estabilidad de las mezclas de 1”



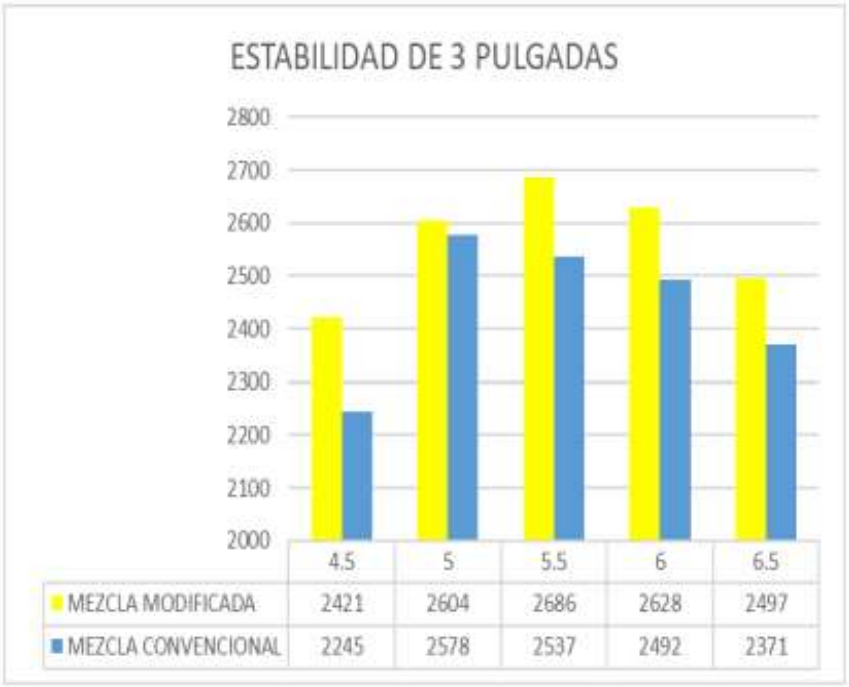
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 67: Estabilidad de las mezclas 2´´



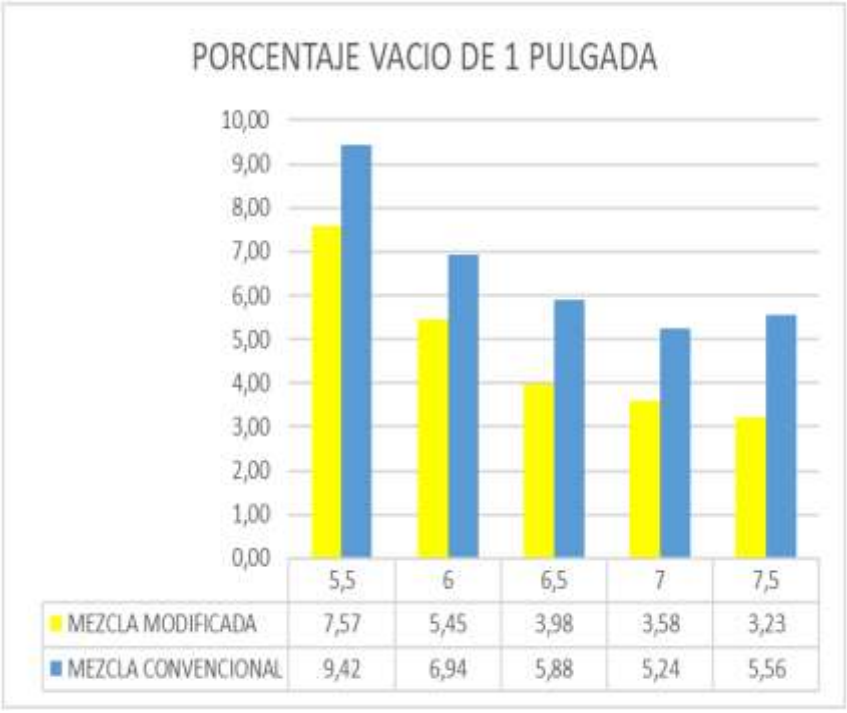
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 68: Estabilidad de las mezclas 3´´



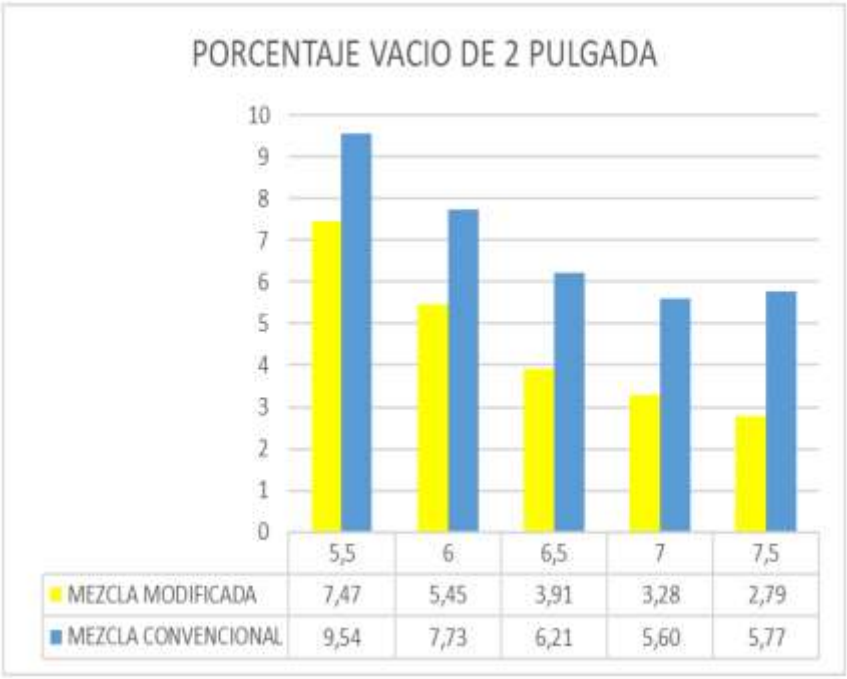
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 69: Porcentaje de vacío de las mezclas 1”



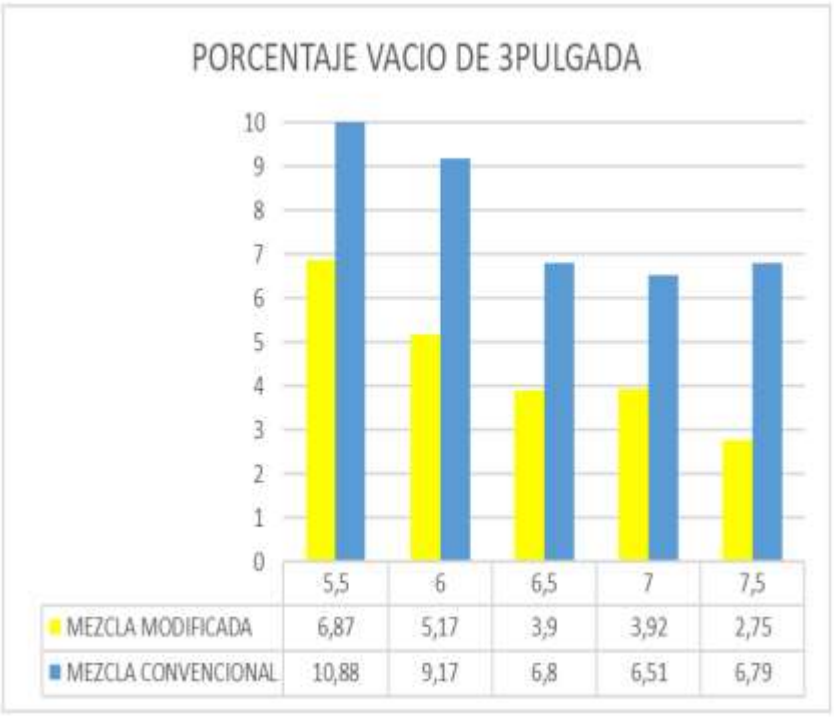
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 70: Porcentaje de vacío de las mezclas 2”



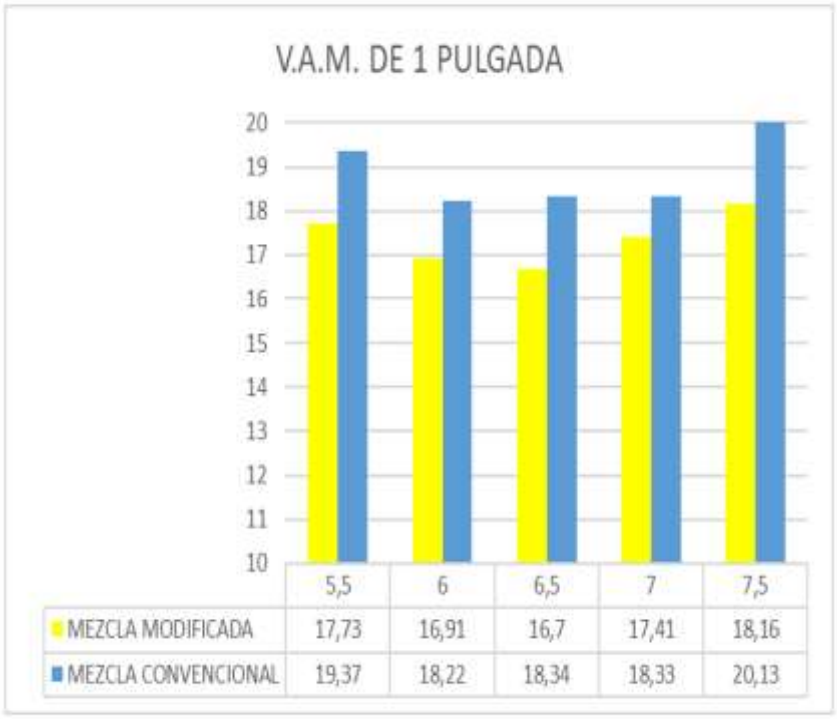
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 71: Porcentaje de vacío de las mezclas 3”



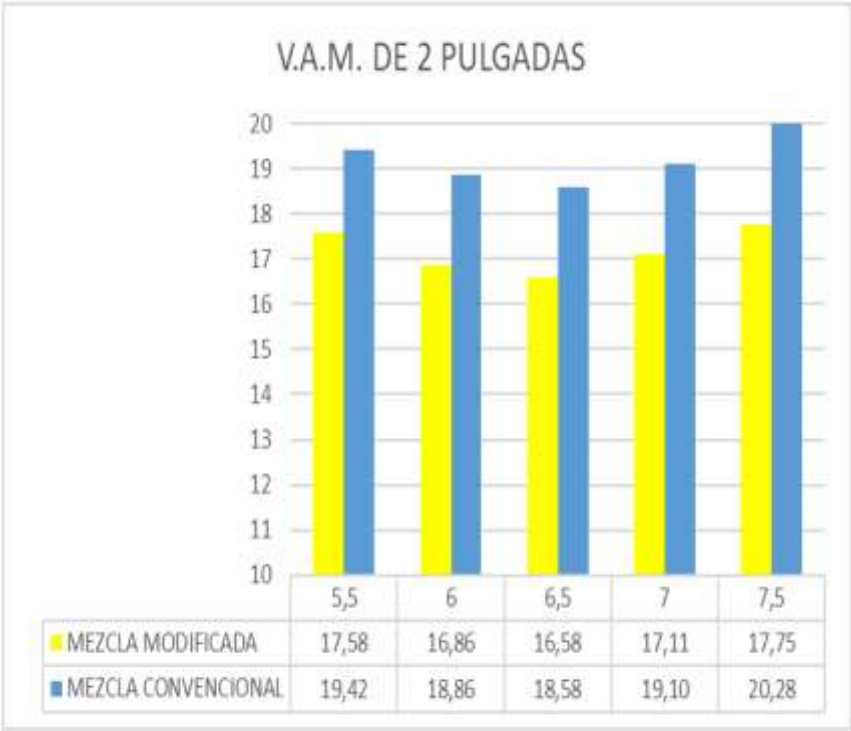
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 72: V.A.M. de las mezclas 1”



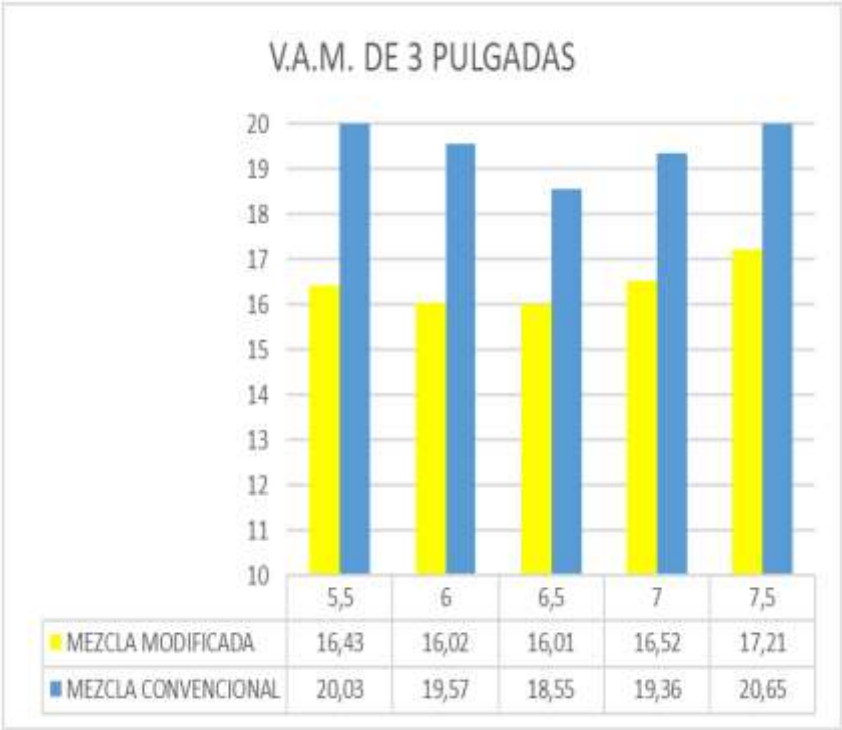
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 73: V.A.M. de las mezclas 2”



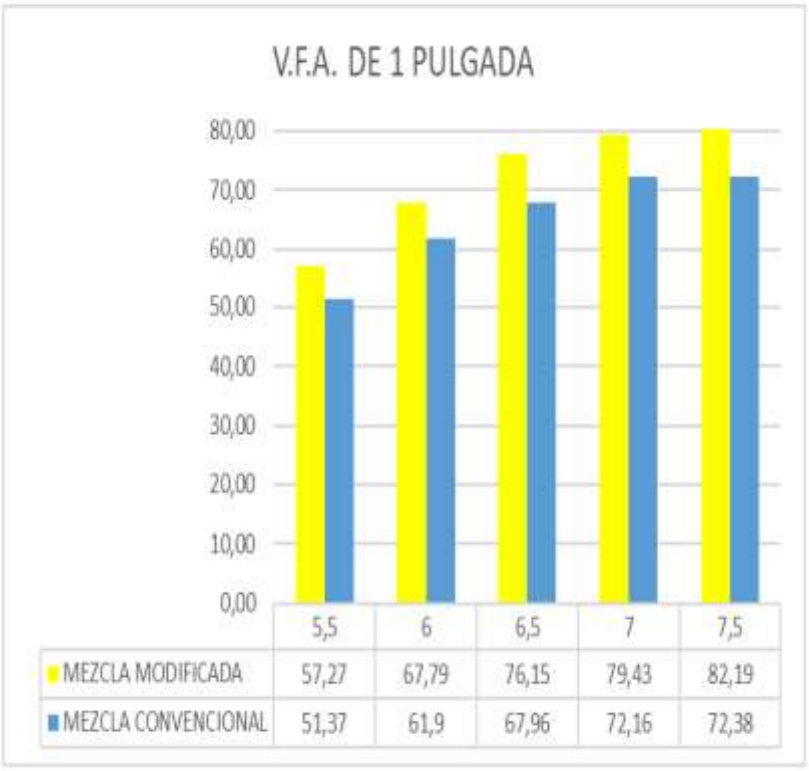
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 74: V.A.M. de las mezclas de 3”



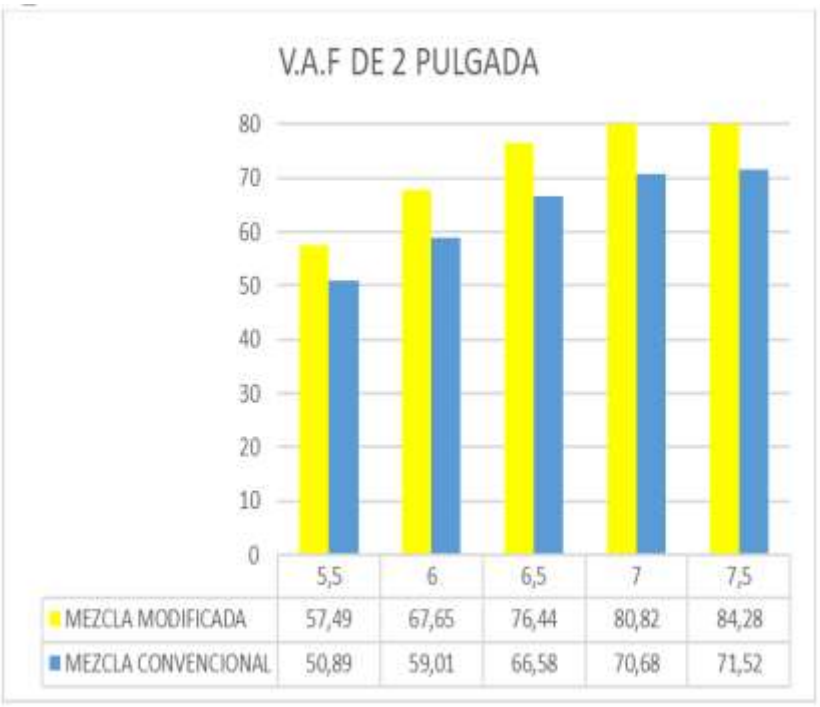
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 75: V.F.A de las mezclas 1”



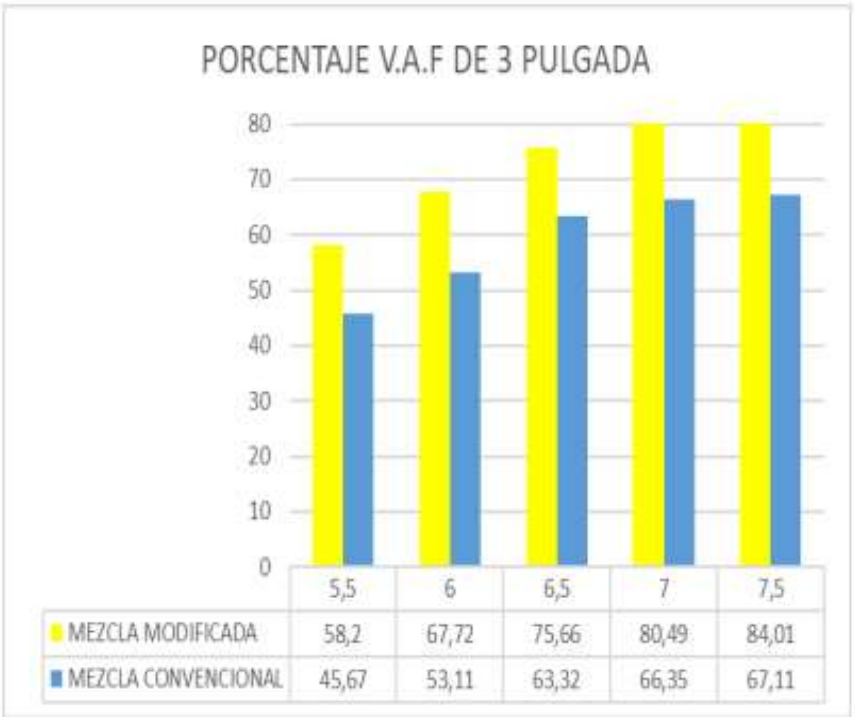
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 76: V.F.A de las mezclas 2”



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 77: V.F.A de las mezclas 3”



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Las gráficas muestran el resultado que la mezcla modificada con el aditivo estudiado 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

4.4.1 Estudio del Presupuesto

Económicamente, el uso de aditivo Urban Scent AR-95 conlleva una inversión inicial más alta debido al valor del mismo. 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 aditivo Urban Scent AR-95 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 aditivo Urban Scent AR-95 no solo contribuye a la sostenibilidad al medio ambiente en cuanto a contaminantes volátiles, 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 70, 71 y 72 análisis de los resultados con la mezcla modificada con aditivo Urban Scent AR-95:

Tabla 70: 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
AR-95	GL	4459,83	0,68	3032,68
ASFALTO AC-20	GL	14020.80	0.29	4066.03
DIESEL	GL	1575.00	1.75	2756.25
TOTAL, DE COSTO				11140,94

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 71: 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
AR-95	GL	7193,28	0,68	4891,43
ASFALTO AC-20	GL	28041.60	0.29	8061.96
DIESEL	GL	1575.00	1.75	2756.25
TOTAL, DE COSTO				17019,32

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 72: 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
AR-95	KG	8092,44	0,68	5502,86
ASFALTO AC-20	GL	42062.40	0.29	12092.94
DIESEL	GL	1575.00	1.75	2756.25
TOTAL, DE COSTO				22342,94

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

En las tablas 73, 74, 75 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 73: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 74: 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: Arreaga y Mora (2024)

Tabla 75: APU de mezcla asfáltica convencional de 3´´

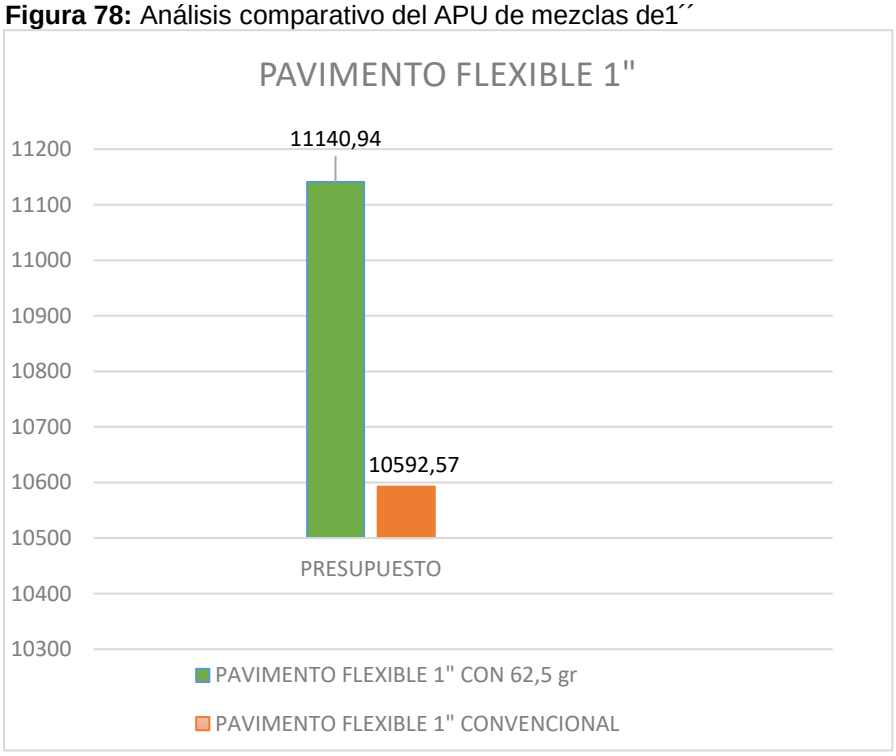
PAVIMENTO FLEXIBLE 3" CONVENCIONAL				
MATERIAL	UNIDAD	CANT.	P. UNITARIO	P. TOTAL
PIEDRA 3/4	M3	155.44	4.72	733.68
PIEDRA 3/8	M3	182.88	5.36	980.24
ARENA NATURAL	M3	118.87	2.33	276.97
ASFALTO AC-20	GL	57835.80	0.29	16627.79
DIESEL	GL	1575.00	1.75	2756.25
TOTAL, DE COSTO				21374.92

Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Cabe destacar que en las tablas se presenta un presupuesto basado en 1 km de vía con un ancho de 6 metros, delimitando cada espesor de capa y el porcentaje de densidad de cada material. Los resultados detallados en las imágenes 78, 79 y 80 muestran que la mezcla modificada o con aditivos implica un costo inicial más alto; sin embargo, a largo plazo, los materiales ofrecen una

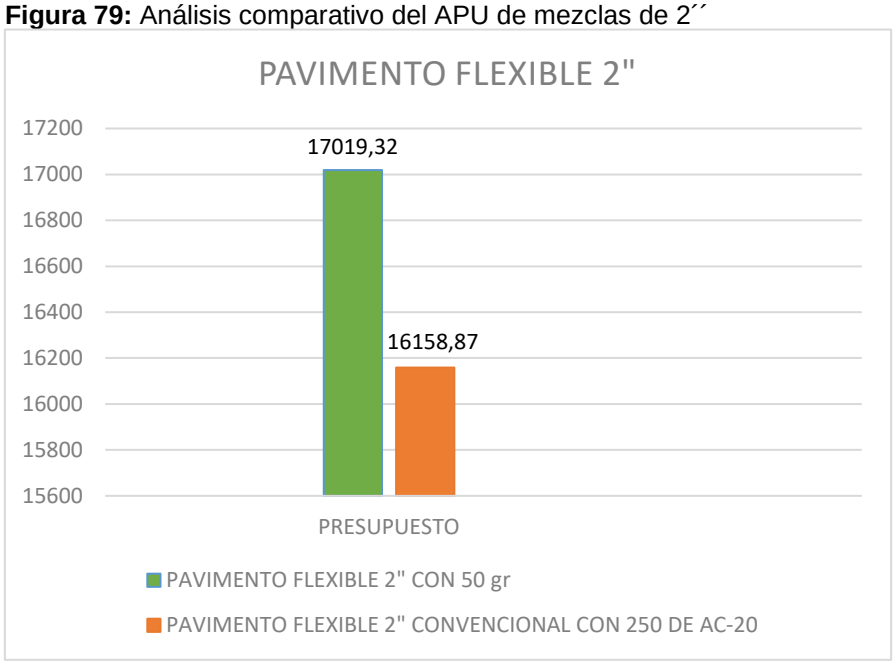
mayor resistencia, lo que reduce significativamente la necesidad de mantenimiento. Además, las imágenes siguientes evidencian que la diferencia de precio no es considerable, lo que convierte a estas mezclas en una opción viable, dado que los costos de mantenimiento suelen ser elevados.

Figura 78: Análisis comparativo del APU de mezclas de1´´



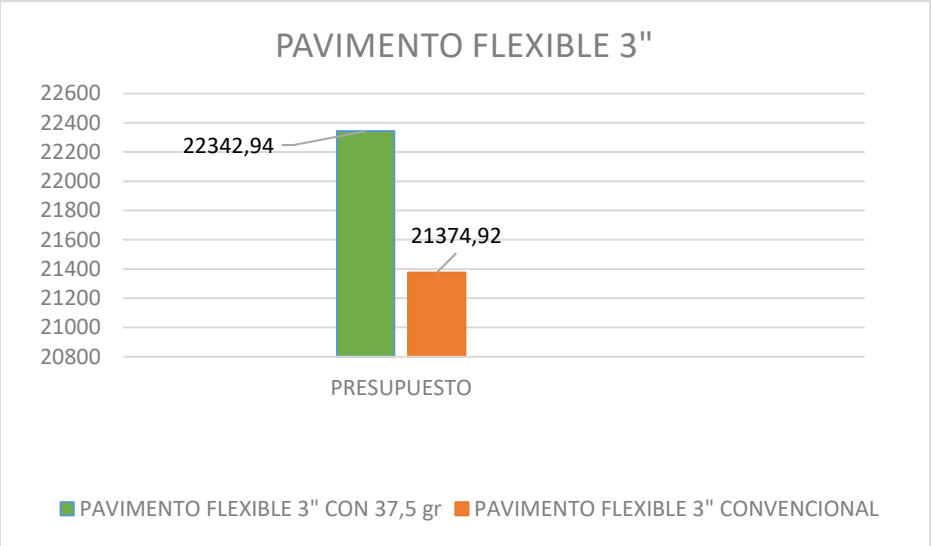
Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 79: Análisis comparativo del APU de mezclas de 2´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (2024)

Figura 80: Análisis comparativo del APU de mezclas de3´´



Elaborado por: Arreaga y Mora (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 el aditivo AR-95.

La mezcla asfáltica convencional de 1´´ 2´´ y 3´´, presenta resistencias menores, 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 comprometida debido a su menor resistencia al desgaste y a las deformaciones plásticas, lo que puede aumentar la inversión en su preservación a lo largo del tiempo. Las pruebas de flujo mediante el método Marshall, que evalúan la deformabilidad de la mezcla bajo carga, indican que las mezclas convencionales tienden a sufrir mayores deformaciones plásticas con el tiempo, lo que requiere intervenciones de reparación y mantenimiento más frecuentes. Como resultado, el costo total a largo plazo puede ser más elevado debido a los gastos recurrentes asociados con el mantenimiento y la restauración.

La mezcla asfáltica modificada, aunque implica un costo inicial más alto debido a la incorporación del aditivo Urban Scent AR-95, ofrece ventajas importantes en cuanto a durabilidad y desempeño. Las pruebas de Marshall evidencian una mayor estabilidad y menor flujo, lo que se traduce en una mejor resistencia a la deformación plástica, especialmente bajo tráfico pesado y altas temperaturas. Esta mayor estabilidad implica una menor necesidad de mantenimiento, lo que puede equilibrar el gasto inicial elevado y generar un retorno de inversión más favorable a largo plazo.

A pesar de requerir una inversión inicial mayor, la mezcla modificada podría resultar más rentable a lo largo del tiempo debido a su mayor resistencia y menor frecuencia de reparaciones. Las propiedades evaluadas, como la estabilidad y el flujo, reflejan su capacidad para resistir cargas y deformaciones, impactando directamente en los costos operativos futuros. Por ello, no solo debe considerar el costo inicial, sino también los beneficios funcionales y de preservación a largo plazo al elegir el tipo de mezcla asfáltica más adecuado.

CONCLUSIONES

En el análisis comparativo entre la mezcla asfáltica con el aditivo Urban Scent AR-95 y la mezcla asfáltica convencional, se observa que la mezcla modificada con el aditivo 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 aditivo para incrementar la cohesión y elasticidad de la mezcla, lo que puede traducirse en una mayor resistencia y menor demanda de conservación a lo largo de la vida útil de la carretera.

Aunque la mezcla asfáltica con aditivo Urban Scent AR-95 puede presentar un costo inicial más alto debido al costo del nuevo aditivo, 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 aditivo Urban Scent AR-95 destaca por su contribución positiva a 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 aditivo Urban Scent AR-95 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 el aditivo Urban Scent AR-95 y la mezcla asfáltica convencional, se recomienda enfocar la investigación en varios aspectos clave tales como laboratorio y dosificaciones. Primero, se debe realizar una evaluación exhaustiva utilizando el método Marshall para medir las características Perceptibles y dinámicas compuestas con el aditivo. 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 del aditivo con la mezcla AC-20, para optimizar su rendimiento.

En segundo lugar, es crucial determinar el porcentaje óptimo de aditivo Urban Scent AR-95 que maximice las propiedades deseadas de la mezcla asfáltica. Para ello, realiza una serie de experimentos variando las proporciones de aditivo 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, se recomienda llevar 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. Incluir estos hallazgos de manera clara, destacando cómo los costos y beneficios de la mezcla con aditivo 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

Abarca Jiménez, M. F., y Villegas Villegas, R. E. (31 de jul de 2021). *scielo.sa.cr*. (San Pedro de Montes de Oca) https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/iv.v23i42.45435

Aldas, M., Pavón, C., Acevedo, A., De La Rosa Ramírez, H., Valle, V., y Ribadeneira, A. (24 de may de 2024). *DINA*. https://doi.org/https://doi.org/10.6036/10097

Andrino González, A. P. (9 de ene de 2024). *Universidad Del Valle De Guatemala.* Retrieved 23 de mar de 25, from Evaluación técnica de un aditivo de ligantes bituminosos para mezclas: https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/5174/Tesis%20Entrega%20Final%20-%2019772.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Asfaltos Rada. (21 de oct de 2024). *asfaltos rada*. Retrieved 6 de feb de 2025, from Qué es el asfalto en caliente: https://asfaltosrada.com/durabilidad-del-asfalto-factores-clave-en-caliente/

Aysana Ucharima, A. R. (21 de jun de 2024). *Universidad Continental.* https://doi.org/https://hdl.handle.net/20.500.12394/14963

Baque Solis, B. S. (16 de abr de 2020). Evaluación de estado del pavimento flexible mediante el método de PCI de la Carretera Puerto-Aeropuerto (Tramo II). Manta. Provincia de Manabí. *Universidad de La Rioja, 6*(2), 26. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i2.1163

Betancourt Cardozo, F. (20 de ene de 2018). Evaluación de los cambios químicos que experimenta el asfalto durante el proceso de envejecimiento a corto plazo y su relación con algunas propiedades físico-mecánicas. *Tesis*. Retrieved 21 de mar de 2025, from https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69084

Bitafal. (28 de may de 2020). *Bitafal*. Retrieved 23 de mar de 2025, from Asfalto: https://bitafal.com.uy/asfalto/

Bobadilla Peña, J. R., Tesen Muñoz, F. L., Tigre Acosta, J. J., y Muñoz Pérez, S. P. (2022). Uso de polímeros en asfalto: una revisión. *Gaceta Técnica, 23*(1), 94-109. https://doi.org/https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.7

Camarena Elguera, L. A. (30 de may de 2024). *Universidad Nacional Del Centro Del Perú.* Retrieved 18 de feb de 2025, from Estructura Mixta De Carpeta Con Asfalto Convencional Y Cabecera Con Asfalto Sintético Pigmentado Aplicado A Vías De Alto Tráfico: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/11496/T010_73860217_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chávez Zúñiga, M. d. (2021). Propuesta de mezclas asfálticas modificadas para optimización de procesos de pavimentación en proyectos de carreteras con pavimentos de alto

tránsito. *Tesis de Maestría*. Perú: Universidad tecnológica de Perú. https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/4775

Construccion Top. (2023). *Construccion Top*. Retrieved 21 de mar de 2025, from Asfalto: Propiedades, Usos y Ventajas en la Construcción: https://construcciontop.com/asfalto-construccion/

Construneic. (13 de may de 2024). *Construneic*. Retrieved 21 de mar de 2025, from Pavimento Flexible que es? Tipos, Ventajas – Guia 2024: https://construneic.com/pavimentos/pavimento-flexible/

Garnica, P., Gómez, J. A., y Delgado, H. (15 de may de 2023). *Gobierno de México*. Retrieved 21 de mar de 2025, from Algunos aspectos de la densificación de mezclas asfálticas con el compactador giratorio: https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=270&IdBoletin=90#:~:text=Para%20determinar%20la%20viscosidad%2C%20la,temperatura%20de%20135%C2%B0C.

Huamán Guerrero, N. W. (2011). *Library.* Retrieved 21 de mar de 2025, from La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú: https://1library.co/document/z126wley-deformacion-permanente-mezclas-asfalticas-consecuente-deterioro-pavimentos-asfalticos.html

León Torres, P. J., Maila Paucar, J. H., y Albuja Córdova, E. W. (jun de 2020). Influencia de aditivos (polímeros y polialuminio) en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 9*(1), 60-71. https://doi.org/https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.1931

Mendoza Torres, A. L. (02 de oct de 2021). *scribd*. Retrieved 23 de mar de 2025, from Aplanados de Cemento Cal Arena: https://es.scribd.com/document/529251623/Aplanados-de-Cemento-Cal-Arena

Montes de Oca Hidalgo, M. P., Sequeira Rojas, W., Ávila Esquivel, T., y Aguiar Moya, J. P. (30 de jul de 2021). Evaluación del desempeño de los pavimentos rígidos en Costa Rica. *Infraestructura Vial, 23*(42), 53-60. https://doi.org/https://doi.org/10.15517/iv.v23i42.46947

Mora Valverde, M. K., Aguiar Moya, J. P., Jiménez Acuña, M., y Sequeira Rojas, W. (01 de ene de 2021). *scielo*. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.15517/iv.v23i41.44420

Municipal de Guayaquil. (23 de nov de 2023). *Municipal de Guayaquil*. Retrieved 21 de mar de 2025, from Más de 13.700 metros cúbicos de asfalto se utilizaron para reparar 22 kilómetros de calles del norte de Guayaquil: https://guayaquil.gob.ec/metros-cubicos-asfalto-utilizaron-reparar-kilometros-calles-norte-guayaquil/

Paredes Cuba, D. E., Paredes Cuba, N. J., y Urteaga Toro, M. R. (18 de jun de 2022). *UniversidadPrivada delNorte(UPN).* Retrieved 23 de mar de 2025, from LACCEI International Multi-Conference forEngineering, Education, and Technology: https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP56.pdf

Raffo Suclupe, C. L., y Calva Herrera, L. O. (3 de nov de 2023). Evaluación físico-mecánica de las mezclas asfálticas mediante la adición de aceite reciclado de motor. *Infraestructura Vial, 25*(44), 1-10. https://doi.org/https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.55868

Rodríguez Moreno, M. A., y López Pérez, F. (2020). *Universidad de Medellín.* Retrieved 25 de mar de 2025, from Innovación y sostenibilidad en la infraestructura vial: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/94476816/Pavimentos-libre.pdf?1668802500=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DIngenieria_de_pavimentos_Innovacion_y_so.pdf&Expires=1743377776&Signature=MTEzGTyE~DK9i3CtahIAOTtbm3-nkwCJStl7H6Q6ILuKt7pp4b1

Romadhon, F., Iwan Candra, A., Karisma, D. A., Heri Nastotok, M., Kurnia Dewanta, R., y Wicaksono, H. (6 de dic de 2021). Increasing the Stability of Asphalt Concrete Mixture Using Crumb Rubber. *E3S Web Conf., 328*(10002), 5. https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132810002

Rondón Mogollón, J. M. (2021). Envejecimiento de los asfaltos y mezclas asfálticas: revisión teórica. *Monografía*. Universidad Santo Tomás. Retrieved 21 de mar de 2025, from https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/8118ea50-6904-4c6d-a2ee-5c5309c87282/content

ANEXOS

Anexo 1: Materiales pétreos

Anexo 2: Peso de Piedra3/8

Anexo 3: Peso de Piedra ¾

Anexo 4: Peso de Arena Natural

Anexo 5: Proceso de Tamizado

Anexo 6: Medidas de Tamizado

Anexo 7: Proceso de Tamizadora agitadora

Anexo 8: Calentamiento de los agregados pétreos y el Ac20

Anexo 9: Integración del Aditivo AR-95

Anexo 10: Integración de los agregados pétreo, AC20, AR-95

Anexo 11: Homogeneidad de la mezcla

Anexo 12: Verificación de temperatura

Anexo 13: Compactación de mezcla

Anexo 14: Briquetas de mezclas asfálticas

Anexo 15: Pesaje de briquetas

Anexo 16: Ensayo de Marshall briqueta de1”

Anexo 17: Ensayo de Marshall briqueta de 2”

Anexo 18: Ensayo de Marshall briqueta de 3”

Anexo 19: Muestras de ensayos

Anexo 20: Cantera

Anexo 21: Cantera Trituradora De Material Pétreo

Anexo 22: Material pétreo

Anexo 23: Diseño de capa rodadura mezcla asfáltica modificada de 1´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO: *DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA*

SOLICITADO POR: *SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA*

DESCRIPCIÓN: *EVALUACIÓN DE UN ASFALTO MODIFICADO CON ADITIVO PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICA Y DE DESEMPEÑO.*

FECHA: *10 de diciembre 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			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

		Especificaciones	
Propiedad	**Valor Obtenido**	**Mínimo**	**Máximo**
Vacíos (%)	**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/Betún		**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 24: Análisis granulométrico agregado medio

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

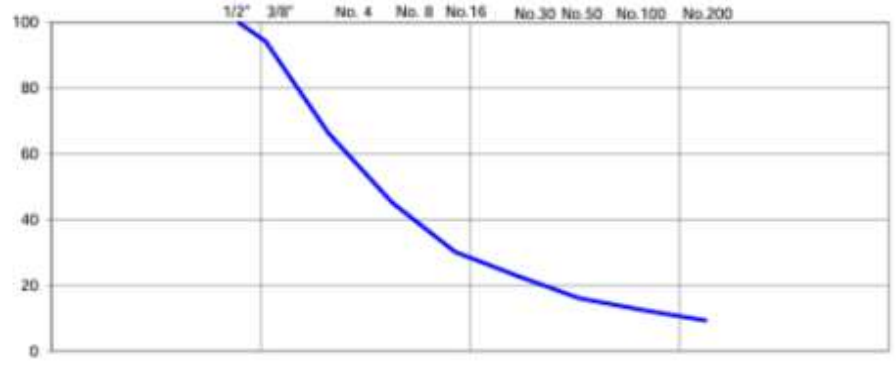
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: AGREGADO MEDIO (Agregado ´´3/8´´)
FECHA: 11/12/2024

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%



Anexo 25: Análisis Granulométrico Arena Natural

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

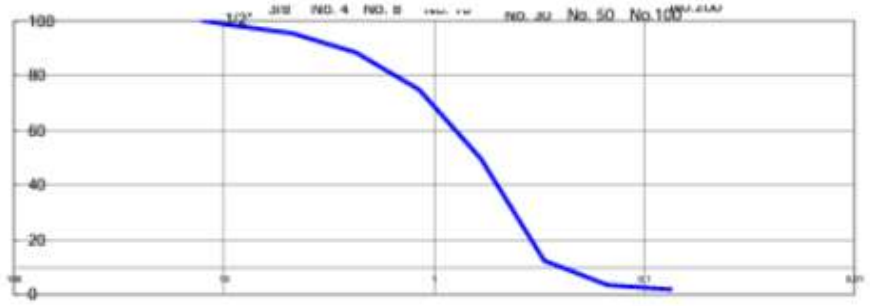
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: ARENA NATURAL
FECHA: 11/12/2024

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%



Anexo 26: Graduación Combinada para mezclas

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

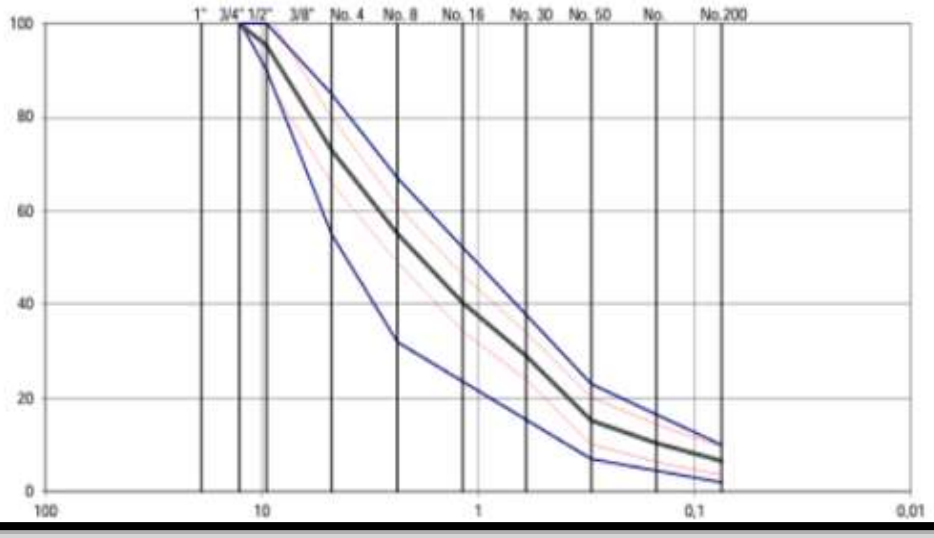
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

PROYECTO:	MEZCLA ASFÁLTICA T/N	15/12/2024
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	3/8´´	

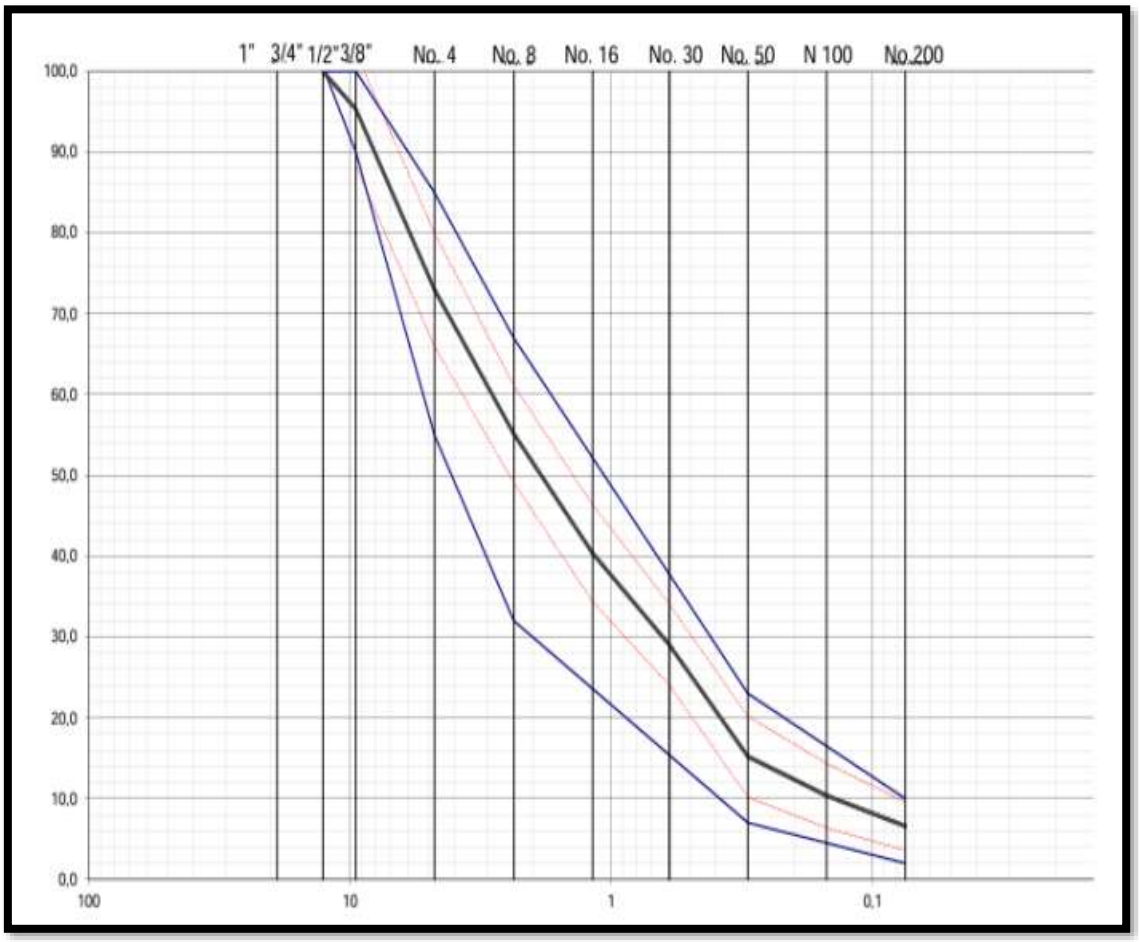
Agregado	Cantera	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/8"		100	94,4	66,3	45,2	30,1	22,9	16,0	12,4	9,2
A. Natural		100	98,4	95,4	88,4	74,8	49,6	12,5	3,6	2,0
Especificaciones Deseadas 2002		100	90-100	55-85	32-67			7-23		2-10

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



Anexo 27: Curva granulométrica de la Mezcla



Anexo 28: Gravedades especificas agregado medio

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: AGREGADO MEDIO (Agregado ´´3/8´´)
FECHA: 12/12/2024

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%**

Anexo 29: Gravedades específicas de arena natural

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: ARENA NATURAL
FECHA: 12/12/2024

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%**

Anexo 30: Gravedad especifica mezcla asfáltica RICE

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFIFCA MEZCLA ASFÁLTICA RICE

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA

FECHA: 12/12/2024

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

$$100 \times \frac{2,688 - 2,616}{2,688 \times 2,616} \times 1.014 = 1,04\%$$

GRAVEDAD APARENTE

$$\frac{100}{\frac{65,0}{2,709} + \frac{23,0}{2,703}} = 3,077$$

Anexo 31: Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall

Inductroc

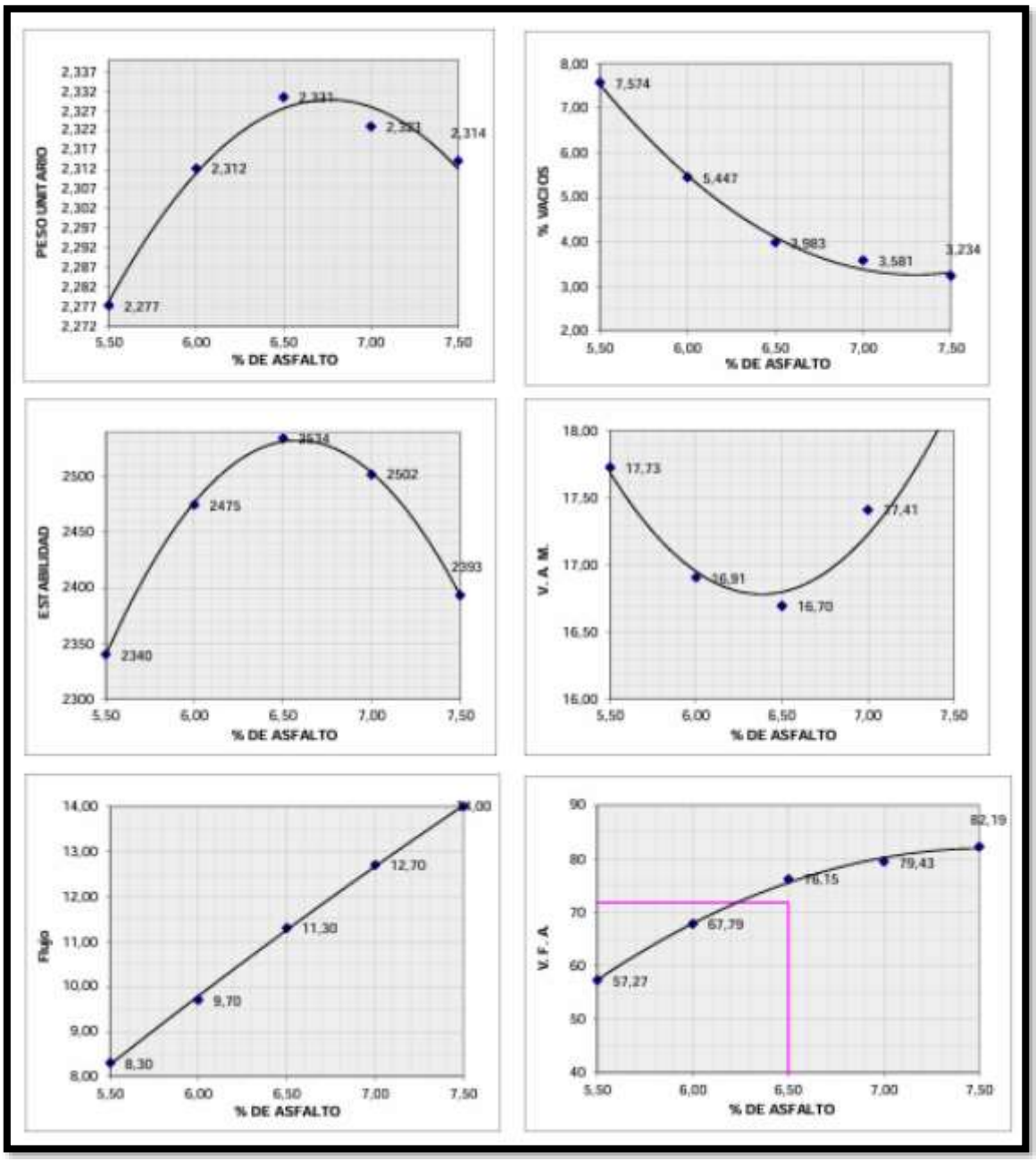
Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

PROYECTO:	USO:
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	GRADO CEMENTO ASFALTICO AC-20
CONTRATISTA:	FECHA REPORTE:
SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA	13/12/24

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE		FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADO S	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO	V.F.A. %	CORRECCIO N	MEDIDA	CORREGID A	0.01"
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)10^4}{i.h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sp}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-h)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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**

Anexo 32: Gráficas de las propiedades en mezcla asfáltica modificada de 1´´



Anexo 33: Diseño de capa de rodadura de 2´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA

DESCRIPCIÓN: ANALISIS DE MEZCLA ASFALTICA CON ADITIVO AR-95.

FECHA: 18 de diciembre de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 1/2" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

Áagregado 3/4"	**16%**	***e=2"***
Áridos Chispa	**44%**	
Arena Natural	**40%**	

B) Granulometria de Agregados — **6,10%** — **ASFALTO AC-20**

	Tamices	% Pasante	Faja de Control			Especif. Tipo B
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 Minimo	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 Dieño.
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 34: Análisis Granulométrico agregado 3/8

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"**
MATERIAL:	**AGREGADO 3/8´´-CHISPA**
FECHA:	**13/12/2024**

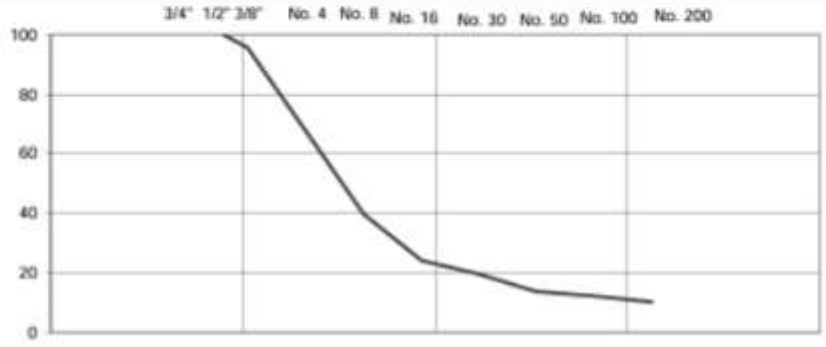
TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"	0.0	0.0	100	
1/2"	0.0	0.0	100	
3/8"	111.0	4.5	95.5	
No. 4	800.0	32.2	67.8	
Pasa el No. 4				
No. 8	1.500.0	60.3	39.7	
No. 10				
No. 16	1.888.0	75.9	24.1	
No. 20				
No. 30	2.000.0	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 despues del Lavado: _____ — Peso despues del lavado: _____

Modulo de Finura: _____

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
86	188.2	185.2	6.1	1.68%



Anexo 35: Análisis Granulométrico agregado ¾

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"**
MATERIAL:	**AGREGADO ¾"**
FECHA:	**13/12/2024**

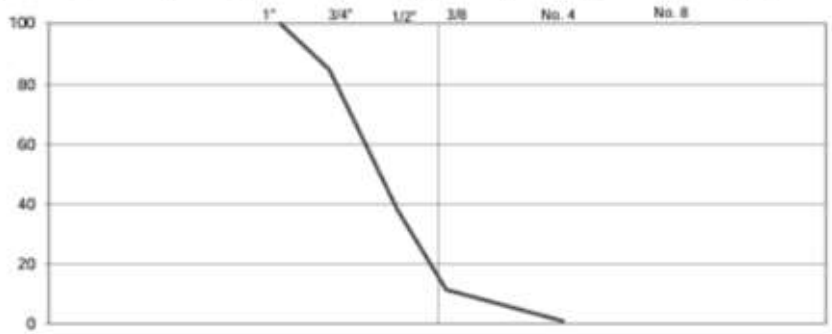
TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"	0.0	0.0	100	
3/4"	689.0	15.3	84.7	
1/2"	2.800.0	62.0	38.0	
3/8"	4.006.0	88.7	11.3	
No. 4	4.480.0	99.2	0.8	
Pasa el No. 4				
No. 8	37.0	0.8		
No. 10				
No. 16				
No. 20				
No. 30				
No. 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: _____

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
86	212.2	208.8	7.2	1.69%



Anexo 36: Análisis Granulométrico Arena natural

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

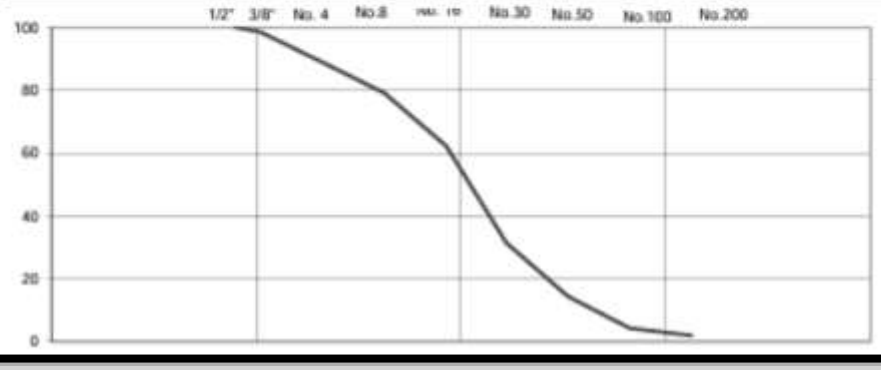
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"
MATERIAL: ARENA NATURAL
FECHA: 13/12/2024

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 despues del Lavado: _____ — Peso despues del lavado: _____
Modulo de Finura: _____

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
A3	244.4	235.2	7.2	4.04%



Anexo 37: Graduación combinada para mezclas

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

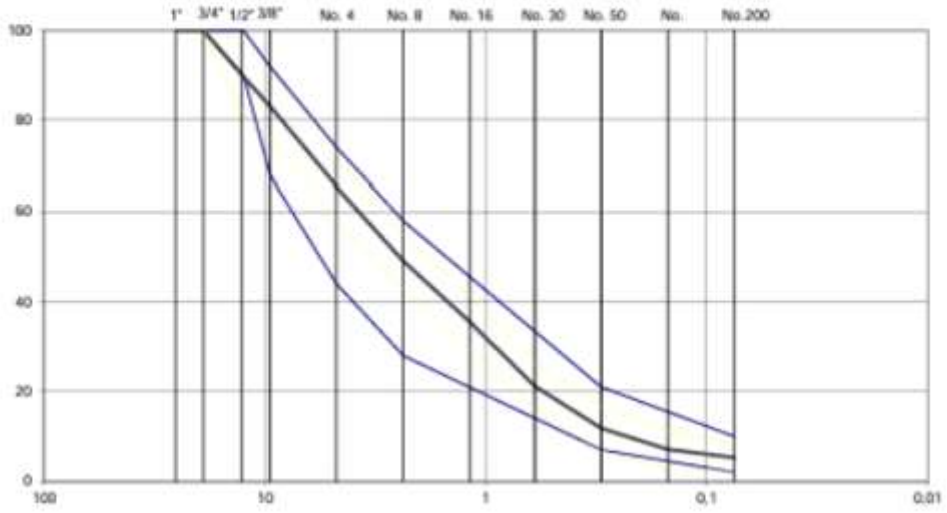
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"	15/12/2024

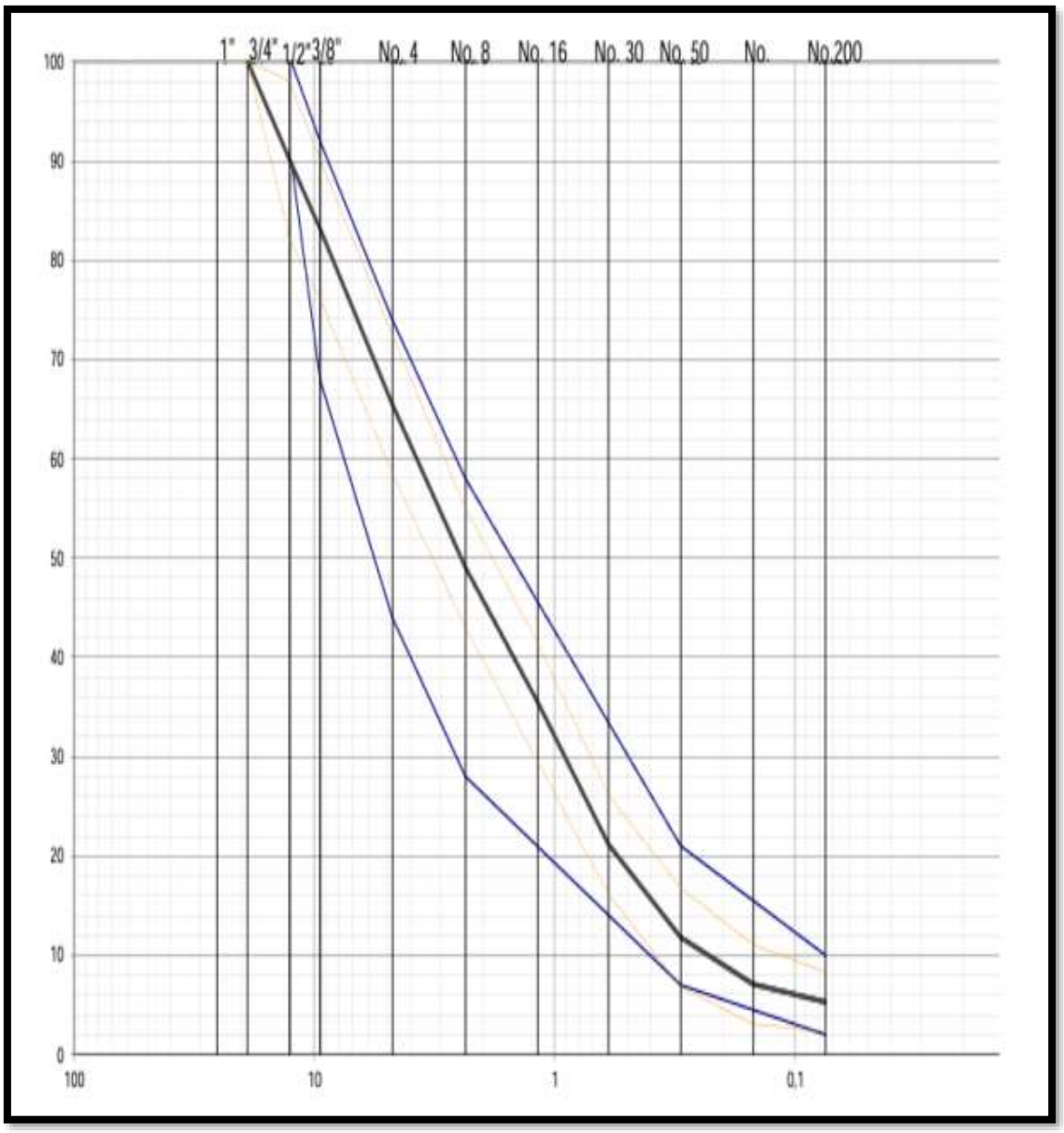
Agregado	Cantera	TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA									
		3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
Aridos 1/2"		84,7	38,0	11,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aridos 3/8"		100	100	95,5	67,8	39,7	24,1	19,6	13,7	12,2	10,2
A. Natural		100	100	98,4	88,8	79,0	62,2	31,4	14,4	4,3	2,0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



Anexo 38: Curva Granulométrica de la mezcla



Anexo 39: Gravedades específicas del agregado de ½

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"**
MATERIAL:	**AGREGADO ½"**
FECHA:	**12/12/2024**

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%**

Anexo 40: Gravedades específicas agregado 3/8

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"
MATERIAL: AGREGADO 3/8"
FECHA: 12/12/2024

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%**

Anexo 41: Gravedad específica mezcla asfáltica RICE

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFIFCA MEZCLA ASFÁLTICA RICE

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"**
FECHA:	**12/12/2024**

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

$$100 \times \frac{2,702 - 2,661}{2,702 \times 2,661} \quad 1,016 = 0,58\%$$

GRAVEDAD APARENTE

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

Anexo 42: Diseño de mezcla asfáltica método Marshall

Inductroc

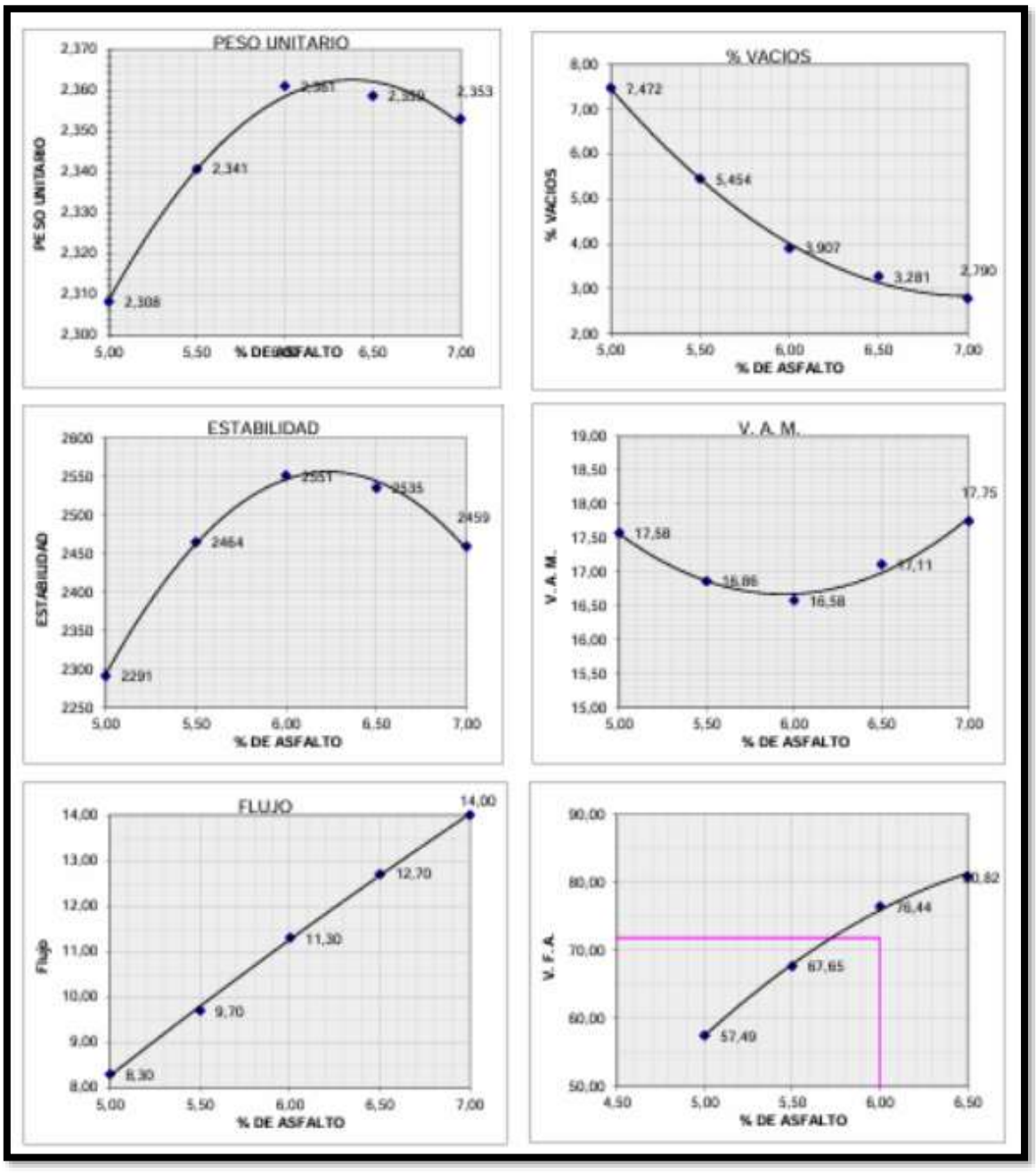
Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

PROYECTO:	USO:	GRADO CEMENTO ASFALTICO
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"	
CONTRATISTA:	FECHA REPORTE:	AC -20 60-70
SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA	13/12/24	

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 CORRECCIO N	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
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(f-h)10^3}{f(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sb}}$	$1-\left(\frac{g}{f}\right)\times 100$			$\frac{(100-b)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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**

Anexo 43: Gráficas de las propiedades de mezcla modificada de 2´´



Anexo 44: Diseño de capa de rodadura de 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA

DESCRIPCIÓN: EVALUACIÓN DE UN ASFALTO MODIFICADO CON ADITIVO PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES MECÁNICA Y DE DESEMPEÑO.

FECHA: 10 de diciembre de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 3/4" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

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

B) Granulometria 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 45: Análisis Granulométrico agregado ¾

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

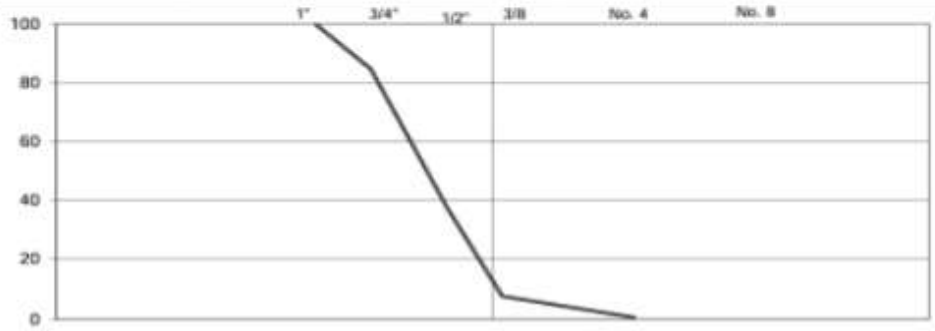
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**AGREGADO ¾"**
FECHA:	**11/12/2024**

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	
Paso 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				
Paso 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 %
B7	155,2	153,3	7,1	1,30%



Anexo 46: Análisis Granulométrico agregado 3/8

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

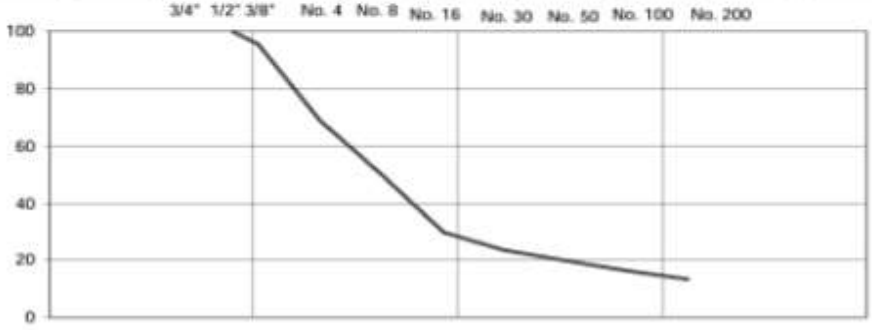
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: AGREGADO 3/8"
FECHA: 11/12/2024

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 despues del Lavado: — Peso despues del lavac: 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%



Anexo 47: Análisis Granulométrico arena natural

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

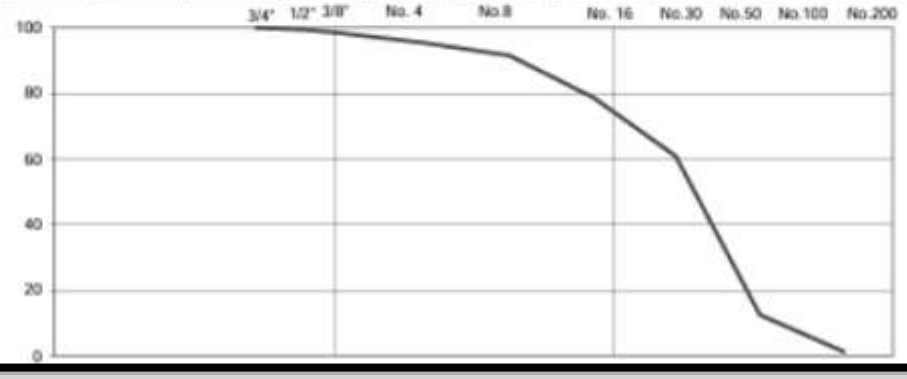
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: ARENA NATURAL
FECHA: 11/12/2024

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 lavac 1140
Modulo de Finura

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
A7	196.6	186.3	7.2	5.71%



Anexo 48: Graduación combinada para mezclas

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

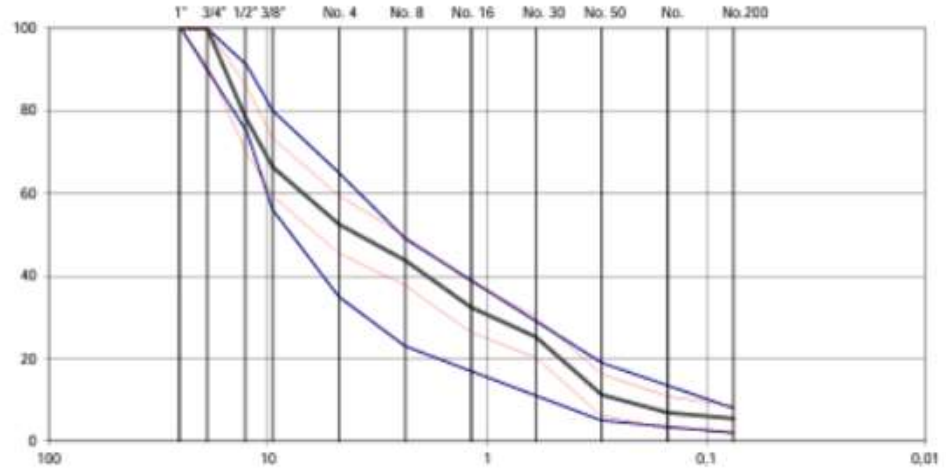
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	MEZCLA ASFÁLTICA T/N ¾"	13/12/2024

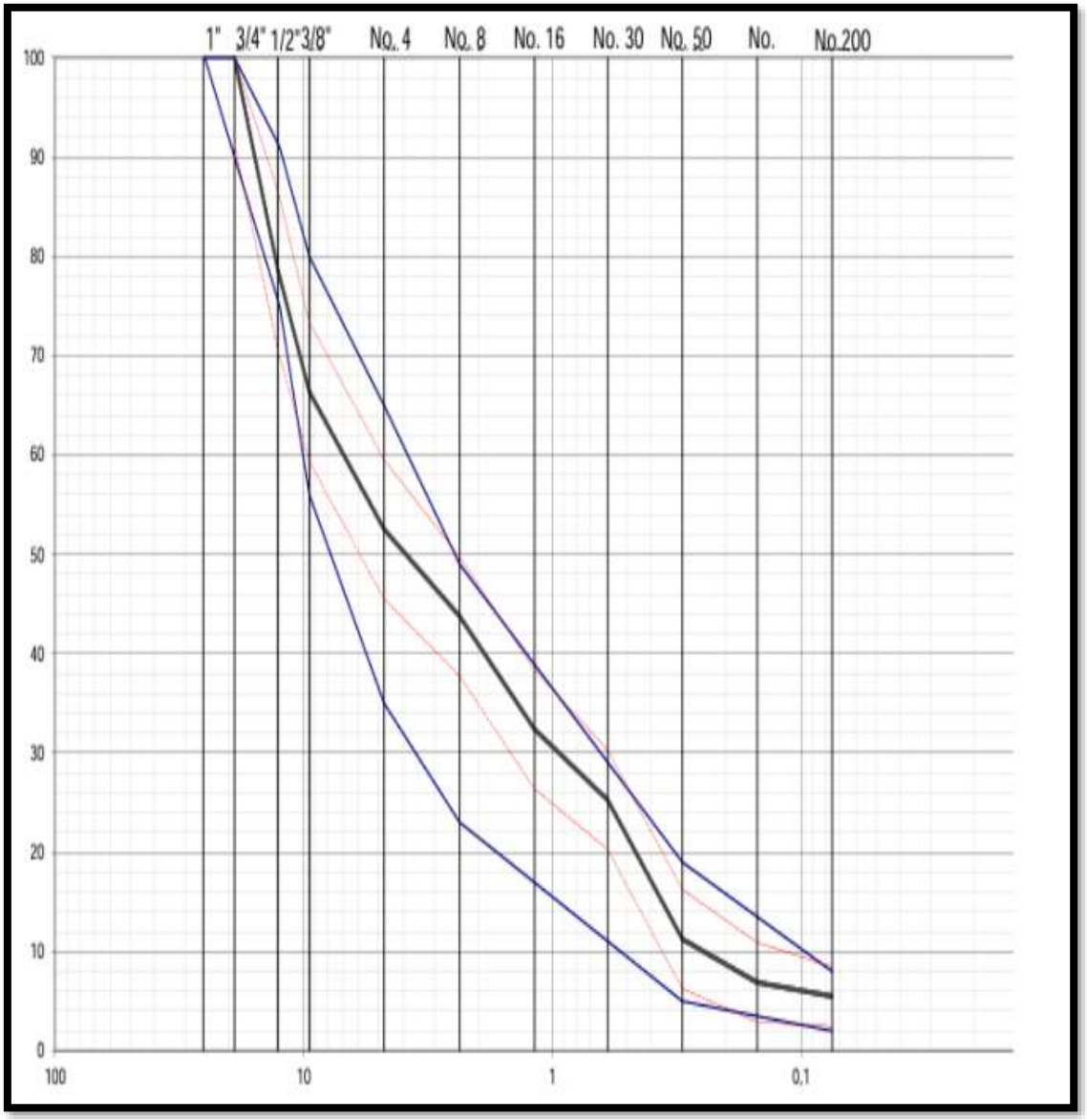
Agregado	Cantera	TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/4"		100	84,7	37,5	7,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/8"		100	100	100	95,5	69,0	49,9	29,8	23,6	20,0	16,4	13,4
A. Natural		100	100	99,4	98,4	95,4	91,5	78,7	60,9	12,5	1,3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



Anexo 49: Curva Granulométrica para mezcla



Anexo 50: Gravedades específicas de ½

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**AGREGADO ½"**
FECHA:	**12/12/2024**

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%**

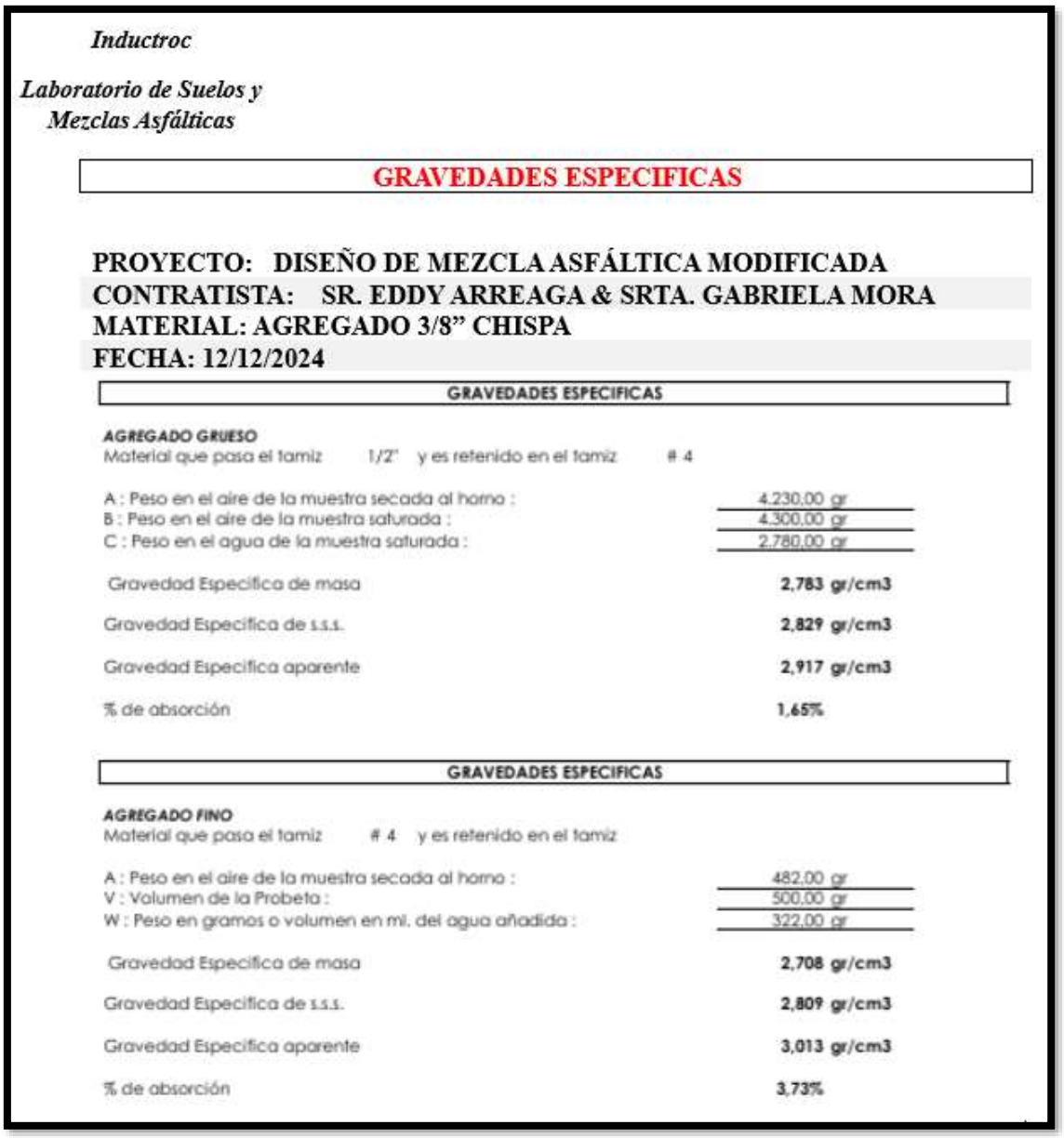
GRAVEDADES ESPECIFICAS

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%**

Anexo 51: Gravedades específicas agregado3/8



Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: AGREGADO 3/8" CHISPA
FECHA: 12/12/2024

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 52: Gravedad especifica mezcla asfáltica RICE

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFIFCA MEZCLA ASFÁLTICA RICE

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA ¾"**
FECHA:	**12/12/2024**

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

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

GRAVEDAD APARENTE

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

Anexo 53: Diseño de mezcla asfáltica Método Marshall

Inductroc

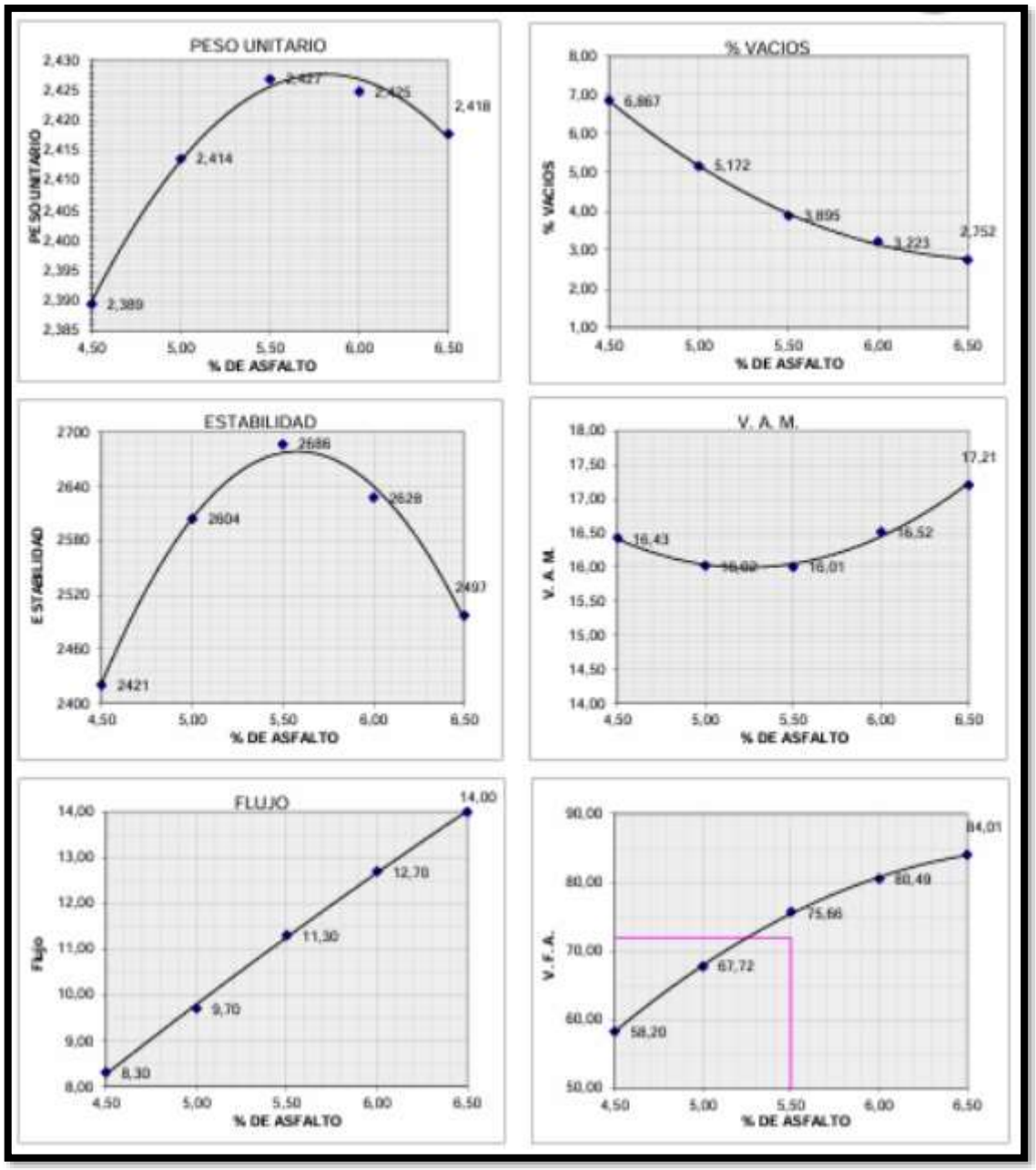
Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

PROYECTO:	USO:	GRADO CEMENTO ASFALTICO
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	MEZCLA ASFÁLTICA T/N ¾"	
CONTRATISTA:	**FECHA REPORTE:**	AC -20 60-70
SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA	13/12/24	

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE	V.F.A. %	FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO 0.01"
		SECA EN AIRE	S. S. S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADOS	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO		CORRECCION	MEDIDA	CORREGIDA	
a	b	c		e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)10^2}{ih(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sg}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-b)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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**

Anexo 54: Graficas de las propiedades mezclas modificadas de 3´´



Anexo 55: Diseño de Capa de Rodadura Mezcla convencional de 1"

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA

SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA

DESCRIPCIÓN: ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLA ASFALTICA CON ADITIVO AR-95.

FECHA: 19 de diciembre 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			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

		Especificaciones	
Propiedad	**Valor Obtenido**	**Mínimo**	**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.

Anexo 56: Análisis Granulométrico de Mezcla convencional de 1"

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

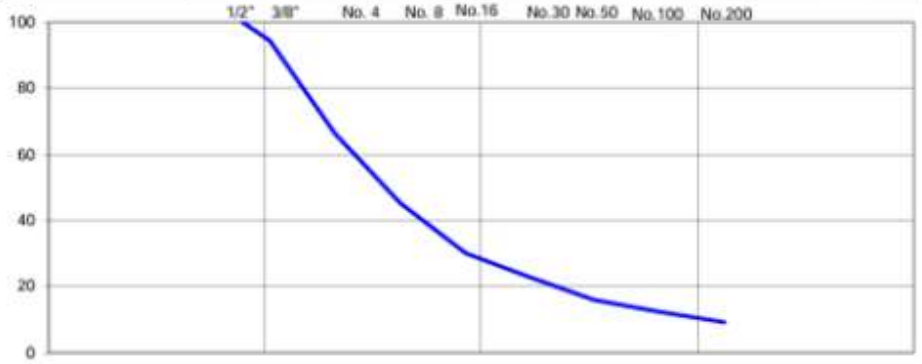
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: AGREGADO MEDIO (AGREGADO DE 3/8")
FECHA: 19/12/2024

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%



Anexo 57: Análisis Granulométrico arena natural Mezcla convencional de 1''

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

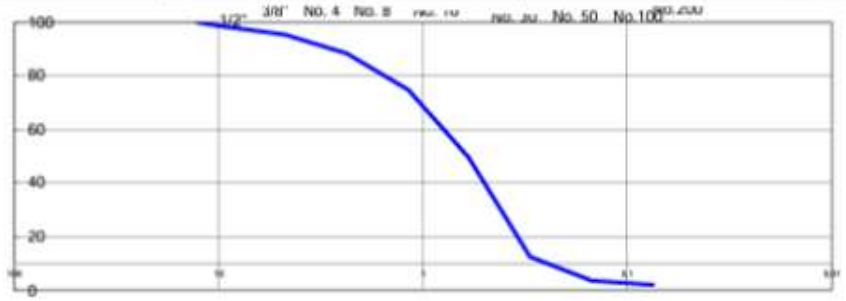
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: ARENA NATURAL
FECHA: 19/12/2024

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%



Anexo 58: Graduación combinada para Mezcla convencional de 1"

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

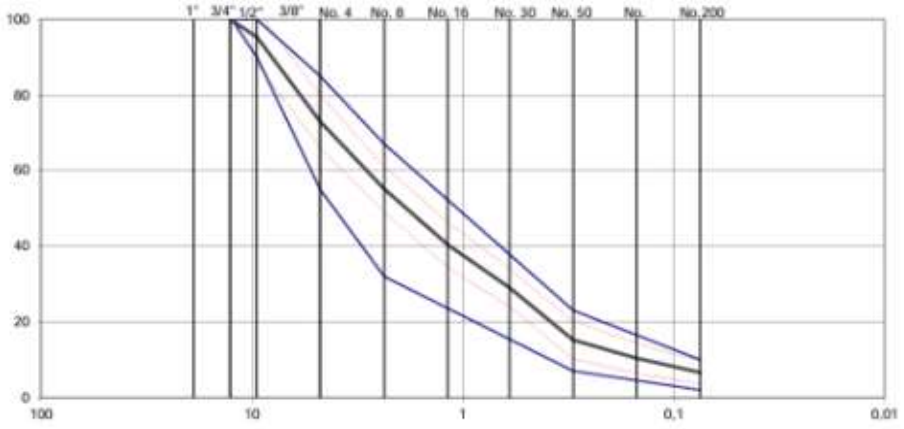
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	MEZCLA ASFÁLTICA T/N 3/8"	13/12/2024

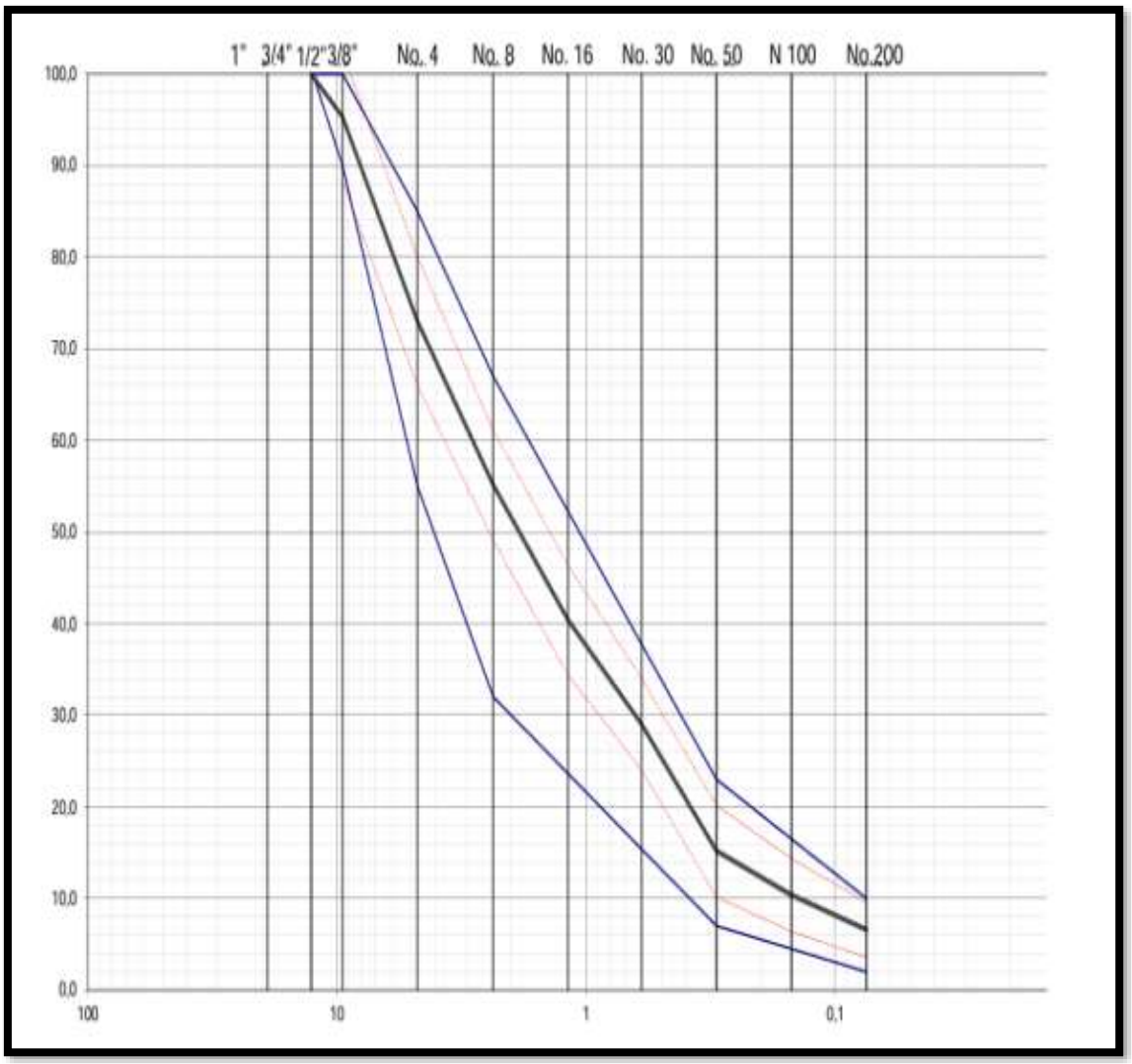
Agregado	Cantera	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/8"		100	94,4	66,3	45,2	30,1	22,9	16,0	12,4	9,2
A. Natural		100	98,4	95,4	88,4	74,8	49,6	12,5	3,6	2,0
Especificaciones Deseadas 2002		100	90-100	55-85	32-67			7-23		2-10

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	56,1	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



Anexo 59: Curva Granulométrica para Mezcla asfáltica convencional de 1"



Anexo 60: Gravedades Especificas ½ Mezcla convencional de 1"

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**AGREGADO MEDIO (AGREGADO DE 3/8")**
FECHA:	**12/12/2024**

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%**

Anexo 61: Gravedades Especificas arena natural Mezcla convencional de 1"

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**ARENA NATURAL**
FECHA:	**12/12/2024**

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%**

Anexo 62: Gravedad Especifica RICE Mezcla convencional de 1"

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFIFCA MEZCLA ASFÁLTICA RICE

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA ¾"**
FECHA:	**12/12/2024**

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

$$100 \times \frac{2,688 - 2,616}{2,688 \times 2,616} \times 1.014 = 1,04\%$$

GRAVEDAD APARENTE

$$\frac{100}{\frac{65,0}{2,709} + \frac{23,0}{2,703}} = 3,077$$

Anexo 63: Diseño Método Marshall de Mezcla asfáltica convencional de 1"

Inductroc

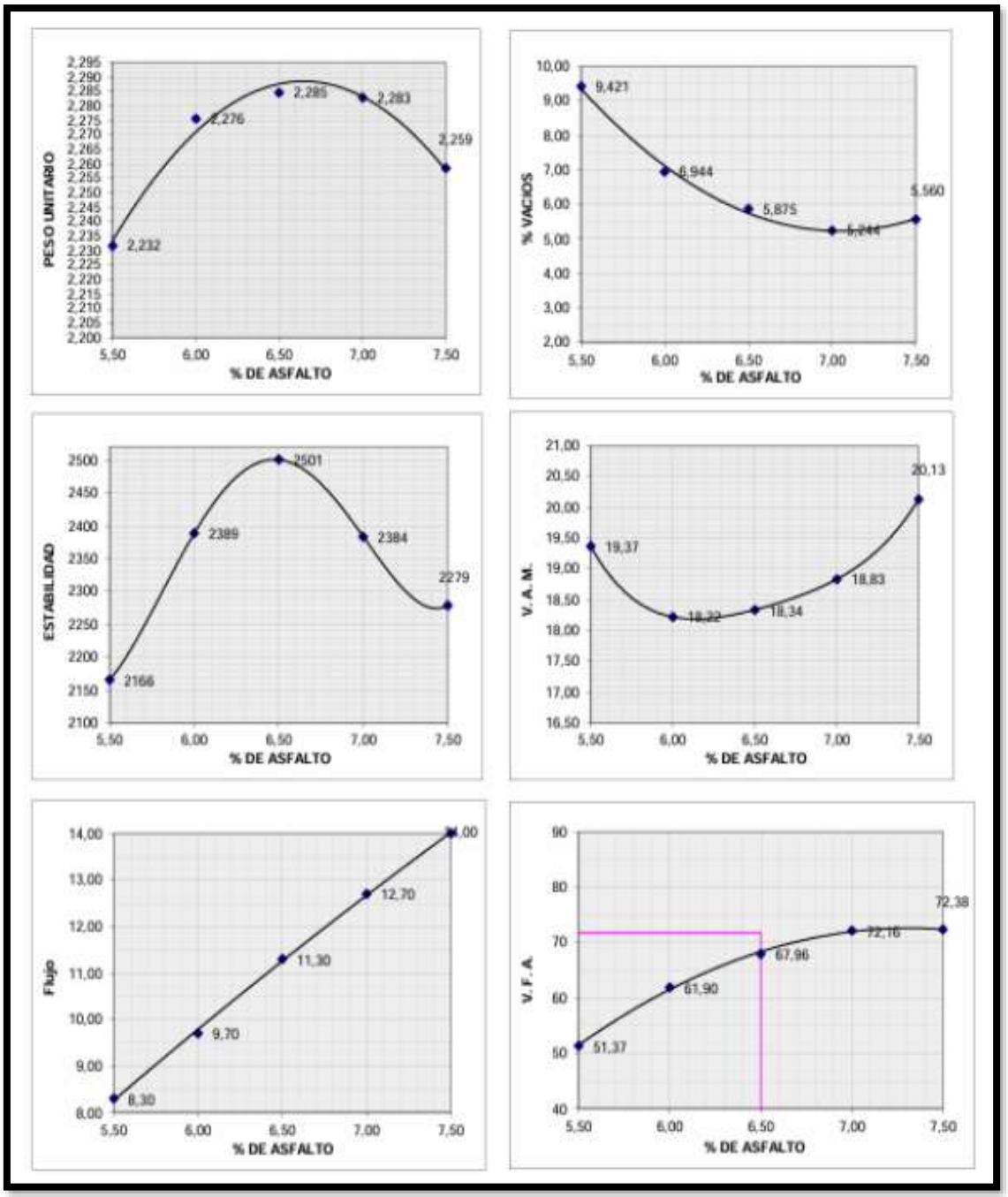
Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	USO:	GRADO CEMENTO ASFALTICO
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA	FECHA REPORTE: 13/12/24	AC -20

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL			VACIOS EN	% DE	V.F.A. %	FACTOR DE	ESTABILIDAD - LB		FLUJO
		SECA EN AIRE	S.S.S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADO	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES	ASFALTO EFECTIVO		CORRECCION	MEDIDA	CORREGID A	0.01"
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)G^*}{(h)(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sb}}$	$\left(1-\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-b)j}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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

Anexo 64: Propiedades de la mezcla asfáltica convencional 1´´



Anexo 65: Diseño de capa Rodadura Mezcla Asfáltica Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA

DESCRIPCIÓN: ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADO CON ADITIVO AR-95.

FECHA: 13 de diciembre de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 1/2" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

Agregado 3/4"	**16%**	*e=2"*
Áridos Chispa	**44%**	
Arena Natural	**40%**	

B) Granulometría de Agregados — **6,10%** — **ASFALTO AC-20**

	Tamices	% Pasante	Faja de Control			Especif. Tipo B
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	Especificaciones Máximo
Vacíos (%)	**4,98**	3,00	5,00
V.M.A. (%)	**19,10**	15,00	.....
Estabilidad (Lbs.)	**2,435**	1.800	.....
Flujo	**11,25**	8,00	14,00
Contenido Optimo de Asfalto		**6,50%**	
Relacion Filler/betún=		**0,950%**	

Temperatura de mezcla en planta 135 - 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.

Anexo 66: Análisis Granulométrico agregado ¾ Mezcla Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

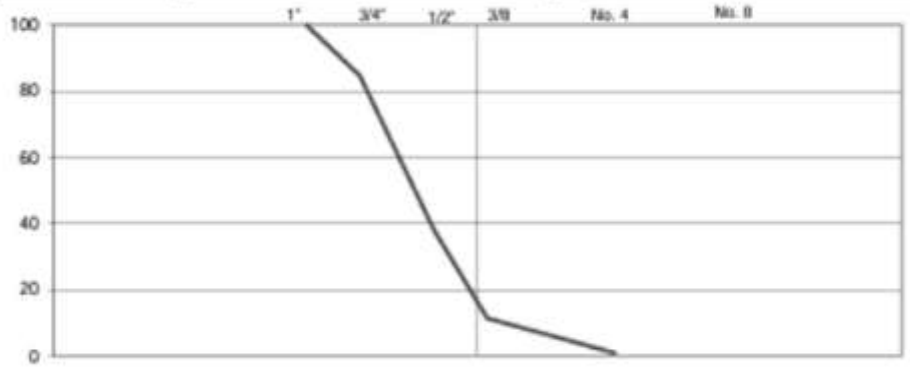
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½”
MATERIAL: AGREGADO ¾”
FECHA: 11/12/2024

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: _____

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
86	212.2	206.8	7.2	1.69%



Anexo 67: Análisis granulométrico agregado 3/8 Mezcla Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½”**
MATERIAL:	**AGREGADO 3/8” CHISPA**
FECHA:	**11/12/2024**

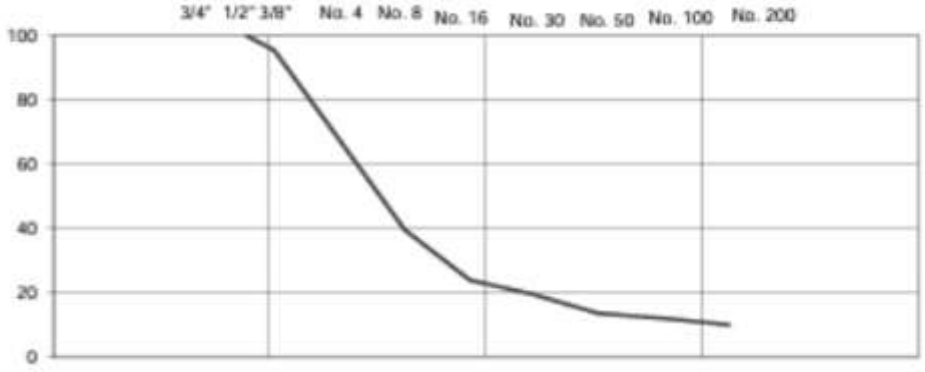
TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"	0.0	0.0	100	
1/2"	0.0	0.0	100	
3/8"	111.0	4.5	95.5	
No. 4	800.0	32.2	67.8	
Pasa el No. 4				
No. 8	1.500.0	60.3	39.7	
No. 10				
No. 16	1.888.0	75.9	24.1	
No. 20				
No. 30	2.000.0	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 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	1.68%



Anexo 68: Análisis granulométrico arena natural Mezcla Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½”**
MATERIAL:	**ARENA NATURAL**
FECHA:	**11/12/2024**

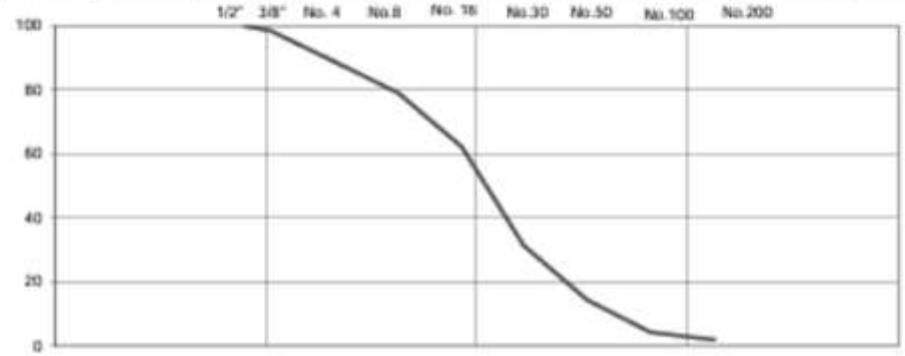
TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"				
2 1/2"				
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"	0.0	0.0	100	
3/8"	23.0	1.6	98.4	
No. 4	160.0	11.2	88.8	
Pasa el No. 4				
No. 8	300.0	21.0	79.0	
No. 10				
No. 16	540.0	37.8	62.2	
No. 20				
No. 30	980.0	68.6	31.4	
No. 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 despues del Lavado: _____ — Peso despues del lavado: _____

Modulo de Finura: _____

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
A3	244.4	235.2	7.2	4.04%



Anexo 69: Graduación Combinada Mezcla Asfáltica Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

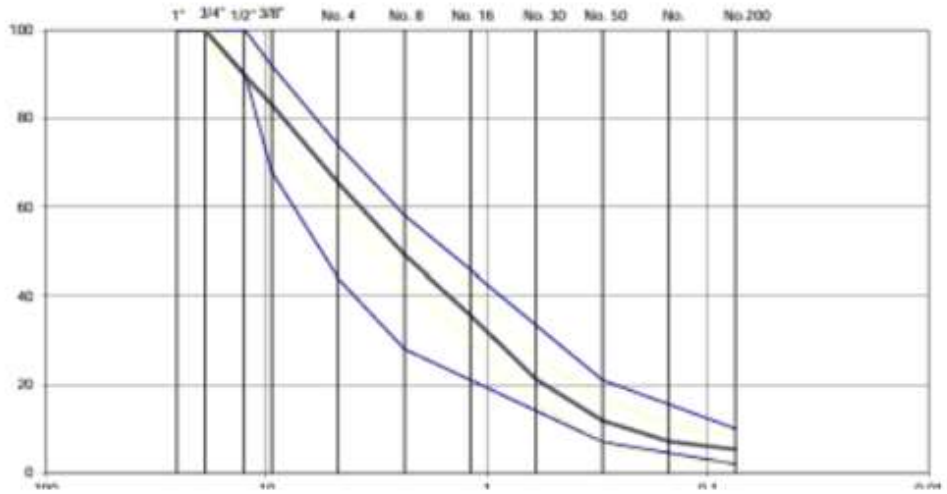
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½”	13/12/2024

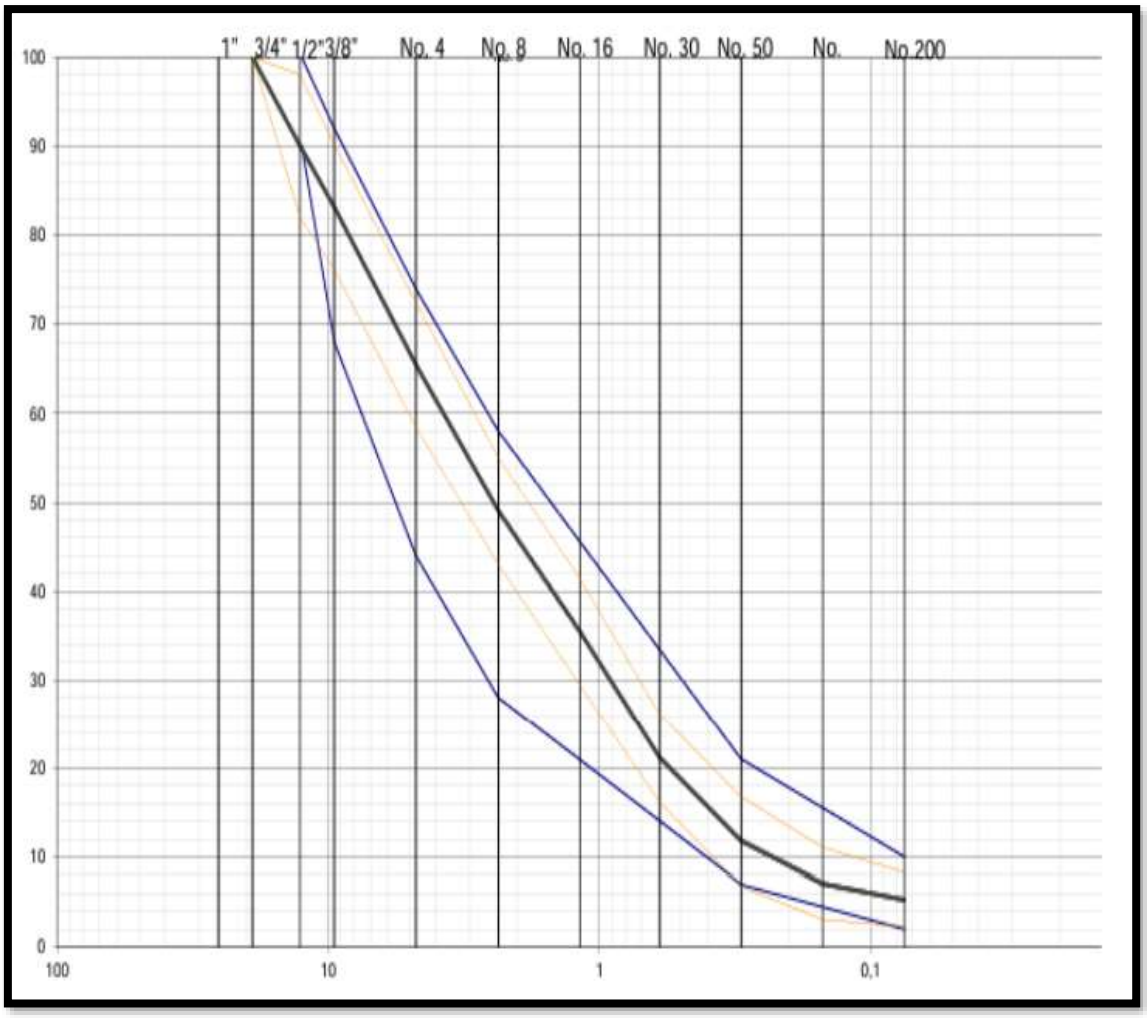
Agregado	Cantera		TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA									
			3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
Aridos 1/2"			84,7	38,0	11,3	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Aridos 3/8"			100	100	95,5	67,8	39,7	24,1	19,6	13,7	12,2	10,2
A. Natural			100	100	98,4	88,8	79,0	62,2	31,4	14,4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



Anexo 70: Curvas Granulométrica para mezcla convencional de 2´´



Anexo 71: Gravedad especifica ½ mezcla asfáltica convencional 2´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½"**
MATERIAL:	**AGREGADO ½"**
FECHA:	**12/12/2024**

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**

Anexo 72: Gravedad Especial 3/8 de Mezcla Asfáltica Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½”**
MATERIAL:	**AGREGADO 3/8”**
FECHA:	**12/12/2024**

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%**

Anexo 73: Gravedad Especial Mezcla Asfáltica Convencional de 2”

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFIFCA MEZCLA ASFÁLTICA RICE

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA ¾”**
FECHA:	**12/12/2024**

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

$$100 \times \frac{2,702 - 2,661}{2,702 \times 2,661} \quad 1,016 = 0,58\%$$

GRAVEDAD APARENTE

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

Observaciones:

Anexo 74: Diseño de Mezcla Asfáltica Convencional de 2” Método Marshall

Inductroc

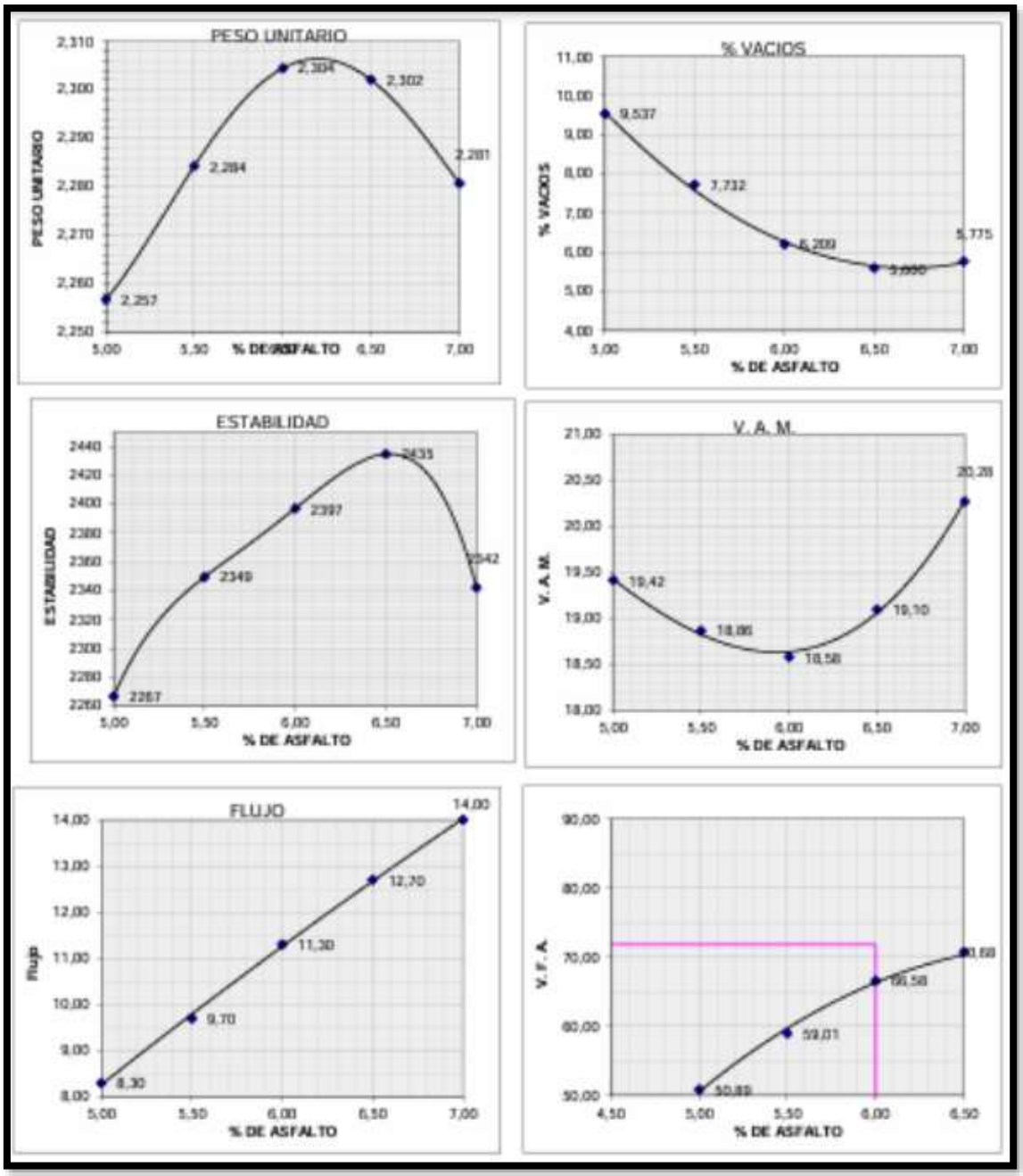
Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N ½”	GRADO CEMENTO ASFALTICO
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA	FECHA REPORTE: 13/12/24	AC -20 60-70

MEZCLA No.	% DE ASFALTO	PESO EN GRAMOS			VOLUMEN	PESO ESPECIFICO			ASFALTO	VOLUMEN - % TOTAL				% DE ASFALTO EFECTIVO	V.F.A. %		ESTABILIDAD - LB		FLUJO 0.01"
		SECA EN AIRE	S.S.S. EN AIRE	EN AGUA		"BULK"	MAXIMO TEORICO	MAXIMO MEDIDO	ABSORVIDO %	AGREGADO	VACIOS EN AIRE	ASFALTO EFECTIVO	AGREGADOS MINERALES			CORRECCION h	MEDIDA	CORREGIDA	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(i-h)100}{h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sb}}$	$1-\left(\frac{g}{i}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$\frac{(100-b)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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	4.72	14.50	20.28	6.02	71.59			2 342	14

Anexo 75: Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 2”



Anexo 76: Diseño de capa de rodadura mezcla asfáltica convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE CAPA DE RODADURA

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL

SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA

DESCRIPCIÓN: ANALISIS COMPARATIVO DE MEZCLA ASFALTICA MODIFICADO CON ADITIVO AR-95.

FECHA: 10 de diciembre de 2024

1. CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Tamaño Nominal 3/4" Tabla 405 - 5.1

A) Tipo de Material

Áagregado 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 (%)	**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.

Anexo 77: Análisis granulométrico agregado 3/4 mezcla convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

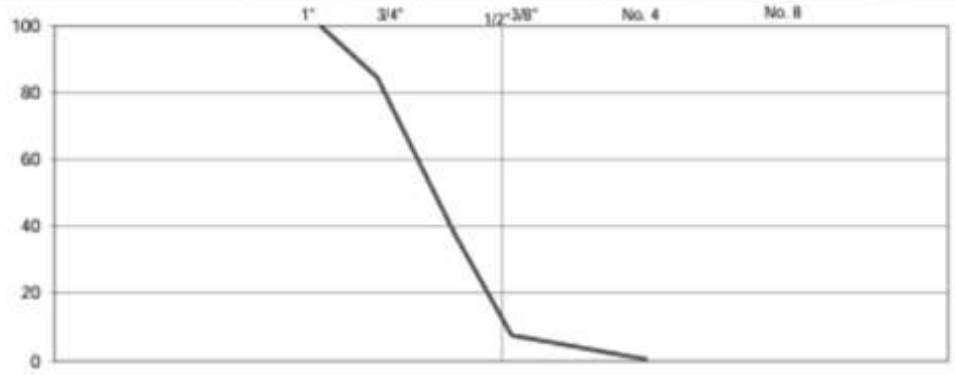
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL
SOLICITADO POR: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA
MATERIAL: AGREGADO ¾"
FECHA: 11/12/2024

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%



Anexo 78: Análisis granulométrico agregado 3/8 mezcla convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

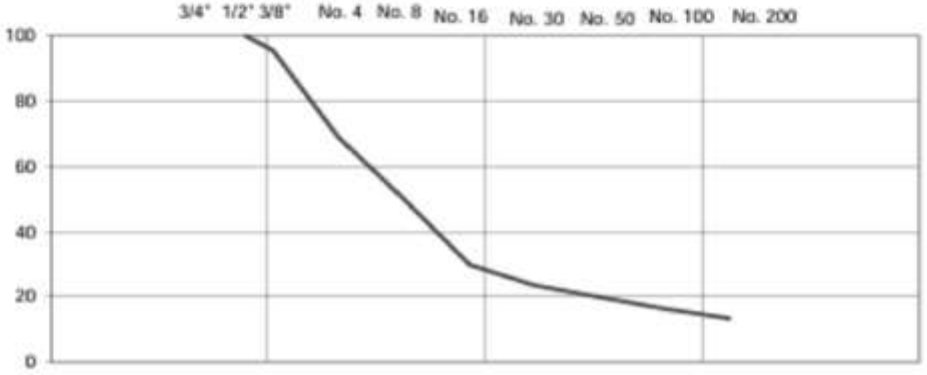
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**AGREGADO 3/8"**
FECHA:	**11/12/2024**

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 despues del Lavado		Peso despues del lavac	1730
Modulo de Finura			

Capsula No.	Peso Cap. + Suelo Humedo	Peso Cap. + Suelo Seco	Peso Capsula	W %
83	144,4	142,2	7,2	1,62%



Anexo 79: Análisis granulométrico arena natural mezcla convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

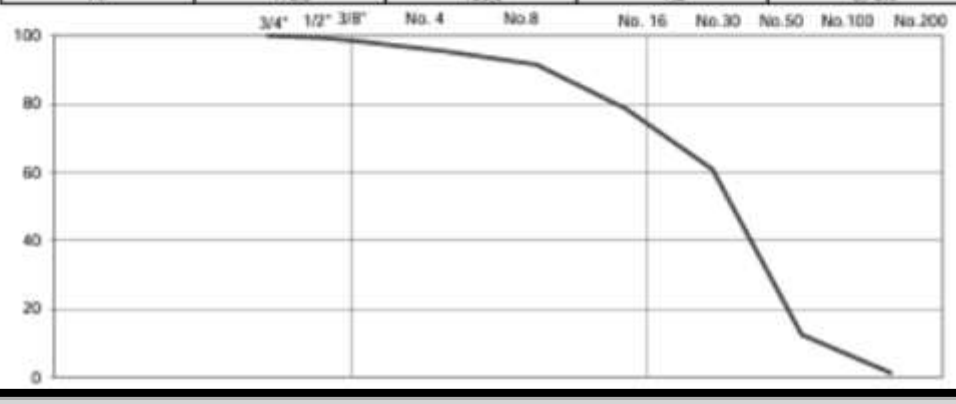
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**ARENA NATURAL**
FECHA:	**11/12/2024**

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 lavac	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%



Anexo 80: Graduación combinada mezcla asfáltica convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

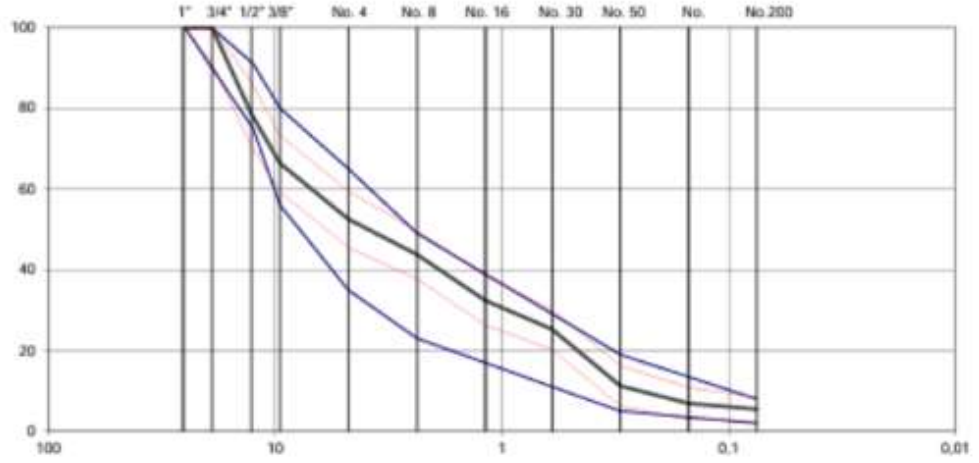
GRADUACION COMBINADA PARA MEZCLAS

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	MEZCLA ASFÁLTICA T/N 3/4"	13/12/2024

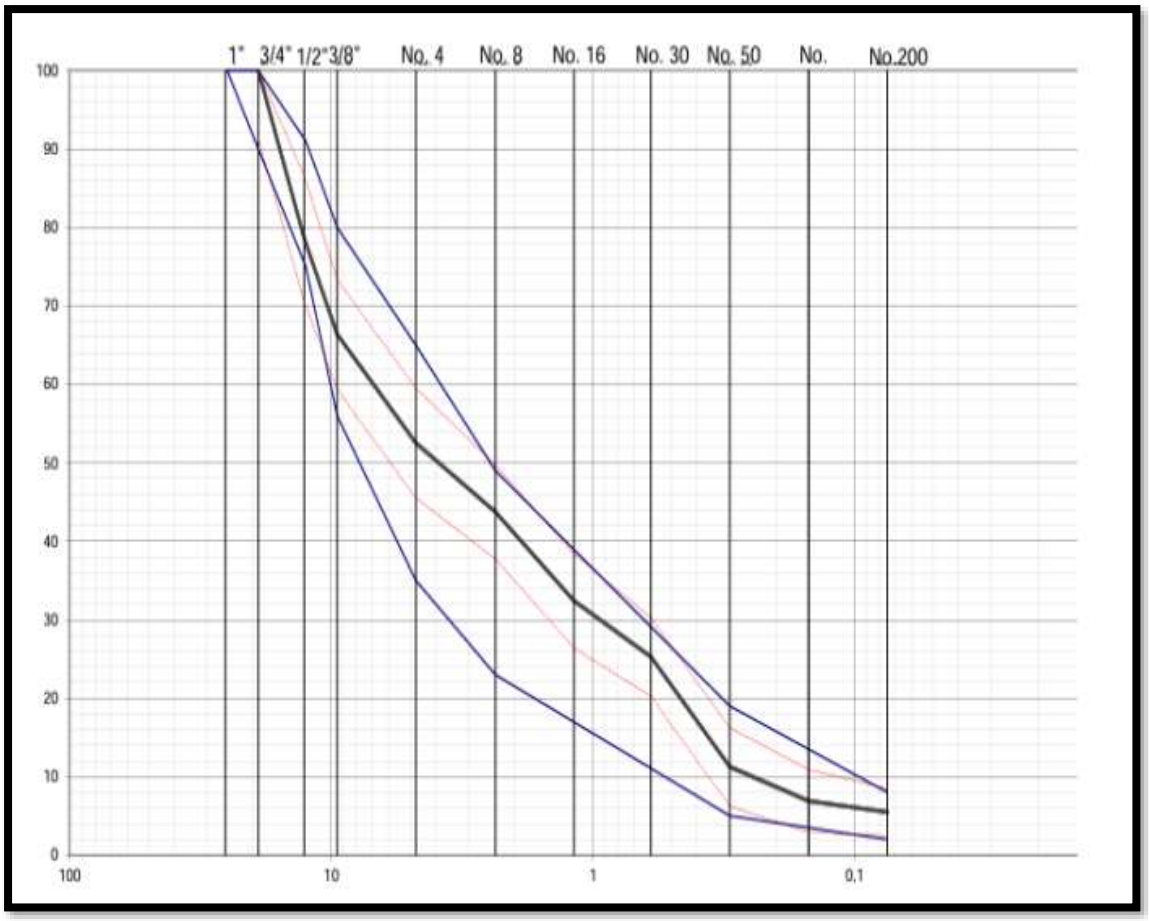
Agregado	Cantera	TAMAÑO DEL TAMIZ PORCENTAJE QUE PASA										
		1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 8	No. 16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
3/4"		100	84,7	37,5	7,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3/8"		100	100	100	95,5	69,0	49,9	29,8	23,6	20,0	16,4	13,4
A. Natural		100	100	99,4	98,4	95,4	91,5	78,7	60,9	12,5	1,3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



Anexo 81: Curva granulométrica mezcla asfáltica convencional 3´´



Anexo 82: Gravedades específicas de ½ mezcla asfáltica convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**AGREGADO ½"**
FECHA:	**12/12/2024**

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%**

Anexo 83: Gravedades específicas de chispa mezcla convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDADES ESPECIFICAS

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
CONTRATISTA:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
MATERIAL:	**AGREGADO 3/8" CHISPA**
FECHA:	**12/12/2024**

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 84: Gravedades específicas RICE mezcla asfáltica convencional 3´´

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

GRAVEDAD ESPECIFIFCA MEZCLA ASFÁLTICA RICE

PROYECTO:	**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL**
SOLICITADO POR:	**SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA**
USO:	**MEZCLA ASFÁLTICA ¾"**
FECHA:	**12/12/2024**
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

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

GRAVEDAD APARENTE

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

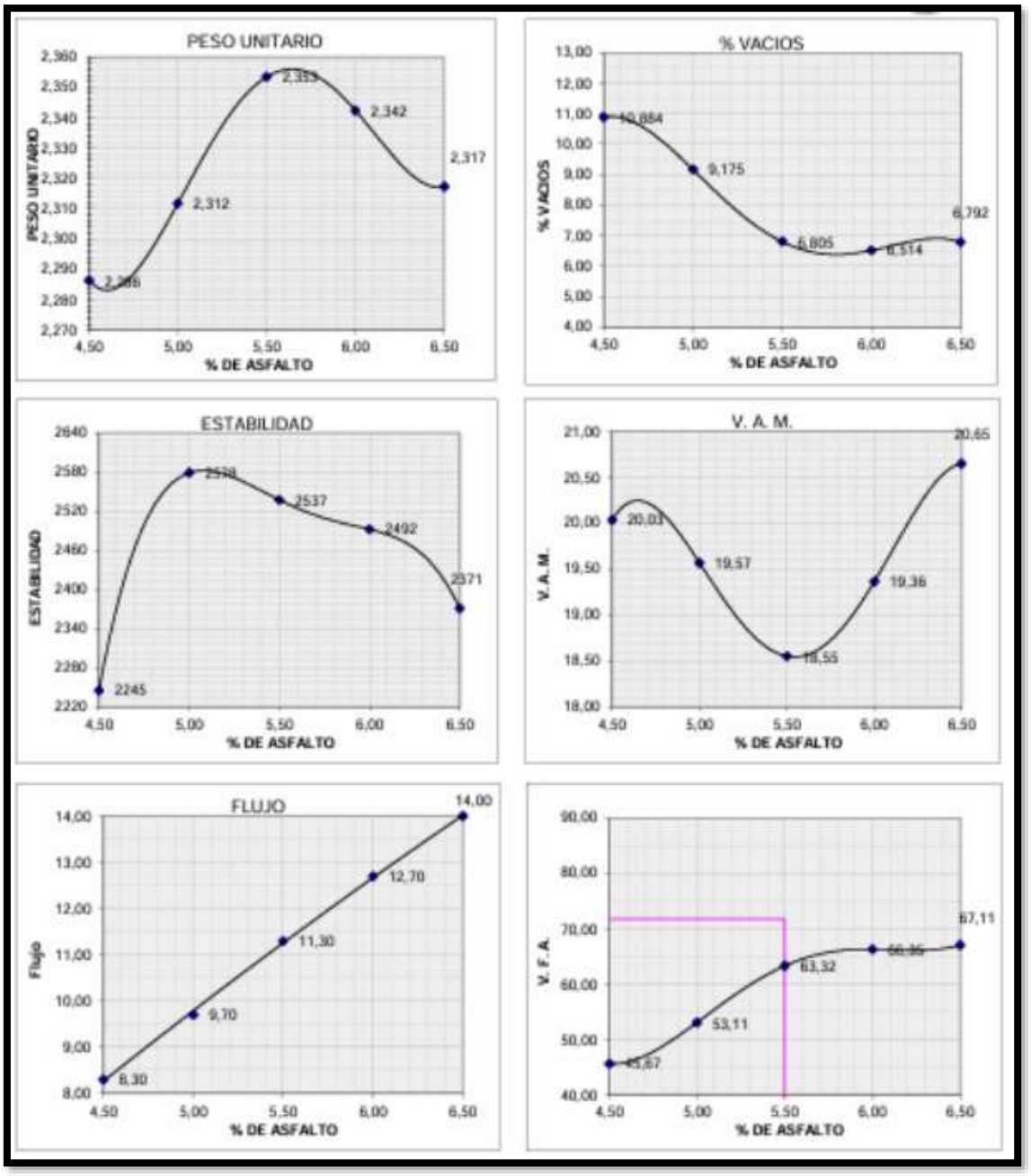
Anexo 85: Diseño de mezclas asfálticas Método Marshall

Inductroc

Laboratorio de Suelos y Mezclas Asfálticas

DISEÑO DE MEZCLAS ASFALTICAS METODO MARSHALL

PROYECTO: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	USO: MEZCLA ASFÁLTICA T/N ¾"	GRADO CEMENTO ASFALTICO
CONTRATISTA: SR. EDDY ARREAGA & SRTA. GABRIELA MORA	FECHA REPORTE: 13/12/24	AC -20 60-70

MEZCLA FAL.	% 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		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
						$\frac{c}{d-e}$			$\frac{(l-k)10^{-4}}{l\,h(100-b)}$	$\frac{(100-b)g}{G_{sa}}$	$\left(1-\frac{g}{l}\right)\times 100$	$100-k-l$	$100-k$	$b-\frac{(100-h)}{100}$	$100\times\frac{m}{n}$				
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**

Anexo 86: Propiedades de mezcla asfáltica convencional de 3´´