



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA CIVIL**

Tema:

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA), ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL”.

AUTOR:

CRISTINA ISABEL ROMERO BAYAS

TUTOR:

ING. MG. LORENA PÉREZ

AMBATO-ECUADOR

2017

CERTIFICACIÓN

Yo, Ing. Mg. Lorena Pérez certifico que el presente Trabajo Experimental ***“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA), ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL”*** realizado por la señorita Cristina Isabel Romero Bayas Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Ambato, se desarrolló bajo mi supervisión y tutoría, siendo un trabajo elaborado de manera personal e inédito.

Ing. Mg. Lorena Pérez

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, Cristina Isabel Romero Bayas, CI. 180474597-2 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, certifico por medio de la presente que el trabajo con el tema:

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA), ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL” es de mi completa autoría.

Cristina Isabel Romero Bayas

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Yo, Cristina Isabel Romero Bayas, CI. 180474597-2 Egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de esta tesis o parte de ella un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi tesis, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de esta tesis dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autora.

Cristina Isabel Romero Bayas

AUTOR

APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES

Los suscritos Profesores Calificadores, una vez revisado, aprueban el informe de Investigación, sobre el tema: ***“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA), ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL”***, de la señorita egresada Cristina Isabel Romero Bayas, de la carrera de Ingeniería Civil, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por el Centro de Estudios de Pregrado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, 28 de agosto de 2017

Para constancia firman

Ing. Mg. Alex López
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Mg. Galo Núñez
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi *HERMANO ROMEL*, por darme amistad, amor, felicidad y apoyo. Por ser mi confidente y mi concejero, por estar siempre para mí y darme la mano en todo momento. Fuiste una luz en mi vida, fuiste un tesoro invaluable y un verdadero amigo. Gracias por esos hermosos recuerdos que me dejaste. Siempre vivirás en mi corazón hermano, gracias por todo.

A mis *PADRES* por su apoyo incondicional, paciencia y dedicación. Gracias porque, a pesar de la adversidad, supieron encaminarme con buenos sentimientos y valores de esfuerzo y dedicación, que me han ayudado a salir adelante en todas las circunstancias de mi vida.

A mi *HIJA ALEJANDRITA*, por todo el apoyo, comprensión y amor que me ha brindado desde que llegó a mi vida. Hija querida, tú has sido la inspiración y la razón por la hoy he logrado alcanzar esta meta, tú, con tu alegría, locuras y ocurrencias has iluminado mi vida desde el día q naciste, has hecho mis días más felices y me has dado la fuerza q necesito para seguir adelante.

A mis *HERMANAS MARÌA ELENA Y GABI*, por su amor y apoyo en todo momento. Hemos pasado por tanto juntas, hemos enfrentado momentos difíciles y seguimos tratando de salir adelante. Gracias por estar siempre junto a mí.

A mi *FAMILIA* en general, que con sus consejos fueron parte de mi crecimiento como persona y como profesional.

Cristina Isabel Romero Bayas

AGRADECIMIENTO

A mis *PADRES* por su incondicional apoyo a mí y mis hermanos, quienes supieron mostrarme el camino correcto al éxito y velaron por mí a cada momento de mi vida. Por su constancia y sacrificio he podido culminar esta etapa, a ustedes les debo todo lo que soy.

Agradezco también a mis *HERMANOS* con quienes he compartido grandes y difíciles momentos los que nos han unido más aún. Han estado a mi lado brindándome su apoyo en cada paso.

A mi *HIJA* con quien he aprendido que el amor más grande del mundo es sin duda alguna el de una madre por su hija. Gracias por todo ese amor sincero que me brindas cada día, gracias por estar siempre a mi lado y alegrar mi existencia con la tuya. Te amo hija mía.

A mi *FAMILIA* por acompañarme siempre durante mi infancia y juventud, haciendo que siga luchando por mis metas y sueños.

A la *INGENIERA* Lorena Pérez, mi tutor académico, por su asesoría, supervisión y ayuda en la elaboración exitosa de este proyecto.

A mis *AMIGOS* que me brindaron su apoyo y ayuda cuando la necesité. Por compartir conmigo tantos momentos de sincera amistad y hermandad.

Cristina Isabel Romero Bayas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	II
AUTORÍA.....	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN PROFESORES CALIFICADORES	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XIV
ÍNDICE DE TABLAS	XVII
RESUMEN EJECUTIVO	XXIII
ABSTRACT.....	XXV
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. Tema del trabajo experimental.....	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos	5
CAPÍTULO II.	6
FUNDAMENTACIÓN	6
2.1. Fundamentación Teórica.....	6
2.1.1. El asfalto.....	6

2.1.1.1. Composición del asfalto	7
2.1.1.2. Características del asfalto	8
2.1.2. Reología del asfalto	10
2.1.2.1 Ensayo de Viscosidad	11
2.1.2.2 Ensayo de recubrimiento y peladura.....	12
2.1.2.3 Peso específico del asfalto	12
2.1.3. Los agregados.....	13
2.1.3.1. Agregado fino	13
2.1.3.2. Agregado grueso	14
2.1.3.3. Agregado de origen volcánico	15
2.1.4. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.....	16
2.1.4.1 Granulometría	16
2.1.4.2. Propiedades del agregado grueso.....	17
2.1.4.3. Propiedades del agregado fino	21
2.1.5. El polímero	23
2.1.5.1. Clasificación de los polímeros	23
2.1.6. Diseño de mezclas asfálticas en caliente	25
2.1.7. Mezclas asfálticas modificadas	26
2.1.8. Comportamiento del polímero dentro de la mezcla	27
2.1.9. Método Marshall	28
2.1.9.1. Metodología del Método Marshall	28
2.1.9. 2 Estabilidad Marshall	30
2.1.9. 3 Flujo	30
2.1.9. 4 Contenido de vacíos.....	30
2.1.9. 5 Contenido de vacíos en el agregado mineral (VAM)	31
2.1.9. 6 Contenido de asfalto	32

2.2. HIPÓTESIS	34
2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	34
2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	34
Modificación de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico, y adicionadas con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA).....	34
2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE	34
CAPÍTULO III	35
METODOLOGÍA	35
3.1. Nivel o tipo de Investigación	35
3.2. Población y muestra	35
3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
3.3.1. Variable Independiente	37
3.3.2. Variable Dependiente.....	38
3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	39
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	40
3.5.1 Plan de Procesamientos de la Información	40
3.5.2 Plan de Análisis.....	40
CAPÍTULO IV	41
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	41
4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS	41
4.1.1 Ensayos en los agregados	41
4.1.1.1 Análisis granulométrico del agregado grueso y fino	42
4.1.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino	42
4.1.1.3 Peso específico y absorción del agregado grueso	43
4.1.1.4 Resistencia al desgaste (Abrasión) Máquina de los Ángeles.....	43

4.1.1.5 Porcentaje de caras fracturadas.....	44
4.1.1.6 Equivalente de arena.....	44
4.1.1.7 Recubrimiento y peladura.....	44
4.1.2. Ensayos en el Asfalto.....	45
4.1.2.1 Ensayo de viscosidad Saybolt Furol.....	45
4.1.2.2 Peso específico del asfalto.....	45
4.1.3 Ensayos en la mezcla Asfáltica.....	45
4.1.3.1 Gravedad específica de los agregados.....	45
4.1.3.2 Ensayo Rice.....	46
4.1.4 Ensayo Marshall en las briquetas.....	46
4.1.4.1 Resultados del ensayo Marshall (Agregado Convencional).....	47
4.1.4.2 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall (Mezcla Asfáltica convencional).....	48
4.1.4.3 Contenido Óptimo de asfalto (Mezcla asfáltica con agregado convencional).....	51
4.1.4.4 Resultados del ensayo Marshall (Agregado de origen volcánico).....	52
4.1.4.5 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall (Mezcla Asfáltica con agregado de origen volcánico.....	53
4.1.4.6 Contenido Óptimo de asfalto (Mezcla con agregado volcánico).....	56
4.1.5. Ensayos en la mezcla Asfáltica Modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato EVA.....	57
4.1.5.1. Granulometría de diseño para las mezclas asfálticas modificadas con polímero EVA:.....	57
4.1.5.2 Ensayo Rice.....	58
4.1.6 Ensayo Marshall en las briquetas de Mezcla Modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato.....	58

4.1.6.1 Resultados del ensayo Marshall en la Mezcla Modificada con Polímero EVA (Agregado Convencional)	59
4.1.6.2 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall en Mezcla Asfáltica Modificada con EVA (Agregado convencional).....	60
4.1.6.3 Contenido Óptimo de Polímero EVA en Mezcla asfáltica Modificada (Agregado Convencional).....	63
4.1.6.4 Resultados del ensayo Marshall en Mezcla Asfáltica Modificada con polímero EVA (Agregado de origen volcánico).....	64
4.1.6.5 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall en una Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero EVA (Agregado de origen volcánico). ..	65
4.1.6.6 Contenido Óptimo de Polímero Etileno Vinil Acetato EVA (Mezcla con agregado volcánico).	68
4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	69
4.2.1. Comparación entre una mezcla con agregado convencional y una con escoria y arena volcánica.....	69
4.2.2. Comparación de los resultados de la Mezcla con agregado convencional y adicionada con Polímero EVA.	72
4.2.3. Comparación de los resultados de una Mezcla con agregado de origen volcánico y adicionada con Polímero EVA.	74
4.3. ANÁLISIS DE COSTOS	76
4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	77
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1. CONCLUSIONES	78
5.2. RECOMENDACIONES	79
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....	80
1. BIBLIOGRAFÍA.....	80
2. ANEXOS.....	83
2.1. Resultados de los ensayos realizados en los agregados convencionales.	83

2.2. Resultados de los ensayos realizados en los agregados de origen volcánico (escoria y arena).	88
2.3. Resultados de los ensayos realizados en el asfalto.	93
2.4. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica con agregado convencional.	94
2.5. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico (escoria y arena).	97
2.6. Granulometría con los diferentes porcentajes de asfalto	100
2.7. Granulometría con los diferentes porcentajes de asfalto y EVA para la mezcla con agregado convencional.	105
2.8. Granulometría con los diferentes porcentajes de asfalto y EVA para la mezcla con agregado volcánico.	109
2.9. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica modificada (Agregado convencional).....	113
2.10. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica modificada (Agregado volcánico).	115
2.11. Factor de corrección para la Estabilidad Marshall.	117
2.12. Anexos fotográficos	120

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Proceso de destilación del petróleo y obtención del asfalto.	7
Gráfico 2: Ensayo de viscosidad Saybolt Furol.	11
Gráfico 3: Agregado fino	14
Gráfico 4: Agregado grueso	14
Gráfico 5: Escoria volcánica	15
Gráfico 6: Arena Volcánica	15
Gráfico 7: Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)	24
Gráfico 8: Máquina Marshall.	28
Gráfico 9: Representación de volúmenes en la briqueta compactada.	31
Gráfico 10: Peso Específico vs. Contenido de Asfalto	48
Gráfico 11: Vacíos con aire vs. Contenido de Asfalto	48
Gráfico 12: Vacíos en el Agregado Mineral vs. Contenido de Asfalto	49
Gráfico 13: Vacíos llenos de Asfalto vs. Contenido de Asfalto	49
Gráfico 14: Estabilidad vs. Contenido de Asfalto	50
Gráfico 15: Fluencia vs. Contenido de Asfalto	50
Gráfico 16: Peso Bulk vs. Contenido de Asfalto	53
Gráfico 17: Vacíos con aire vs. Contenido de Asfalto	53
Gráfico 18: Vacíos en el agregado mineral vs. Contenido de Asfalto	54

Gráfico 19: Vacíos llenos de asfalto vs. Contenido de Asfalto	54
Gráfico 20: Estabilidad vs. Contenido de Asfalto	55
Gráfico 21: Fluencia vs. Contenido de Asfalto.....	55
Gráfico 22: Peso Específico vs. Contenido de EVA.....	60
Gráfico 23: Vacíos con aire vs. Contenido de EVA	60
Gráfico 24: Vacíos en el Agregado Mineral vs. Contenido de EVA	61
Gráfico 25: Vacíos llenos de Asfalto vs. Contenido de EVA.....	61
Gráfico 26: Estabilidad vs. Contenido de EVA	62
Gráfico 27: Fluencia vs. Contenido de EVA	62
Gráfico 28: Peso Bulk vs. Contenido de EVA.....	65
Gráfico 29: Vacíos con aire vs. Contenido de EVA	65
Gráfico 30: Vacíos en el agregado mineral vs. Contenido de EVA	66
Gráfico 31: Vacíos llenos de asfalto vs. Contenido de EVA.....	66
Gráfico 32: Estabilidad vs. Contenido de EVA	67
Gráfico 33: Fluencia vs. Contenido de EVA	67
Gráfico 34: Comparación del Peso específico Bulk entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.	69
Gráfico 35: Comparación del Índice de vacíos con aire entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.	69
Gráfico 36: Comparación del Índice de vacíos en el agregado mineral entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.	70

Gráfico 37: Comparación del Índice de vacíos llenos de Asfalto entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.....	70
Gráfico 38: Comparación de la Estabilidad Marshall entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.	71
Gráfico 39: Comparación del Flujo entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.	71
Gráfico 40: Comparación de los valores de Estabilidad entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).....	72
Gráfico 41: Comparación de los valores de Flujo entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).....	73
Gráfico 42: Comparación de los valores de Estabilidad entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).....	74
Gráfico 43: Comparación de los valores de Flujo entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Requisitos para cementos asfálticos según el MTOP. [8]	9
Tabla N° 2: Grados de Asfaltos para Pavimentos	10
Tabla N° 3: Ficha técnica del asfalto AC-20.....	10
Tabla N° 4: Valores de viscosidad Saybolt Furol para asfalto. [14]	12
Tabla N° 5: Granulometría de agregados para mezclas asfálticas in situ. [8].....	16
Tabla N° 6: Cantidades necesarias para ensayo de peso específico del agregado grueso.	17
Tabla N° 7: Peso de la muestra de acuerdo a la graduación del material.	19
Tabla N° 8: Número de esferas de acuerdo a la muestra.	19
Tabla N° 9: Valores mínimos de equivalente de arena para mezcla en planta.	22
Tabla N° 10: Valores para los ensayos en los agregados, de acuerdo a las normas.	22
Tabla N° 11: Propiedades del Polímero Eva.	25
Tabla N° 12: Parámetros de referencia para el Ensayo Marshall.	29
Tabla N° 13: Parámetros VAM para el Ensayo Marshall.	31
Tabla N° 14: Porcentajes de cemento asfáltico para el Ensayo Marshall.	32
Tabla N° 15: Dosificación de los agregados para las mezclas asfálticas.	33
Tabla N° 16: Especificaciones para mezclas asfálticas in situ. [9]	33
Tabla N° 17: Ensayos con los Agregados	41

Tabla N° 18: Gravedad Específica de los agregados convencionales.	45
Tabla N° 19: Gravedad Específica de los agregados de origen volcánico.	45
Tabla N° 20: Resultados del Ensayo Rice (Agregado Convencional).	46
Tabla N° 21: Resultados del Ensayo Rice (Escoria y arena volcánica).	46
Tabla N° 22: Mezcla Asfáltica convencional (Agregados de la mina Villacrés de Ambato).	47
Tabla N° 23: Contenido Óptimo de Asfalto (Mezcla con agregado convencional).	51
Tabla N° 24: Mezcla Asfáltica con agregados de origen volcánico (Escoria y arena).	52
Tabla N° 25: Contenido Óptimo de Asfalto (Mezcla con agregado volcánico). ...	56
Tabla N° 26: Dosificación de los agregados para la Mezcla modificada con EVA. (Agregado convencional).	57
Tabla N° 27: Dosificación de los agregados para la Mezcla modificada con EVA. (Agregado de origen volcánico).	57
Tabla N° 28: Resultados del Ensayo Rice (Agregado Convencional en Mezcla Modificada).	58
Tabla N° 29: Resultados del Ensayo Rice (Escoria y arena volcánica en Mezcla Modificada).	58
Tabla N° 30: Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero EVA (Agregado convencional de la Mina Villacrés de Ambato).	59
Tabla N° 31: Contenido Óptimo de EVA en Mezcla asfáltica Modificada con Polímero EVA (Agregado convencional).	63

Tabla N° 32: Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero EVA con agregados de origen volcánico (Escoria y arena).....	64
Tabla N° 33: Contenido Óptimo de Asfalto (Mezcla con agregado volcánico). ...	68
Tabla N° 34: Costo por m3 de Mezcla convencional (Agregado convencional). ..	76
Tabla N° 35: Costo por m3 de Mezcla modificada (Agregado convencional).	76
Tabla N° 36: Costo por m3 de Mezcla convencional (Agregado volcánico).....	76
Tabla N° 37: Costo por m3 de Mezcla modificada (Agregado volcánico).	77
Tabla N° 38: Granulometría del agregado fino.	83
Tabla N° 39: Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino.	84
Tabla N° 40: Equivalente de arena del agregado fino.....	84
Tabla N° 41: Granulometría del agregado grueso.....	85
Tabla N° 42: Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso.	86
Tabla N° 43: Abrasión del agregado grueso.	86
Tabla N° 44: Recubrimiento y peladura.....	87
Tabla N° 45: Porcentaje de caras fracturadas.....	87
Tabla N° 46: Granulometría de la arena volcánica.	88
Tabla N° 47: Densidad real y capacidad de absorción de la arena volcánica.	89
Tabla N° 48: Equivalente de arena de la arena volcánica.	89
Tabla N° 49: Granulometría de la escoria volcánica.....	90
Tabla N° 500: Densidad real y capacidad de absorción de la escoria volcánica. ..	91
Tabla N° 51: Abrasión de la escoria volcánica.	91

Tabla N° 52: Recubrimiento y peladura de la escoria volcánica.	92
Tabla N° 53: Porcentaje de caras fracturadas de la escoria volcánica.	92
Tabla N° 54: Gravedad específica del asfalto.	93
Tabla N° 55: Ensayo Rice para el 5% de Asfalto.	94
Tabla N° 56: Ensayo Rice para el 5,5% de Asfalto.	94
Tabla N° 57: Ensayo Rice para el 6% de Asfalto.	95
Tabla N° 58: Ensayo Rice para el 6,5% de Asfalto.	95
Tabla N° 59: Ensayo Rice para el 7% de Asfalto.	96
Tabla N° 60: Ensayo Rice para el 5% de Asfalto.	97
Tabla N° 61: Ensayo Rice para el 5,5% de Asfalto.	97
Tabla N° 62: Ensayo Rice para el 6% de Asfalto.	98
Tabla N° 63: Ensayo Rice para el 6,5% de Asfalto.	98
Tabla N° 64: Ensayo Rice para el 7% de Asfalto.	99
Tabla N° 65: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 5% de asfalto.	100
Tabla N° 66: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 5,5% de asfalto.	101
Tabla N° 67: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 6% de asfalto.	102
Tabla N° 68: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 6,5% de asfalto.	103

Tabla N° 69: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 7% de asfalto.	104
Tabla N° 70: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 0% de EVA.	105
Tabla N° 71: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 2% de EVA.	106
Tabla N° 72: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 3% de EVA.	107
Tabla N° 73: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 4% de EVA.	108
Tabla N° 74: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada y el 6,6% de Asfalto y 0% de EVA. (Agregado volcánico).	109
Tabla N° 75: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,6% de Asfalto y el 2% de EVA. (Agregado volcánico).	110
Tabla N° 76: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,6% de Asfalto y el 3% de EVA. (Agregado volcánico).	111
Tabla N° 77: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,6% de Asfalto y el 4% de EVA. (Agregado volcánico).	112
Tabla N° 78: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 0% de EVA.	113
Tabla N° 79: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 2% de EVA.	113
Tabla N° 80: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 3% de EVA.	114
Tabla N° 81: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 4% de EVA.	114
Tabla N° 82: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 0% de EVA.	115
Tabla N° 83: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 2% de EVA.	115

Tabla N° 84: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 3% de EVA.	116
Tabla N° 85: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 4% de EVA.	116
Tabla N° 86: Factor de Corrección de la Estabilidad Marshall de acuerdo al espesor de la briqueta.	117

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

“ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA), ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL”

AUTOR: Cristina Isabel Romero Bayas

TUTOR: Ing. M. Sc. Lorena Pérez

FECHA: Junio 2017

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo experimental se analizan los resultados obtenidos de un estudio realizado para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica adicionada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA). Además, se utilizaron dos tipos de material pétreo para la conformación de las mezclas, material convencional obtenido en la Mina Villacrés y material de origen volcánico obtenido en la ciudad de Baños, esto con la finalidad de determinar la idoneidad de cada material para la elaboración de la mezcla. Para alcanzar los objetivos propuestos se utilizó el ensayo Marshall.

En primera instancia se efectuaron ensayos con los agregados fino y grueso, de acuerdo a las especificaciones de las respectivas normas. Seguidamente se realizó ensayos en el asfalto para determinar las propiedades necesarias y verificar si es apto para su utilización en la mezcla. Después se obtuvo el polímero Eva con su respectiva ficha técnica, en la Empresa Plasticaucho Industrial. Finalmente se

procedió a elaborar 15 briquetas con mezcla convencional y 15 con mezcla con agregados de origen volcánico; 3 probetas con cada porcentaje de asfalto: 5, 5,5, 6, 6,5 y 7%, de las cuales se obtuvo el 6,4% y 6,6% como porcentaje óptimo de asfalto para cada clase de mezcla respectivamente. Una vez realizado eso se procedió a elaborar 12 briquetas con el porcentaje óptimo de asfalto y el 0, 2, 3 y 4% de EVA; 3 probetas para cada porcentaje, obteniendo como resultado un incremento importante de la estabilidad con el 6,4% de asfalto y 3,3% de EVA para la mezcla convencional y 6,6% de asfalto y 3,2% de EVA para la mezcla con escoria y arena volcánica. Los valores de flujo también se optimizan significativamente con estos porcentajes, lo que indica claramente que la incorporación de Polímero EVA en la mezcla asfáltica mejora las propiedades de la mezcla.

Como consecuencia del presente estudio se da viabilidad a la utilización de EVA para el mejoramiento de las mezclas asfálticas, además de dejar un precedente para futuras investigaciones sobre los beneficios de utilizar este polímero en mezclas modificadas en el Ecuador.

TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO

FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING

CAREER OF CIVIL ENGINEERING

THEME:

“STUDY OF THE BEHAVIOR OF A CONVENTIONAL ASFALIC MIXTURE AND AN ASFALIC MIXTURE WITH AGGREGATE OF VOLCANIC ORIGIN (ESCORIA AND SAND), ADDED WITH ETHYLENE POLYMER VINYL ACETATE (EVA), USING THE MARSHALL TEST”

AUTHOR: Cristina Isabel Romero Bayas

TUTOR: Ing. M. Sc. Lorena Pérez

DATE: Junio 2017

ABSTRACT

In the present experimental project, the results obtained from a study are analyzed to improve the properties of the asphalt mixture with Polymer Ethylene Vinyl Acetate (EVA). Besides, two types of stone material were used for shaping the blends which are conventional materials from the Villacrés Mine and material of volcanic origin from the city of Baños, in order to determine the suitability of each material for the preparation of the mixture. To achieve the proposed objectives, the Marshall test was used.

In first instance tests were performed with the fine and coarse aggregates, according to the specifications of the respective standards. Tests were then carried out on the asphalt to determine the required properties and verify if it is suitable for use in the mixture. Afterwards, the Eva polymer was obtained with its respective technical data sheet, in the Industrial Plasticaucho Company. Finally, 15 briquettes with conventional mixture and 15 with aggregates of volcanic origin were elaborated; 3 specimens with each percentage of asphalt: 5, 5,5, 6, 6,5

and 7%, of which 6.4% and 6.6% were obtained as an optimum percentage of asphalt for each class of mixture respectively. Once this was done, 12 briquettes were prepared with the optimum percentage of asphalt and 0, 2, 3 and 4% of EVA; 3 specimens for each percentage, resulting in a significant increase in stability with 6.4% asphalt and 3.3% EVA for the conventional blend and 6.6% asphalt and 3.2% EVA for the mixture with scoria and volcanic sand. The flow values are also optimized significantly with these percentages, which clearly indicates that the incorporation of EVA Polymer in the asphalt mixture improves the properties of the blend.

As a consequence of the present study, it is feasible to use EVA for the improvement of asphalt mixtures, in addition to setting a precedent for future research on the benefits of using this polymer in modified mixtures in Ecuador.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Tema del trabajo experimental

Estudio del comportamiento de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico (escoria y arena) adicionadas con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) utilizando el ensayo Marshall.

1.2. Antecedentes

Primer fuente de información:

Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática. Universidad Central del Ecuador.

Apellido y nombres del autor:

Maila Paucar Manuel Elías.

Lugar y año de investigación:

Quito, 2013.

Tema:

Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA).

Conclusiones:

- De acuerdo a los ensayos realizados en pruebas de laboratorio se determinó que se tiene una notable mejora en las propiedades mecánicas tales como módulo dinámico elástico, resistencia a las tensión indirecta, resistencia a la pérdida por desgaste, estabilidad, flujo y susceptibilidad térmica de la mezcla modificada con respecto a la mezcla convencional,

por lo que se puede asegurar que los daños viales van a disminuir con la utilización de esta mezcla.

- La mezcla modificada óptima de la investigación quedó constituida por 60 por ciento de agregado grueso, 40 por ciento de agregado fino 6,3 por ciento de asfalto y 3 por ciento de polímero EVA (en peso de asfalto).
- Un aspecto muy importante a considerar en la construcción de obras viales es el factor económico, como se observó en el numeral 7.7 del capítulo 7 la diferencia de costos en la fabricación de pavimentos con mezcla modificada frente a la mezcla convencional tiene un ahorro en costo del 5.5 por ciento, lo que demuestra la conveniencia de la utilización de la mezcla modificada y teniendo en cuenta que por sus propiedades físico-mecánicas la vida útil será mayor el ahorro será aún mayor.
- Se determinó que porcentajes de adición de polímero mayores al 5 por ciento no muestran resultados satisfactorios.

Segunda fuente de información:

Escuela de Construcción Civil. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Universidad Austral de Chile.

Apellido y nombres del autor:

Wulf Rodríguez Fernando Andrés.

Lugar y año de investigación:

Chile, 2008.

Tema:

Análisis de pavimento asfáltico modificado con Polímero.

Conclusiones:

- Al analizar los resultados obtenidos de estabilidad y fluencia queda demostrado que las mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos modificados posee un mejor comportamiento que las mezclas elaboradas con asfalto convencional, tal como se esperaba, ya que la finalidad de modificar los asfaltos es mejorar sus propiedades.
- Los asfaltos modificados con polímero, tienen una mayor capacidad de mantener su forma bajo las presiones a las cuales son sometidos.
- Como se observó en las pruebas de laboratorio realizadas en ambos materiales, podemos decir que el asfalto modificado con polímero, debido a su alta estabilidad puede ser sometido a una carga máxima mayor que el asfalto tradicional.

1.3. Justificación

Con el surgimiento de la industria automotriz, el asfalto se ha convertido en el material más usado en la construcción de vías de todo tipo. Actualmente en todo el mundo se producen alrededor de 115 millones de toneladas de asfalto; más del 85% se utiliza para la edificación de carreteras y el 15% restante para aplicaciones industriales. Cabe recalcar que el uso del asfalto como ligante y material de construcción se remonta al periodo Paleolítico, hace 40000 años. Mucho antes de la era cristiana; el homo sapiens lo utilizaba para edificar los zigurats, en la construcción de barcos por la civilización Sumeria, como relleno del cuerpo en la momificación por los egipcios, para la construcción de carreteras por los Babilónicos. En la era moderna, el primer uso conocido de asfalto se da en Francia en 1802 y en 1824 se empezó a fabricar adoquines de asfalto. Por esta razón, actualmente se ha dado gran impulso a los estudios para la utilización, aplicación y mejoramiento del asfalto, con el fin de proveer mejores materiales de construcción que optimicen los recursos utilizados.[1] [2]

En Ecuador se utiliza pavimento asfáltico de fabricación nacional, obtenido en las refinерías nacionales, para la construcción y mantenimiento de casi todo el sistema vial del país. Uno de los problemas más recurrentes que se presentan en las carreteras es la mala calidad de las capas de rodadura, las cuales se fisuran o desprenden causando molestias en el tráfico vehicular. Por lo cual, se han provocado críticas generalizadas de los usuarios. Esto conlleva la necesidad de realizar frecuentes reparaciones como el bacheo o el sellado de fisuras, por lo que la vida útil y la serviciabilidad del pavimento se ven seriamente afectadas.[3]

Hoy por hoy en nuestro país el crecimiento poblacional, el desarrollo de las urbes y por ende el aumento de circulación vehicular han provocado mayores demandas de capacidad, resistencia y consistencia de los pavimentos asfálticos, por lo que se realizan estudios para aumentar la durabilidad del pavimento y minimizar su deterioro. También existe la necesidad latente de reducir la susceptibilidad térmica con la finalidad de lograr una mejor respuesta ante tránsito pesado y clima riguroso. La adición de EVA en las mezclas asfálticas tiene el propósito de modificar las propiedades mecánicas de las mismas, sometidas a diferentes condiciones de carga y de medio ambiente, para mejorar su comportamiento estructural, de manera que se optimice la calidad de la capa de rodadura. En conjunto, para lograr una capa de rodadura que satisfaga las exigencias de la normativa y de la función que va a realizar, se deben utilizar agregados y asfaltos de buena calidad, así como utilizar una dosificación adecuada.[4]

El método Marshall es un ensayo dirigido a determinar el diseño óptimo de una mezcla asfáltica. Este método solo se utiliza para mezclas asfálticas en caliente con agregados de máximo 1 pulgada de diámetro, y puede ser utilizado para el diseño en laboratorio y el control de campo de mezclas asfálticas. El método Marshall manifiesta mayor importancia a las propiedades densidad/vacíos del material asfáltico, con la finalidad de obtener las proporciones volumétricas adecuadas de los componentes según las exigencias de servicio y garantizar una mezcla durable.[5]

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Estudiar el comportamiento de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico (escoria y arena) adicionadas con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) utilizando el ensayo Marshall.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar las propiedades fundamentales de la mezcla asfáltica como son: densidad, adherencia, flujo, estabilidad, deformación y el contenido de vacíos en la Mezcla.
- Obtener la fórmula maestra tanto para la mezcla asfáltica convencional como para la mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico.
- Analizar comparativamente una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico.
- Analizar comparativamente una mezcla asfáltica convencional adicionada con Polímero Etileno Vinil Acetato y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico adicionada con Polímero Etileno Vinil Acetato.

CAPÍTULO II.

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Fundamentación Teórica

2.1.1. El asfalto

En nuestro país, existe un problema persistente, como es, el deterioro prematuro de las principales vías de acceso y comunicación, así como de avenidas y calles de hormigón asfáltico, debido a muchos factores que inciden directamente en el tiempo de vida útil del pavimento asfáltico, así como en sus niveles de serviciabilidad y comodidad.

Entre los factores que provocan un deterioro en el pavimento está el incremento de la población y por ende el tipo y cantidad de tráfico al que están expuestas las vías de tránsito. A esto se suma los repentinos cambios climáticos que están sucediendo actualmente en todo el mundo, por lo que, la necesidad de innovar y optimizar los hormigones asfálticos por medio de la utilización de nuevos materiales que ayuden a mejorar las propiedades y el comportamiento del pavimento frente a las exigencias actuales del medio. [4]

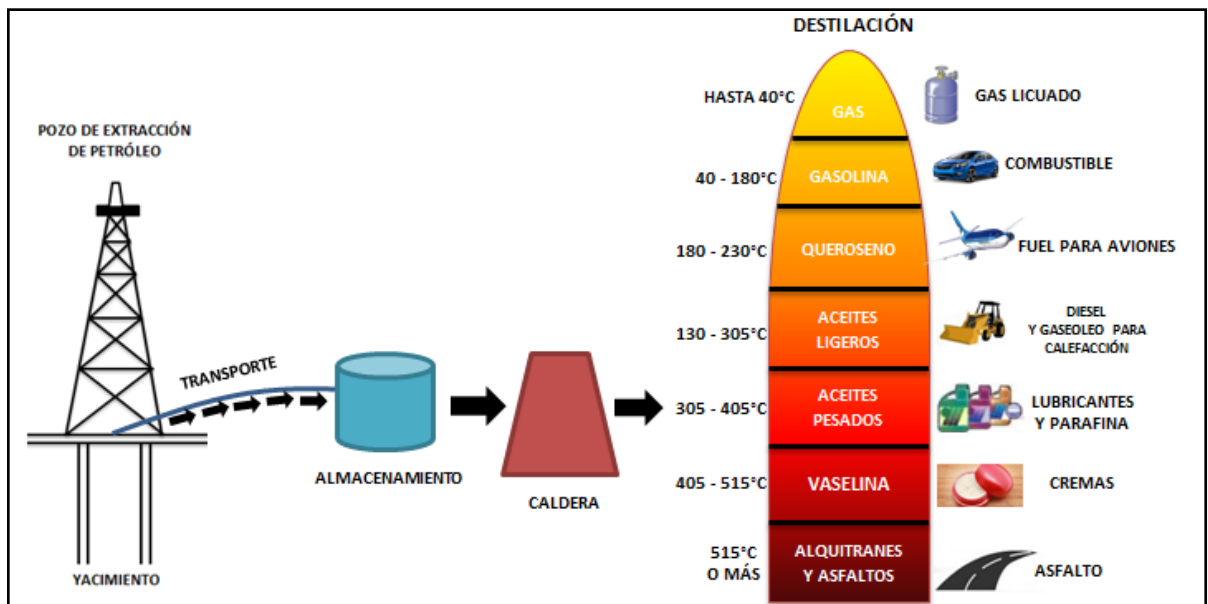
El asfalto se ha utilizado desde la antigüedad para la construcción de vías, ya que por sus características, resulta apto para resistir las cargas del tráfico y las inclemencias del medio ambiente, siempre que el proceso de elaboración de la mezcla asfáltica sea el adecuado. Las principales propiedades favorables para la utilización en vías son la impermeabilidad, la adherencia y la cohesividad que presenta a temperaturas normales.

Se describe como un material bituminoso, compuesto de minerales y betún, que se lo puede obtener mediante la destilación del petróleo o encontrar en yacimientos naturales en los cuales la destilación se ha producido naturalmente. Al realizar la destilación fraccionada del petróleo se logra separar sus distintos grupos de

hidrocarburos de diferente volatilidad, llamados también productos, entre los cuales se obtiene el asfalto. [7]

En el siguiente gráfico se describe brevemente el proceso de destilación del crudo, mediante el cual se obtiene el asfalto:

Gráfico 1: Proceso de destilación del petróleo y obtención del asfalto.



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

Al ser la fracción más pesada del petróleo crudo, el asfalto es la porción residual, es decir, la que se queda en el fondo, producto de la destilación atmosférica y destilación al vacío, teniendo un punto de ebullición más elevado que los demás derivados más livianos.

2.1.1.1. Composición del asfalto

Según la composición del petróleo, se puede clasificar en petróleos de base asfáltica, parafínica o mixta. Los petróleos crudos de base asfáltica o nafténica son los idóneos para obtener asfalto, gracias a su alta viscosidad y su composición, que deja como residuo grandes cantidades de asfalto. Los petróleos de base mixta también se utilizan para la producción de asfalto como residuo de la destilación, ya que a nivel mundial, la mayoría de yacimientos de crudo contienen petróleo de esta naturaleza. [6]

La composición química del asfalto es básicamente la mezcla de hidrocarburos (moléculas de hidrógeno y carbono) y otros elementos en cantidades mínimas como azufre, oxígeno, nitrógeno, etc. Al diluir asfalto con heptano se logra separar en dos fases principales: asfaltenos y maltenos. Los asfaltenos dan al asfalto su color y dureza, mientras que los maltenos se componen de resinas y aceites. Las resinas dan al asfalto su propiedad adhesiva, mientras que los aceites desempeñan el papel de transporte de los asfaltenos y las resinas. [4]

2.1.1.2. Características del asfalto

Los asfaltos utilizados para la construcción de carreras deben poseer características aglomerantes e impermeabilizantes, además de poseer una buena flexibilidad que facilite el manejo y colocación, así como durabilidad y buena resistencia a factores como sales, álcalis, ácidos y envejecimiento.

Estas características dependen directamente de la composición del asfalto, por lo que se realizan ensayos empíricos para valorar y cuantificar las propiedades que posee el asfalto, de manera que se pueda diseñar una adecuada mezcla asfáltica para la utilización como ligante. Las principales características o propiedades que deben presentar son:

- Debe tener una buena consistencia, la cual depende de la temperatura. A temperaturas altas debe ser capaz de envolver completamente a los agregados, y al enfriarse debe poseer la suficiente dureza para dar cohesión a la mezcla.
- Debe poseer un adecuado comportamiento mecánico, de manera que sea capaz de mantener la estructura de la mezcla asfáltica, cumpliendo su función, resistiendo las cargas impuestas por el tráfico y el medio ambiente.
- Debe también ser capaz de conservar sus propiedades durante la vida útil, y así mantener la estructura de la mezcla con el paso del tiempo y la acción de agentes externos.
- Debe ser manejable a temperaturas altas, sin peligro de inflamación, tomando en cuenta las temperaturas a las que se funde el asfalto.

- Debe volver impermeable a la mezcla, protegiéndola de la penetración del agua tanto de las precipitaciones, como del agua del subsuelo que asciende por acción capilar.
- Una vez enfriado el asfalto debe ofrecer flexibilidad a la mezcla, permitiéndole acomodarse sin dar paso al fisuramiento. En caso de que se produzca una consolidación del suelo.

Hay que tener en cuenta que para que el asfalto cumpla todas estas funciones favorablemente, la elaboración del pavimento debe respetar las especificaciones del diseño. [7]

Tabla N° 1: Requisitos para cementos asfálticos.

ENSAYOS	60 - 70		85 - 100	
Betún Original	MÍNIMO	- MÁXIMO	MÍNIMO	- MÁXIMO
Penetración (25°C, 100gr, 5s)mm/10	60	70	85	100
Punto de ablandamiento A y B, °C	48	57	45	63
Índice de penetración	-1,5	+1,5	-1,5	+1,5
Ductilidad (25°C, 5 cm/min), cm	100	-----	100	-----
Contenido de agua (en volumen) %	-----	0,2	-----	0,2
Solubilidad en Tricloroetileno, %	99	-----	99	-----
Punto de inflamación, Copa Clevelan, °C	232	-----	232	-----
Densidad relativa, 25°C/25°C	1,00	-----	1,00	-----
Ensayo de la mancha	NEGATIVO		NEGATIVO	
Contenido de parafinas	-----	2,2	-----	2,2

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas. [8]

En el presente trabajo se utilizará el asfalto **Tipo AC-20**, que es el más utilizado para la elaboración en caliente de carpetas asfálticas y el más común en el país. Cabe anotar que el asfalto obtenido posee una ficha técnica en donde se especifican las propiedades que rigen el material.

Tabla N° 2: Grados de Asfaltos para Pavimentos.

Grados de penetración	Grados AC (Asphalt Cement)
40 - 50	AC - 40
60 - 70	AC - 20
85 - 100	AC - 10
120 - 150	AC - 5
200 - 300	AC - 2,5

Fuente: N-CMT-04-05-001/00 Materiales para Pavimentos [14]

El asfalto AC-20 está clasificado según la norma **ASTM D-3381** (Clasificación Estándar por Grado de Viscosidad para Cementos asfálticos utilizados en Pavimentación) por su viscosidad absoluta a 60°C, medida en Poises (P), de la siguiente manera:

- **AC- 20 (2000 ± 400):** utilizado en la fabricación de mezclas en caliente, emulsiones asfálticas usadas en morteros y carpetas de mezclas en frío.

Tabla N° 3: Ficha técnica del asfalto AC-20.

FICHA TÉCNICA ASFALTO AC-20		
ENSAYO	ANÁLISIS TÍPICO	NORMA ASTM
Viscosidad a 60 °C, Poises	1600 Mín. - 2400 Máx.	D 2171-01
Viscosidad Cinemática a 135°C, cSt	300 Mín.	D 2170-01a
Penetración 100 g/5 seg/ 25°C 1/10 mm	60 Mín.	D 5-97
Temperatura de inflamación CAC, °C	232 Mín.	D 92-02a
Pérdida por Calentamiento %peso	0,5 Máx.	D 1754-97

Fuente: Constructora A&P.

2.1.2. Reología del asfalto

La reología es la ciencia que se encarga de estudiar la deformación de un material bajo la acción de fuerzas externas. Para obtener las propiedades reológicas del material analizado se debe estudiar la relación existente entre el esfuerzo aplicado y la reacción que produce, misma que puede presentarse como deformación o flujo. Cualquier material puede sufrir una deformación o flujo bajo la acción de

fuerzas lo suficientemente grandes (mismas que se representan como cortantes) aplicadas por un período de tiempo.

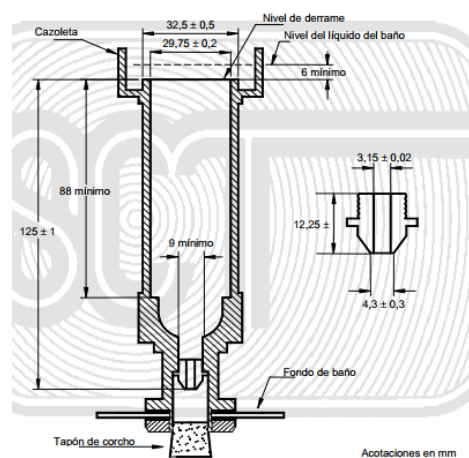
En los asfaltos, la reología es primordial para determinar las variaciones en el comportamiento del flujo a través del tiempo al aplicarse una carga. Una de las propiedades más importantes a analizar aquí es la viscosidad, la cual es la base para lograr una adecuada manipulación al momento de elaborar la mezcla asfáltica así como al momento de la colocación en obra.

El comportamiento reológico del asfalto depende directamente de la temperatura, la carga y el tiempo al que se somete. Se ha determinado que, a baja temperatura e intervalos de tiempo cortos, el asfalto presenta características elásticas, mientras que a temperaturas altas e intervalos de tiempo mayores, pierde la elasticidad, deformándose de forma permanente y fluyendo. La elasticidad del material depende de su composición, siendo diferente para cada tipo de asfalto. [10] [11]

2.1.2.1 Ensayo de Viscosidad

El propósito de este ensayo es conocer el estado de fluidez o consistencia del asfalto a temperaturas típicas durante el mezclado (135°C). Las especificaciones en la ficha técnica del asfalto muestran la viscosidad a 60°C , ya que ésta es la temperatura máxima que se tiene en la calzada en servicio. Esta propiedad se mide mediante el ensayo Saybolt – Furol.

Gráfico 2: Ensayo de viscosidad Saybolt Furol.



Fuente: M-MMP-4-05-004/00 Métodos de muestreo y prueba de materiales [35]

Básicamente el ensayo consiste en establecer el tiempo (segundos) que tarda en fluir 60 ml de muestra, a través del orificio Furol (orificio calibrado), bajo temperatura y condiciones controladas. El tiempo resultante debe corregirse con un factor que depende de la abertura del orificio y reportarse como la viscosidad del asfalto a dicha temperatura, en Segundos Saybolt Furol (SSF). [11][12]

En la tabla a continuación, se presentan los valores de viscosidad permisible según las especificaciones del MTOP:

Tabla N° 4: Valores de viscosidad Saybolt Furol para asfalto. [14]

ENSAYOS	60 - 70	85 - 100
Betún Original	MÍNIMO - MÁXIMO	MÍNIMO - MÁXIMO
Viscosidad a 135°C Saybolt Furol (SSF)	120 -----	110 -----

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

Este ensayo se rige por la norma **ASTM E-102**, donde se describen las especificaciones del equipo y procedimiento.

2.1.2.2 Ensayo de recubrimiento y peladura

Se utiliza para valorar de manera empírica el efecto producido por el agua en la película de asfalto que cubre al agregado, valorando así la afinidad asfalto-agregado. Se denomina también Ensayo Stripping o de adhesividad pasiva. La valoración que se realiza es visual, de manera que depende del buen criterio del profesional que realiza la prueba. El ensayo está debidamente normado por la **ASTM D – 3625**, en la que se especifica, entre otras cosas, el tamaño del agregado (pasa el tamiz 3/8 y retiene el N° 4), mismo que debe estar completamente seco. [13]

2.1.2.3 Peso específico del asfalto

El peso específico del asfalto es utilizado para determinar los vacíos existentes en los pavimentos, por lo que resulta ser un dato de relevancia para el estudio de las mezclas asfálticas. El peso específico es la relación del peso de un volumen determinado de material al peso de igual volumen de agua, ambos materiales a

una temperatura especificada. Es importante tener en cuenta que muchos materiales (entre ellos el asfalto) reaccionan ante los cambios de temperatura, es decir, se dilatan con el calor y se contraen con el frío, por lo que resulta de vital importancia fijar la temperatura del asfalto y del agua al momento de realizar el ensayo, para obtener un valor válido de peso específico.

El método más usado para realizar este ensayo es el del picnómetro, regido por la norma **ASTM D-70**.

$$PE_{ASF} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$$

Donde:

- A** Masa del picnómetro (más el tapón)
- B** Masa del picnómetro lleno de agua
- C** Masa del picnómetro parcialmente lleno de asfalto
- D** Masa del picnómetro + asfalto + agua

2.1.3. Los agregados

Se entiende por agregados a los minerales producto de la erosión o trituración de rocas, que se utilizan en forma de fragmentos de diferente graduación para diversas obras de construcción y cumplen diferentes funciones dentro de las mezclas, incluyendo la construcción de pavimentos asfálticos. De acuerdo a su granulometría, pueden denominarse grava, arena, piedra triturada, escoria y polvo de roca, los cuales pueden clasificarse en normales, ligeros y pesados, según su peso específico. [15]

2.1.3.1. Agregado fino

El agregado fino, también conocido como arena, resulta de la desintegración de las rocas o a su vez de la trituración de las mismas. Es la fracción que pasa el tamiz #4 (4.75mm) y es retenida en el tamiz #200. El agregado fino utilizado en la

construcción debe estar limpio, es decir, libre de materia orgánica y de otras impurezas que pueden afectar al agregado y la mezcla. [15]

Gráfico 3: Agregado fino



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

2.1.3.2. Agregado grueso

El agregado grueso se constituye de roca, grava o piedra bola triturada y previamente analizada en el laboratorio para garantizar su calidad. Es la fracción mayor a 5 mm y retenida en el tamiz #4. Al ser triturado el material, se consiguen partículas angulosas y ásperas, mejorando así la adherencia de la pasta aglomerante a las caras de los fragmentos y brindando mayor resistencia a la mezcla. Al igual que la arena, éste debe estar libre de impurezas y productos químicos que pueden haber sido absorbidos. [15]

Gráfico 4: Agregado grueso



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

2.1.3.3. Agregado de origen volcánico

2.1.3.3.1. Escoria volcánica

Se conoce como escoria volcánica a los materiales de origen volcánico producto de la espuma de la lava que se ha solidificado. Este proceso sucede cuando la lava contiene demasiado gas que busca salir a la superficie, formando burbujas que luego se enfrían y forman fragmentos de distintos tamaños. La escoria volcánica tiene una forma vesicular característica parecido a una esponja, al igual que la piedra pómez, pero con mayor densidad.

Gráfico 5: Escoria volcánica



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

2.1.3.3.2. Arena volcánica

La arena volcánica se obtiene de las piedras volcánicas. Estas rocas se forman de la siguiente manera: durante la actividad volcánica, se emanan rocas que al exponerse al calor producido por el volcán se derriten y hierven. Mediante este proceso se despiden las impurezas que pueden estar contenidas en la roca, al mismo tiempo que el borboteo da lugar a un efecto efervescente en el material. Al producirse una erupción, el material es expulsado a la superficie dando paso a que se enfríe, lo que da como resultado piedras porosas con millones de celdas diminutas llenas de aire.

Gráfico 6: Arena Volcánica



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

Su color característico es negro, a diferencia de otros tipos de arena como la de playa. Se la utiliza en la construcción en pisos atérmicos o en cubiertas de techo como material refractario, además es utilizada para la elaboración de bloques con arena volcánica, y en muchas aplicaciones industriales como en la remoción de contaminantes tóxicos, remoción del óxido en piezas de metal, etc.

2.1.4. Propiedades físicas y mecánicas de los agregados

Para el presente trabajo se analizarán las siguientes propiedades de los agregados, tanto para el agregado típico como para el agregado de origen volcánico.

2.1.4.1 Granulometría

Es la distribución de las partículas según su tamaño, mediante la utilización de tamices especificados en la norma **ASTM D-422** y norma **INEN 696**. La granulometría permite normar el rango de tamaño de las partículas dentro de la mezcla, además de garantizar que cada tamaño de partícula esté presente en un porcentaje determinado. [15] [16]

La granulometría se expresa en porcentaje en relación al peso total de la muestra. Según las **Especificaciones Generales para la Construcción de puentes y Caminos del MTOP, en el Capítulo 800: MATERIALES, sección 811-3 Agregados para mezcla en sitio**, establece la siguiente granulometría, tomando en cuenta que se va a utilizar material de ½”:

Tabla N° 5: Granulometría de agregados para mezclas asfálticas in situ. [8]

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	¾”	½”	3/8”	N°4
1” (25.4 mm)	100	---	---	---
¾” (19.0 mm)	90 – 100	100	---	---
½” (12.7 mm)	---	90 – 100	100	---
3/8” (9.50 mm)	56 – 80	---	90 – 100	100
N°4 (4.75 mm)	35 – 65	44 – 74	55 – 85	80 – 100
N°8 (2.36 mm)	23 – 49	28 – 58	32 – 67	65 – 100
N°16 (1.18 mm)	---	---	---	40 – 80
N°30 (0.60 mm)	---	---	---	25 – 65
N°50 (0.30 mm)	5 – 19	5 – 21	7 – 23	7 – 40
N°100 (0.15 mm)	---	---	---	3 – 20
N°200 (0.075 mm)	2 – 8	2 - 10	2 - 10	2 - 10

Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

2.1.4.2. Propiedades del agregado grueso

2.1.4.2.1 Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso

Para la realización de este ensayo, se deben seguir las especificaciones de la norma ASTM C-127 y norma INEN 857 se especifica el procedimiento a seguir para un correcto análisis de la densidad (gravedad específica) y la capacidad de absorción del agregado grueso. Este último se analiza mediante la sumersión de las partículas en agua por 24 horas y se expresa en porcentaje de acuerdo al peso total de la muestra. [19]

En este caso se analizarán los siguientes tamaños nominales, de acuerdo a los cuales se debe determinar la cantidad de material necesario para la muestra:

Tabla N° 6: Cantidades necesarias para ensayo de peso específico del agregado grueso.

Tamaño nominal máximo		Cantidad de material para el ensayo
Pulg.	mm	Kg.
1 ½	37.5	5
1	25.0	4
½	19.0	3
¾	Hasta 12.5	2

Fuente: Norma ASTM C-127.

En la tabla se muestran solo los tamaños de agregado grueso a utilizar para el ensayo Marshall.

- Para calcular el peso específico del agregado grueso en condiciones SSS (saturado superficie seca) se utiliza la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{B}{B - C}$$

- Para el cálculo de la capacidad de absorción del agregado grueso se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Absorción} = \frac{(B - A)}{A} * 100$$

Donde:

- A** Masa muestra (seca al horno)
- B** Masa muestra en condiciones SSS
- C** Masa aparente de muestra saturada

2.1.4.2.2 Resistencia al desgaste por abrasión

Este método permite medir el desgaste que se produce sobre las partículas de agregado por la combinación de impacto y rozamiento superficial. Para este fin se utiliza la Máquina de los Ángeles, que posee un tambor giratorio metálico, donde se genera una carga abrasiva por medio de esferas metálicas contenidas en el tambor para ensayar la muestra. El principio de análisis es la cantidad de material fino que se produce por efecto del golpeteo producto de dicha carga abrasiva. Esta resistencia al desgaste es un índice de calidad del agregado, ya que aporta datos sobre la capacidad o resistencia que posee.

El ensayo está normado por **ASTM C-131** y la norma **INEN 860**, y se expresa en porcentaje de abrasión o desgaste con respecto al peso de la muestra antes y después de ser ensayada. Se considera que entre menor sea el desgaste mayor es la resistencia, que significa un mejor desempeño para resistir las cargas del tránsito vehicular. De acuerdo a la normativa el MTOP, el desgaste no puede ser mayor al **40%** en relación al peso de la muestra (para hormigón asfáltico). [19]

La carga a producir depende del número de esferas utilizadas, mismo que depende directamente de la graduación del material a ensayar. A continuación se

especifica, de acuerdo a la norma, las cantidades de muestra y el número de esferas necesarias:

Tabla N° 7: Peso de la muestra de acuerdo a la graduación del material.

TAMAÑO DE LA MALLA (Abertura cuadrada) Pulg.		PESOS DE LOS TAMAÑOS INDICADOS gr.			
		GRADUACIÓN			
Pasa:	Se retiene en:	A	B	C	D
1 ½	1	1250 ± 25			
1	¾	1250 ± 25			
¾	½	1250 ± 10	2500 ± 10		
½	3/8	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8	¼			2500 ± 10	
¼	N°4			2500 ± 10	
N°4	N°8				5000 ± 10
TOTAL		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

Fuente: Tabla 1 de la norma ASTM C-131.

Tabla N° 8: Número de esferas de acuerdo a la muestra.

GRADUACIÓN	N° de esferas	Peso de la carga (gr.)
A	12	5000 ± 25
B	11	4584 ± 25
C	8	3330 ± 25
D	6	2500 ± 25

Fuente: Nota 5 de la norma ASTM C-131.

Además se anota los principales requisitos para la correcta realización del ensayo (para graduación tipo B que corresponde al tamiz de malla cuadrada de ½”):

- **Esferas:** diámetro 1 27/32 pulgadas; peso entre 390 y 445 gr. (**11 esferas**).
- **Revoluciones necesarias** (Máquina de los Ángeles): 500.
- **Velocidad a que debe girar** (Máquina de los Ángeles): 30 a 33 r.p.m.

Una vez ensayada la muestra, se la hace pasar por el tamiz N°12, separando así la parte desgastada por las esferas. Mediante la siguiente fórmula se puede calcular el porcentaje de pérdida producido:

$$D = \frac{B - C}{B} * 100$$

Donde:

- D** Desgaste producido por abrasión (%)
- B** Peso de la muestra inicial (Kg)
- C** Peso de la muestra no desgastada (retenida en el tamiz N°12) (Kg)

2.1.4.2.3 Caras fracturadas

Esta característica es muy importante para aumentar la resistencia del material al esfuerzo cortante, mediante la fricción que se genera entre las partículas del material. Entre más partículas fracturadas existan en el agregado, mayor será la estabilidad y resistencia del pavimento, haciendo al material menos propenso a desplazamientos y aumentando su vida útil. [4]

La norma **ASTM D 5821-95** describe el procedimiento y equipo a utilizar para este ensayo. [20]

El porcentaje de caras fracturadas se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$P = \left[\frac{F + Q/2}{F + Q + N} \right] * 100$$

Donde:

- P** Porcentaje de partículas con caras fracturadas
- F** Peso de las partículas con caras fracturadas
- Q** Peso de las partículas cuestionables
- N** Peso de las partículas que no cumplen con el criterio de fractura

2.1.4.3. Propiedades del agregado fino

2.1.4.3.1 Peso específico

Para la realización de este ensayo se utilizará la norma **ASTM C-128** y norma **INEN 856** siguiendo correctamente el procedimiento descrito para la obtención de resultados confiables. [21]

La prueba arrojará como resultado:

- El peso específico de la muestra ensayada, en condiciones SSS (saturado superficie seca) es la relación existente entre la densidad de los agregados sss y la densidad del agua destilada, en condiciones controladas.

$$PE = \frac{S_1}{DA + R_2 - R_1}$$

- La cantidad de agua absorbida por el agregado al ser sumergida por 24 horas en agua. Sin incluir el agua q se adhiere a la superficie de las partículas. La absorción se expresa como un porcentaje en peso.

$$\%Absorción = \frac{S-A}{A} * 100$$

Donde:

PE	Peso Específico
S	Masa de muestra SSS (ensayo de absorción)
S₁	Masa de muestra SSS (ensayo de peso específico)
R₁ - R₂	Volumen de agua desalojada

2.1.4.3.2 Equivalente de arena

Para este objetivo se debe obtener el porcentaje de materiales finos indeseables presentes en la muestra. Es necesario conocer la cantidad de finos (generalmente arcillas) presentes en el material, ya que al entrar en contacto con el agua, las arcillas producen grandes daños a las mezclas asfálticas y por ende al pavimento.

Este ensayo permite saber si el material es adecuado para su utilización. La normativa a utilizar es **ASTM D-2419-95**. Se puede aplicar este ensayo en el campo, a fin de investigar rápidamente la presencia de finos o características arcillosas que pueden ser dañinos para el material.

Los valores para el equivalente de arena se presentan en la siguiente tabla:

Tabla N° 9: Valores mínimos de equivalente de arena para mezcla en planta.

	Equivalente de Arena	
	Tráfico Liviano y Mediano	Tráfico pesado
Base	35	40
Capa de Rodadura	45	50

Fuente: Especificaciones del MTOP. Agregados para mezcla en planta.

Requisitos. [8]

Con la siguiente fórmula se puede calcular el equivalente de arena:

$$SE = \frac{\text{lectura arena}}{\text{lectura de arcilla}} * 100$$

Donde:

SE Equivalente de arena

A continuación se detalla, de acuerdo a cada norma, las especificaciones para los ensayos en los agregados:

Tabla N° 10: Valores para los ensayos en los agregados, de acuerdo a las normas.

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN		NORMA
	MÍN	MÁX	
% Caras Fracturadas	80	-----	ASTM 5821-95
% Equivalente Arena	50	-----	ASTM D 2419
% Abrasión Gruesos	-----	40	INEN 860
P. Esp. Y Abs. Finos	-----		INEN 856
P. Esp. Y Abs. Gruesos	-----		INEN 857

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

2.1.5. El polímero

La palabra polímero proviene del griego “poli” muchos, “mero” partes. Son sustancias constituidas por moléculas gigantes (macro moléculas) con secuencias largas de átomos u moléculas pequeñas (unidades de repetición llamadas **monómeros**) enlazados entre sí con enlaces primarios, formando cadenas con alto peso molecular (100 veces superior al de las moléculas pequeñas como las del agua). [22]

En la actualidad se ha optado por modificar las mezclas asfálticas con polímeros de diferentes tipos, con la finalidad de modificar las propiedades de las mismas, debido a las características especiales que los polímeros poseen.

Las propiedades que presentan los polímeros para su aplicación son: [23] [24]

- Baja densidad
- Alta resistencia a la corrosión
- Alta resistencia mecánica

2.1.5.1. Clasificación de los polímeros

Los polímeros se clasifican de diferente manera, siendo la más básica la clasificación por su origen:

- **Polímeros naturales:** se definen como aquellos que provienen de la naturaleza, es decir se encuentran en el entorno, como son: quitina, almidón, seda, lana, algodón, caucho, celulosa (madera), proteínas, etc.
- **Polímeros semi-sintéticos:** son los que se obtienen de la modificación química de los polímeros naturales, como plásticos celulósicos, caucho vulcanizado, etc.
- **Polímeros sintéticos:** conformados por monómeros que se obtienen por síntesis dentro de un laboratorio. La porcelana, el vidrio, el nailon entran en el grupo de los polímeros sintéticos.

Los polímeros sintéticos presentan un peso molecular comprendido entre 10000 y 500000 uma (a veces puede ser superior) y pueden estar formados de una o más unidades de repetición, **homopolímero** y **copolímero** respectivamente. [25]

El comportamiento de cada tipo de polímero depende de su composición química, es decir, del tipo de átomos y los enlaces que lo conforman, de esta manera se pueden diferenciar los polímeros según su desempeño bajo la acción de la temperatura [23]:

- **Elastómeros:** se deforman fácilmente sin modificar o destruir su estructura.
- **Plastómeros:** al sobrepasar la tensión de fluencia, no recuperan su longitud original, una vez retirada la fuerza.
- **Termoestables:** no fluye bajo altas temperaturas, sino que se destruye su estructura debido a que su alto número de entrecruzamientos impide el desplazamiento de las moléculas.
- **Termoplásticos:** fluyen a altas temperaturas y se endurecen al enfriarse ya que casi no presenta entrecruzamientos en sus moléculas.

En el presente trabajo se utilizará el **Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)**, (polímero plastómero – termoplástico). El **EVA** es un copolímero sintético, formado por dos monómeros: etileno y acetato de vinilo. Para la utilización del polímero EVA no se necesita triturarlo o pulverizarlo, solo se necesita agitar el material a una temperatura determinada (generalmente 180°C durante 2 horas), o colocarlo directamente en la mezcla sin fundirse.[2]

Gráfico 7: Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

El Polímero se obtuvo de la Empresa PLASTICAUCHO INDUSTRIAL en la ciudad de Ambato, con sus respectivas especificaciones técnicas:

Tabla N° 11: Propiedades del Polímero Eva.

SCORENE ULTRA EVA		
UL 00218CC3		
Descripción:		
UL 00218CC3 es un copolímero de Etileno y Vinil Acetato.		
Propiedades del Polímero	Norma	Valores típicos / Unidad
Índice de Fusión	ASTM D 1238	1,7 g/10 min
Densidad	ASTM D 4703 / D 1505	0,940 g/cm ³
Temperatura Máxima de Fusión	ASTM D 3418	86° C / 187° F
Vinil Acetato		18 wt %
Temperatura de Ablandamiento Vicat	ASTM D 1525	62° C / 144° F
Propiedades Moldeadas	Norma	Valores típicos / Unidad
Tracción al 100% de alargamiento	ISO 527-2 / A1 / 100	6 Mpa / 850 psi
Alargamiento a la rotura	ISO 527-2 / A1 / 100	>100%
Módulo Elástico (0,05 - 0,25%)	ISO 527-2 / A1 / 1	50 Mpa / 7500 psi
Dureza Shore - A	ISO 868	89

Fuente: Plasticaucho Industrial.

2.1.6. Diseño de mezclas asfálticas en caliente

Se definen como la combinación (en determinadas proporciones) de asfalto y agregados pétreos utilizados para la elaboración de capas de rodadura en carreteras. La calidad y desempeño de dicha mezcla depende de los porcentajes utilizados y la calidad de los materiales.

Las mezclas asfálticas o aglomerados son usadas para proveer al pavimento una capa de rodadura capaz de transmitir eficientemente las cargas producidas por el tráfico a la estructura en la que está soportada, brindando así comodidad y seguridad, estética y economía a los usuarios de la vía. [26]

Una de las premisas clave que se deben tener en cuenta al momento de realizar una mezcla asfáltica es que la calidad de un pavimento depende directamente de los materiales y el proceso constructivo empleado, ya que el equipo utilizado no puede compensar materiales y procesos de elaboración deficientes. [28]

El propósito del diseño es determinar la adecuada combinación de asfalto y agregados, de manera que cumplan con las demandas del proyecto vial al cual se va aplicar. Ya que la funcionalidad y vida útil de la mezcla depende de eventos externos a los que se ve expuesta (como la temperatura y la intensidad y tiempo

de aplicación de las cargas), los criterios de diseño y propiedades del aglomerado deben estar orientados a estos factores, en cuanto a:

- Durabilidad del pavimento al ser expuesto a condiciones normales de uso y envejecimiento.
- Estabilidad adecuada para satisfacer las demandas del tránsito sin dar paso a desplazamientos o deformaciones.
- Adhesión y cohesión suficientes para adherirse al agregado y mantenerlo firme en su puesto, proporcionando trabajabilidad a la mezcla y evitar la segregación en el colocado de la misma.
- Susceptibilidad a la temperatura, una de las características más valiosas del asfalto, ya que éste debe tener una buena fluidez a altas temperaturas para proveer un buen mezclado y compactación, y a temperatura ambiente debe ser lo suficientemente viscoso para mantener unidas las partículas de agregado.
- Evitar la exudación mediante un contenido de vacíos adecuado, que permita una ligera compactación por el paso de vehículos.

Los factores aquí mencionados son de vital importancia para tener un buen desempeño de la mezcla asfáltica. El diseño de mezcla asfáltica se realizará mediante el método Marshall. [26] [28]

2.1.7. Mezclas asfálticas modificadas

Actualmente la utilización de asfaltos modificados con algún tipo de polímero ha aumentado de manera significativa, debido a la necesidad de modificar positivamente el comportamiento de la mezcla asfáltica. El propósito de este proceso es contar con ligantes más viscosos de los convencionales, para tratar de reducir las deformaciones causadas por las cargas vehiculares al pavimento. [2]

Las carreteras y las exigencias del tránsito actuales demandan un mejor desempeño de la estructura del pavimento, ya que ante tales solicitaciones, los pavimentos no responden adecuadamente, pudiendo observarse que no cumplen con la vida útil para la que fueron diseñados, además de deformarse, agrietarse o desprenderse con relativa facilidad y al poco tiempo de uso. [4]

Una mezcla asfáltica modificada es el resultado de la incorporación del polímero directamente en el asfalto antes de ser mezclado con los agregados.

La manera como el polímero modifica el comportamiento de la mezcla es ionificando la superficie de la mezcla, provocando una mayor adherencia entre el ligante y los agregados, misma que debe resultar resistente también ante la acción del agua. Los resultados obtenidos de la mezcla asfáltica modificada derivan del porcentaje de asfalto y polímero utilizado. De manera sencilla se describe al asfalto modificado ideal al que conserva su consistencia en temperaturas altas.

2.1.8. Comportamiento del polímero dentro de la mezcla

Básicamente un asfalto modificado se produce por la adición o disolución de un polímero en el asfalto. Al combinarse con el asfalto, el polímero se hidrata e hincha absorbiendo los aceites maltenos, gracias a lo cual se dispersa por la mezcla sin causar problemas. El grado de dispersión que se produzca depende de:

- La temperatura de mezclado.
- La aromaticidad de los maltenos.
- Esfuerzo de corte ejercido.
- Cantidad de asfaltenos presentes.

Esta modificación genera dos fases en la mezcla: el polímero y el asfalto. El comportamiento de cada una de estas fases depende de los niveles de concentración de cada una dentro de la mezcla. Esto se explica de la siguiente manera: Cuando hay bajas concentraciones de polímero, existe una matriz continua de ligante asfáltico en la cual está disgregado el polímero, ahora, si el material que está presente en bajas concentraciones es el asfalto, el rol de cada fase se invierte, es decir, que ahora el asfalto se encuentra disgregado en la fase continua de polímero. La interacción producida entre estas dos fases es la que determina el comportamiento de la mezcla modificada. Dicho de otra manera, el comportamiento de la mezcla modificada depende de la concentración de cada fase dentro de la estructura. [4] [23]

2.1.9. Método Marshall

El método Marshall figura como el método más usado en el mundo para el diseño adecuado de mezclas asfálticas en caliente utilizadas para pavimentación, mediante la preparación y ensayo de probetas normalizadas con la finalidad de establecer el contenido óptimo de asfalto para una determinada combinación de agregados. Para tal fin, el método arroja información acerca de los principales parámetros de la mezcla, es decir, estabilidad/fluencia así como densidad/vacíos, determinando el posible desempeño de la mezcla dentro de la estructura del pavimento. [31]

Gráfico 8: Máquina Marshall.



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Este método permite realizar el diseño de mezclas en el laboratorio, así como el control de calidad en el campo. A pesar de ser de naturaleza empírica, resulta ser un método muy confiable siempre y cuando se respeten los lineamientos y procedimientos de ensayo especificados en su normativa. Hay que recalcar que los materiales utilizados para realizar los ensayos deben ser los mismos que posteriormente se utilizarán para la mezcla final, ya que en base a éstos se efectuará el diseño de la mezcla asfáltica. [33]

2.1.9.1. Metodología del Método Marshall

Se utiliza el método Marshall para mezclas con agregados cuyo tamaño máximo sea 25mm (1") o menos. Los especímenes o probetas de ensayo son de 64 mm (2 ½") de alto por 102 mm (4") de diámetro. Se debe seguir el procedimiento dictado

por la norma para la elaboración de probetas, es decir, lineamientos para calentar, dosificar, mezclar, compactar y ensayar los especímenes de la mezcla asfáltica.

Una vez ensayadas las briquetas, se analizan las características principales obtenidas. Cabe anotar que para este trabajo experimental se ha seleccionado el tipo de tráfico pesado, por lo que se tomarán como referencia los valores para tráfico pesado de las tablas presentadas. [32]

Tabla N° 12: Parámetros de referencia para el Ensayo Marshall.

Criterios para mezcla del Método Marshall	Tráfico Liviano Carpeta y Base		Tráfico Mediano Carpeta y Base		Tráfico Pesado Carpeta y Base		
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	
Compactación, número de golpes en cada cara de la probeta	35		50		75		
Estabilidad	N	3336	-----	5338	-----	8006	-----
	Kg	340,91	-----	545,45	-----	818,18	-----
Flujo, 0,25mm (0,01Plg)	8	16	8	18	8	20	
Porcentaje de Vacíos	3	5	3	5	3	5	
Porcentaje de Vacíos en el agregado mineral (VMA)	Ver la tabla 100 para una granulometría de 1/2".						
Porcentaje de Vacíos llenos de asfalto (VFA)	70	80	65	78	65	75	

Fuente: Manual del Instituto del Asfalto.

- **Peso específico Bulk:** Se define como la relación existente entre el peso en el aire de la probeta y su volumen, esto incluye los vacíos permeables.

$$PE\ Bulk = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

- A** Masa de la probeta al aire
- B** Masa de la probeta en condición SSS
- C** Masa de la probeta sumergida

2.1.9. 2 Estabilidad Marshall

Se define como la máxima resistencia soportada por la muestra ensayada bajo carga diametral a 60° C y expresada en lb. Se debe tener en cuenta que un valor demasiado alto de estabilidad provoca una reducción en la durabilidad de la mezcla, ya que ocasiona excesiva rigidez en la mezcla. La estabilidad depende de dos factores significativos:

- La fricción interna, la cual depende de las características que presenten los agregados utilizados; la forma y textura de estos define una buena fricción entre partículas. Es decir, entre más angulares y ásperas sean las fracciones del agregado se obtendrá mayor estabilidad.
- La cohesión interna, siendo ésta el resultado de la capacidad ligante del asfalto utilizado.

2.1.9. 3 Flujo

Es la deformación total ocurrida en la probeta una vez que se ha llegado al punto máximo de carga durante el ensayo de estabilidad. Se mide en unidades de 0.01” (0.25 mm).

2.1.9. 4 Contenido de vacíos

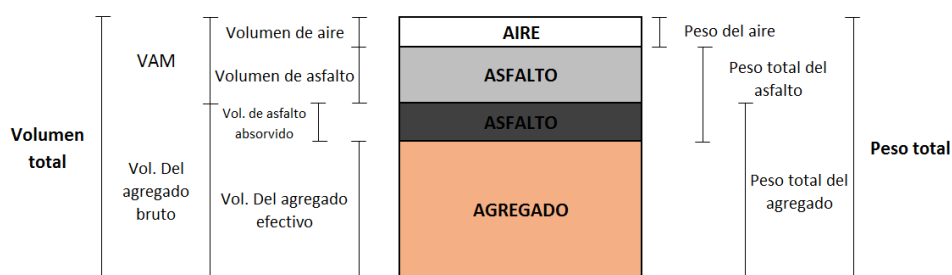
Son pequeños espacios de aire presentes entre las partículas de agregado en la muestra compactada, que no han sido llenados por el ligante durante el mezclado. Es necesario que exista un porcentaje de estos vacíos en la mezcla final para permitir una ligera compactación adicional que puede producirse bajo la acción del tráfico, ofreciendo un sitio para que el asfalto pueda fluir al producirse dicha compactación. Se tolera un porcentaje entre 3 y 5% de contenido de vacíos para evitar la presencia de callejones y aberturas que vuelvan a la mezcla vulnerable ante la acción del agua y el aire. Menos vacíos significa menor permeabilidad. [2] Por otro lado, un porcentaje menor a los especificados puede producir un efecto de exudación del asfalto (sale a la superficie), lo que también provoca daño a la

capa asfáltica. En la realidad, al momento de la puesta en obra se controla que el contenido de vacíos sea de preferencia menor al 8%.

2.1.9. 5 Contenido de vacíos en el agregado mineral (VAM)

Son todos los espacios contenidos entre las partículas de agregado, llenos de aire y de asfalto (ligante), es decir, es el espacio aprovechable para contener tanto el volumen efectivo de asfalto (cantidad total de asfalto menos lo perdido por absorción del agregado) como el volumen necesario de aire. El VAM influye en la durabilidad de la mezcla, ya que entre mayor sea el grosor de la película de asfalto que cubra a los agregados mayor será la dureza de la mezcla. [2]

Gráfico 9: Representación de volúmenes en la briqueta compactada.



Fuente: Manual del Instituto del Asfalto.

En la siguiente tabla se presentan los valores mínimos de VAM que se deben cumplir para evitar películas delgadas de asfalto, lo que puede derivar en una disminución en la durabilidad del asfalto:

Tabla N° 13: Parámetros VAM para el Ensayo Marshall.

Tamaño máximo en mm	Plg	VMA mínimo, por ciento		
		Vacíos de diseño, por ciento		
mm	Plg	3	4	5
1,18	N° 16	21,5	22,5	23,5
2,36	N° 8	19	20	21
4,75	N° 4	16	17	18
9,5	3/8	14	15	16
12,5	1/2	13	14	15
19	3/4	12	13	14
25	1	11	12	13
37,5	5	10	11	12
50	2	9,5	10,5	11,5
63	2,5	9	10	11

Fuente: Manual del Instituto del Asfalto.

2.1.9. 6 Contenido de asfalto

La cantidad de asfalto contenida en la mezcla es de vital importancia para el comportamiento de la misma, por lo que el contenido de asfalto se debe determinar de manera exacta en el laboratorio y controlar adecuadamente en la puesta en obra. Esta propiedad depende de la calidad de los agregados utilizados, como la capacidad de absorción y la granulometría. Esta última característica incide de manera directa, ya que entre más finos contenga la mezcla, mayor será el área superficial total y por ende la cantidad de asfalto necesaria para cubrir las partículas. Así mismo la capacidad de absorción de las partículas debe tomarse en cuenta al momento de determinar el contenido óptimo de asfalto, de manera que sea suficiente para permitir la absorción del mismo sin dejar de cubrir completamente las partículas.

Para la realización de este ensayo se utiliza la norma **ASTM D-1559**, misma que especifica el procedimiento a seguir para la obtención de la estabilidad Marshall y la fluencia de cada probeta. [34]

Para esta investigación, se elaborarán probetas con mezcla convencional, con 5 porcentajes de asfalto, con una variación de 0.5% entre cada porcentaje. Para cada porcentaje de asfalto se elaborará 3 probetas (muestras), con la finalidad de obtener un valor promedio para cada porcentaje analizado.

Tabla N° 14: Porcentajes de cemento asfáltico para el Ensayo Marshall.

PORCENTAJE DE ASFALTO	N° MUESTRAS (MATERIAL CONVENCIONAL)	N° MUESTRAS (MATERIAL VOLCÁNICO)
5%	3	3
5,50%	3	3
6%	3	3
6,60%	3	3
7%	3	3
	15	15
Total de muestras	30	

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Los pesos para cada material (agregado grueso, agregado fino y asfalto) se especifican en la siguiente tabla:

Tabla N° 15: Dosificación de los agregados para las mezclas asfálticas.

% de Asfalto Utilizado en la Mezcla				5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%
Tamiz	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)
3/4"	100	100%	0	0	0	0	0	0
1/2"	90 - 100	97%	3%	34,2	34,0	33,8	33,7	33,5
#4	44 - 74	53%	44%	501,6	499,0	496,3	493,7	491,0
#8	28 - 58	16%	37%	421,8	419,6	417,4	415,1	412,9
#50	5 - 21	4%	12%	136,8	136,1	135,4	134,6	133,9
#200	2 - 10		4%	45,6	45,4	45,1	44,9	44,6
Asfalto				60,0	66,0	72,0	78,0	84,0
Total				1200,0	1200,0	1200,0	1200,0	1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Además, el presente estudio se realizará para un *Tráfico Pesado*, de acuerdo a las especificaciones de la siguiente tabla:

Tabla N° 16: Especificaciones para mezclas asfálticas in situ. [9]

Ensayos de acuerdo al Método Marshall	TRÁFICO					
	PESADO		MEDIO		LIVIANO	
	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX	MÍN	MÁX
N° de golpes	75		50		35	
Estabilidad (Lb)	1800	-----	1200	-----	750	-----
Flujo (Plg/100)	8	16	8	18	8	20
% Vacíos al aire (Carpeta)	3	5	3	5	3	5
% Vacíos al aire (Base)	3	8	3	8	3	8

Fuente: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes.

(Tabla 405-5.2).

2.2. HIPÓTESIS

La modificación de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) mejora las propiedades estabilidad, flujo, densidad, vacíos de la mezcla.

2.3. SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Modificación de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico, y adicionadas con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA).

2.3.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Propiedades de la mezcla: estabilidad, flujo, densidad, vacíos de la mezcla.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Nivel o tipo de Investigación

En el presente trabajo se emplearán los siguientes niveles de investigación:

- **Descriptiva:** Por la utilización de distintos materiales para la elaboración de mezclas asfálticas, así como el comportamiento que éstas presentan al adicionar y/o modificar en diferentes porcentajes los materiales propuestos.
- **Exploratoria:** Busca establecer el comportamiento de una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico adicionadas con Polímero Etileno Vinil Acetato.
- **Experimental:** Ya que se realizan experimentos o pruebas para recabar información y obtener resultados concluyentes de la investigación. Para este fin, se debe elaborar briquetas de mezcla asfáltica con agregado convencional y agregado de origen volcánico, en las que se va a graduar distintos porcentajes de asfalto y polímero.

3.2. Población y muestra

En la realización de un experimento como éste, se puede tener un sinnúmero de probetas para ensayar y recoger información acerca del estudio. El inconveniente radica en la inversión que se debe realizar para los ensayos, ya que cuanto mayor sea el número de probetas a elaborar, mayor será la inversión necesaria. Por esta razón, es necesario limitar el número de ensayos y determinar una muestra que satisfaga las necesidades del estudio, brindando confiabilidad pero sin implicar una inversión exageradamente alta.

Tanto la norma **ASTM D-1559**, así como la norma **AASHTO T-245** determinan la elaboración y posterior ensayo de tres briquetas por cada porcentaje de asfalto y polímero, por lo que en el presente trabajo experimental, los ensayos se realizarán de la siguiente manera:

- Tres briquetas para cada porcentaje de asfalto en la mezcla con agregado convencional.
- Tres briquetas para cada porcentaje de asfalto en la mezcla con agregado de origen volcánico.
- Tres briquetas para cada porcentaje de asfalto con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) en la mezcla con agregado convencional.
- Tres briquetas para cada porcentaje de asfalto con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA) en la mezcla con agregado de origen volcánico.

En total se realizarán 54 muestras, las que permitirán obtener resultados confiables para el estudio.

3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Variable Independiente

Modificación de una mezcla asfáltica convencional y una mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA).

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Una mezcla asfáltica modificada con EVA está constituida por porcentajes determinados de asfalto, agregados pétreos de variada granulometría y polímero EVA, con la finalidad de modificar y mejorar sus propiedades y por ende su desempeño.	Escoria y arena volcánica.	Calidad del material	¿Cuáles son las propiedades que poseen los áridos de origen volcánico a utilizarse en la elaboración de briquetas?	Pruebas de laboratorio Normas: ASTM INEN
	Asfalto	Contenido óptimo de asfalto	¿Cuál es el porcentaje adecuado de asfalto que se necesita para obtener una mezcla asfáltica cuyas propiedades cumplan con los estándares de calidad?	Pruebas de laboratorio Normas: ASTM INEN

	Polímero (EVA)	Cantidad	¿Qué porcentaje de polímero EVA es el adecuado para la elaboración de la mezcla?	Pruebas de laboratorio Tabulación, análisis y comparación de los resultados.
--	----------------	----------	--	---

Cuadro 1: Operacionalización de la variable Independiente.

3.3.2. Variable Dependiente

Mejoramiento de las propiedades estabilidad, flujo, densidad, vacíos de la mezcla.

Concepto	Categoría	Indicador	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Las propiedades estabilidad, flujo, densidad, vacíos son esenciales al momento de establecer el rendimiento y durabilidad de una mezcla asfáltica. Dichas	Estabilidad	Carga máxima soportada	¿Cuál es la máxima carga que soporta la briqueta antes de fallar?	Lectura del medidor de carga. Normas: AASSHTO ASTM
	Flujo	Deformación sufrida por la probeta	¿Qué deformación se produjo bajo la carga máxima soportada?	Lectura del medidor de deformaciones Norma ASTM INEN

propiedades se determinan mediante pruebas de laboratorio en las que se elaboran probetas normadas para luego ser sometidas a carga hasta provocar la rotura.	Densidad, vacíos	Porcentaje de vacíos presentes en la mezcla compactada	¿Cuál es el rango de vacíos permisibles en la mezcla?	Norma ASTM INEN
---	------------------	--	---	-----------------

Cuadro 2: Operacionalización de la Variable Dependiente.

3.4. PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Preguntas Básicas	Explicación
a) ¿Para qué?	Estudiar las propiedades estabilidad, flujo, densidad, vacíos de la mezcla asfáltica convencional y con escoria y arena volcánica adicionadas con distintos porcentajes de polímero EVA.
b) ¿De qué personas u objetos?	De probetas de mezcla asfáltica convencional y mezcla asfáltica modificada con escoria y arena volcánica, adicionadas con distintos porcentajes de polímero EVA. Un total de 60 briquetas para ensayo.
c) ¿Sobre qué aspectos?	El comportamiento de las mezclas asfálticas adicionadas con el polímero EVA.
d) ¿Quién?	Tesista: Cristina Isabel Romero Bayas Tutor: Ing. Lorena Pérez
e) ¿Dónde?	En los Laboratorios de Ensayos de Materiales y Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, y en el Laboratorio de Suelos del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato.
f) ¿Cómo?	Mediante la realización de pruebas y ensayos de laboratorio, así como como la realización de

	investigación bibliográfica en libros, normas, tesis y artículos científicos correspondientes al tema de investigación.
--	---

Cuadro 3: Recolección de Información

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

3.5.1 Plan de Procesamientos de la Información

- Tabulación de los datos obtenidos de los ensayos.
- Análisis crítico, técnico y minucioso de la información obtenida.
- Manejo adecuado de la información de acuerdo a las variables de la hipótesis.
- Representación gráfica de los resultados obtenidos de los ensayos realizados en las briquetas de mezcla asfáltica.
- Representación gráfica de los resultados.

3.5.2 Plan de Análisis

- Interpretar y explicar de los resultados obtenidos de la investigación, tomando como base los objetivos e hipótesis planteados.
- Verificar la hipótesis planteada en base a los resultados logrados.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE DATOS

En el desarrollo de este capítulo se realizó, primeramente, ensayos de laboratorio con los agregados fino y grueso, tanto procedentes de la cantera Villacrés (materiales convencionales utilizados en asfalto), como en los materiales procedentes de la ciudad de Baños (materiales de origen volcánico), procedimientos que se rigieron bajo las normas INEN y ASTM, con la finalidad de obtener resultados válidos y confiables.

4.1.1 Ensayos en los agregados

A continuación se enuncian los ensayos realizados, junto con la norma:

Tabla N° 17: Ensayos con los Agregados

ENSAYOS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	NORMA
Análisis Granulométrico	X	X	INEN 696 ASTM D-422
Peso específico y absorción del agregado fino	X		INEN 856
Peso específico y absorción del agregado grueso		X	INEN 857 ASTM C-127
Resistencia al desgaste (Abrasión) Máquina de los Ángeles		X	INEN 860 ASTM C 131
Porcentaje de caras fracturadas		X	ASTM 5821-95
Equivalente de arena	X		ASTM D 2419
Recubrimiento y peladura		X	ASTM D-3625

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.1.1 Análisis granulométrico del agregado grueso y fino

Al realizar los ensayos de granulometría en los agregados fino y grueso se obtuvieron los siguientes resultados:

Agregado convencional (Cantera Villacrés):

- Para el agregado grueso, el *TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO* es de 1 ½”, lo cual está dentro del rango permitido por la norma. Adicionalmente, la curva obtenida está también dentro de los límites exigidos por la norma.
- Para el agregado fino, el *MÓDULO DE FINURA* es 3.00%, por lo que el material es apto para su utilización en el presente estudio. Además, la curva obtenida está dentro de los límites permitidos por la norma.

Agregado de origen volcánico:

- Para la escoria volcánica, el *TAMAÑO NOMINAL MÁXIMO* es de 1”, por lo que se determinó que está dentro del rango permitido por la norma. La curva obtenida se encuentra casi al límite de lo especificado por la norma, pese a lo cual se considera dentro de los límites requeridos.
- Para el agregado fino, el *MÓDULO DE FINURA* es 3.02%, por lo que el material es apto para su utilización en el presente estudio. La curva obtenida está casi al límite del rango permitido pero aún así está dentro de los límites permitidos por la norma.

4.1.1.2 Peso específico y absorción del agregado fino

Mediante este ensayo se obtuvo como resultado, los siguientes valores:

Agregado fino convencional (Cantera Villacrés):

- El *PESO ESPECÍFICO* obtenido es 2.506 gr/cc, la *CAPACIDAD DE ABSORCIÓN* obtenida es 1.811 gr/cc.

Agregado fino de origen volcánico:

- El *PESO ESPECÍFICO* obtenido es **2.217 gr/cc**, la *CAPACIDAD DE ABSORCIÓN* obtenida es **2.348 gr/cc**.

4.1.1.3 Peso específico y absorción del agregado grueso

Con este ensayo se obtuvo como resultado, los siguientes valores:

Agregado grueso convencional (Cantera Villacrés):

- El *PESO ESPECÍFICO* obtenido es **2.61 gr/cc**, la *CAPACIDAD DE ABSORCIÓN* obtenida es **1.935 gr/cc**.

Agregado grueso de origen volcánico (escoria volcánica):

- El *PESO ESPECÍFICO* obtenido es **2.15 gr/cc**, la *CAPACIDAD DE ABSORCIÓN* obtenida es **2.468 gr/cc**.

4.1.1.4 Resistencia al desgaste (Abrasión) Máquina de los Ángeles

El ensayo de abrasión en la Máquina de los Ángeles arrojó como resultado los siguientes valores:

Agregado grueso convencional (Cantera Villacrés):

- La *RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN* obtenido es **31.36%** con respecto al peso total de la muestra, valor que está cumpliendo con el rango permitido por la norma.

Agregado grueso de origen volcánico (escoria volcánica):

- La *RESISTENCIA AL DESGASTE POR ABRASIÓN* obtenido es **39.46%** con respecto al peso total de la muestra. En este caso el valor obtenido está casi al tope del permitido por la norma.

4.1.1.5 Porcentaje de caras fracturadas

Agregado grueso convencional (Cantera Villacrés):

- El *PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS* es **84%**, valor que cumple con los requisitos que constan en la norma.

Agregado grueso de origen volcánico (escoria volcánica):

- El *PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS* es **79.8%**, valor que cumple con los requisitos que constan en la norma.

4.1.1.6 Equivalente de arena

Agregado fino convencional (Cantera Villacrés):

- El *EQUIVALENTE DE ARENA* obtenido es **83.12%**, lo cual está dentro del rango permitido por la normativa.

Agregado fino de origen volcánico:

- El *EQUIVALENTE DE ARENA* obtenido es **81.58%**, lo cual está dentro del rango permitido por la normativa.

4.1.1.7 Recubrimiento y peladura

En este ensayo se realizó una valoración visual empírica de la acción del agua sobre la película asfáltica, obteniendo como resultado los siguientes valores:

Agregado grueso convencional (Cantera Villacrés):

- El *RECUBRIMIENTO* se estimó en **95%**, y el valor para *PELADURA* se estimó en **5%**.

Agregado grueso de origen volcánico (escoria volcánica):

- El *RECUBRIMIENTO* se estimó en **93%**, y el valor para *PELADURA* se estimó en **7%**.

4.1.2. Ensayos en el Asfalto

4.1.2.1 Ensayo de viscosidad Saybolt Furol

Como resultado del ensayo para la *VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL* se obtuvo el valor de **126 SSF** valor que está dentro del rango aceptado por la norma.

4.1.2.2 Peso específico del asfalto

Como resultado del ensayo para el *PESO ESPECÍFICO DEL ASFALTO* se obtuvo el valor de **0.997**, valor que está dentro del rango aceptable de la norma.

4.1.3 Ensayos en la mezcla Asfáltica

4.1.3.1 Gravedad específica de los agregados

Agregado convencional (Cantera Villacrés):

Tabla N° 18: Gravedad Específica de los agregados convencionales.

$$\frac{100}{\frac{53}{G. E. Fino} + \frac{47}{G. E. Grueso}}$$

G. Específica Agr. Grueso	2,61
G. Específica Agr. Fino	2,5055973
G. Específica Agr.	2,551

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

Agregado origen volcánico:

Tabla N° 19: Gravedad Específica de los agregados de origen volcánico.

$$\frac{100}{\frac{53}{G. E. Fino} + \frac{47}{G. E. Grueso}}$$

G. Específica Agr. Grueso	2,15
G. Específica Agr. Fino	2,217232
G. Específica Agr.	2,186

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.3.2 Ensayo Rice

En el ensayo Rice se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla N° 20: Resultados del Ensayo Rice (Agregado Convencional).

MATERIAL CONVENCIONAL	
% ASFALTO	RESULTADO RICE
5,00%	2,379
5,50%	2,357
6,00%	2,342
6,50%	2,336
7,00%	2,330

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

Tabla N° 21: Resultados del Ensayo Rice (Escoria y arena volcánica).

MATERIAL CONVENCIONAL	
% ASFALTO	RESULTADO RICE
5,00%	2,113
5,50%	2,101
6,00%	2,077
6,50%	2,032
7,00%	2,024

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.4 Ensayo Marshall en las briquetas

Una vez realizado todo el procedimiento del ensayo Marshall, es decir, preparación de la mezcla con sus respectivos porcentajes, elaboración y compactación de las briquetas, toma de pesos: al aire, sumergido y saturado, se procedió a realizar los cálculos correspondientes, obteniendo los siguientes resultados:

4.1.4.1 Resultados del ensayo Marshall (Agregado Convencional)

Tabla N° 22: Mezcla Asfáltica convencional (Agregados de la mina Villacrés de Ambato).

N° Golpes: 75

Gravedad Específica Asfalto: 0,997

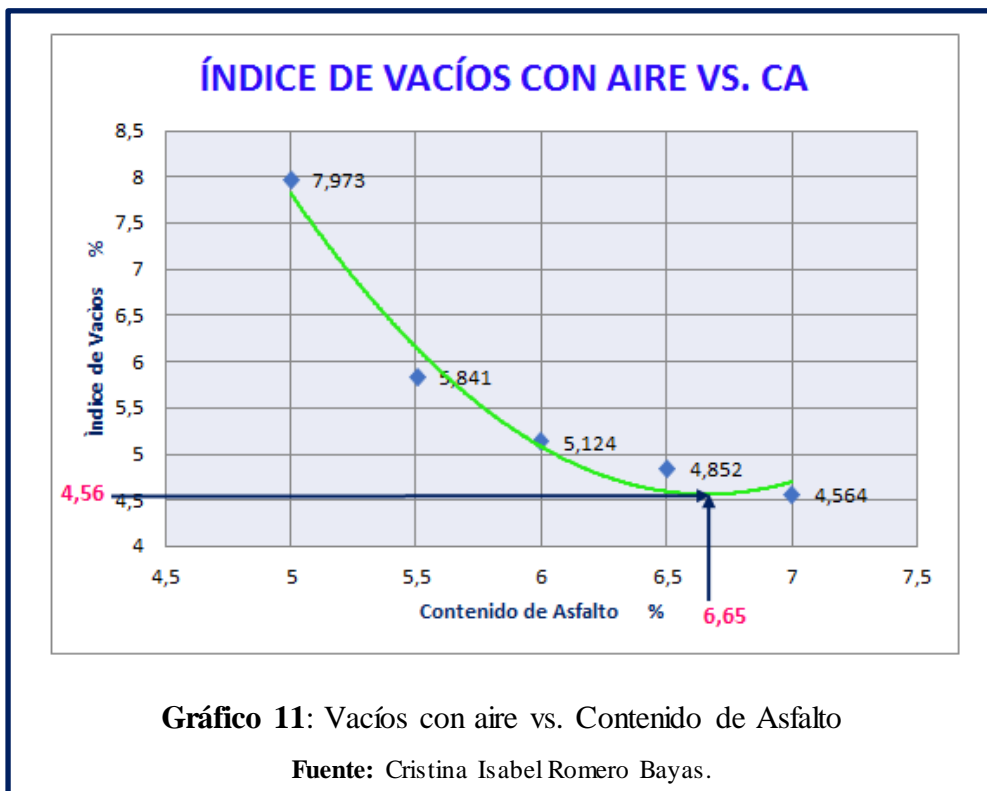
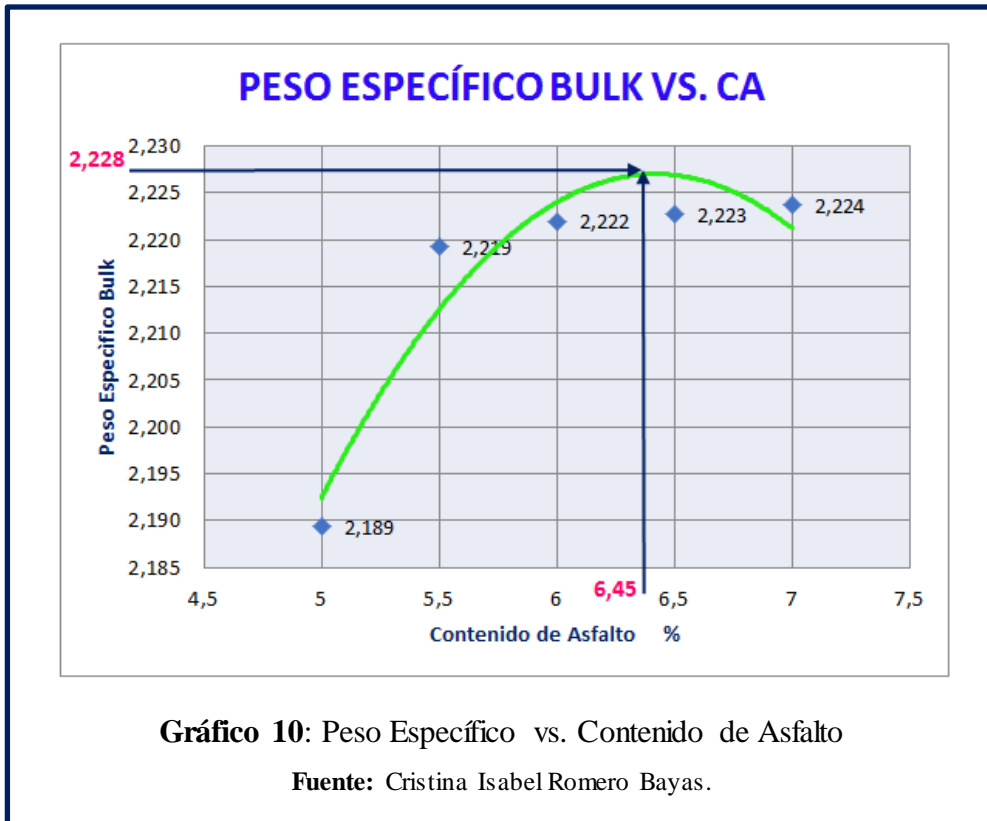
Asfalto: 60 – 70

Gravedad Específica Agregados para Diseño: 2,551

METODO MARSHALL - DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA																			
MUESTRA N°	CEMENTO ASFÁLTICO %	PROBETA ESPESOR (cm)	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO (gr/cm ³)			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL	% EFECTIVO DE ASFALTO	% VACIOS LLENOS DE ASFALTO	ESTABILIDAD (Lb)			FLUJO pulg/100
			SECA EN AIRE	SSS EN AIRE	EN AGUA	BULK (Gb)	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADO	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO				LECTURA DIAL	FACTORES CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1,1	5,00	6,20	952,70	963,80	529,90	2,20										1525	1,04	1586	12
1,2		5,80	929,70	938,90	526,70	2,26										1493	1,165	1739,345	11
1,3		5,90	943,30	970,50	524,90	2,12										1338	1,134	1517,292	9
PROM.						2,189	2,367	2,379	0,224	81,516	7,973	10,511	18,484	4,787	56,865			1614,21	11
2,1	5,50	6,76	1074,30	1085,60	604,70	2,23										1877	0,908	1704,316	12
2,2		6,50	1046,20	1057,90	587,50	2,22										1768	0,963	1702,584	12
2,3		6,34	987,70	998,70	549,80	2,20										1761	1,003	1766,283	10
PROM.						2,219	2,350	2,357	0,134	82,198	5,841	11,961	17,802	5,373	67,189			1724,39	11
3,1	6,00	6,50	1063,60	1065,20	581,60	2,20										1964	0,963	1891,332	11
3,2		6,60	1074,80	1076,70	600,20	2,26										1985	0,943	1871,855	14
3,3		6,42	998,60	1001,20	549,60	2,21										1972	0,983	1938,476	10
PROM.						2,222	2,333	2,342	0,175	81,861	5,124	13,015	18,139	5,836	71,751			1900,55	12
4,1	6,50	5,40	835,20	841,50	457,90	2,18										1637	1,32	2160,84	16
4,2		6,60	1048,20	1055,80	571,80	2,17										1764	0,943	1663,452	8
4,3		6,80	1029,70	1034,50	591,70	2,33										1789	0,898	1606,522	12
PROM.						2,223	2,317	2,336	0,375	81,450	4,852	13,698	18,550	6,149	73,844			1810,27	12
5,1	7,00	6,30	1043,80	1047,10	576,10	2,22										1765	1,013	1787,945	13
5,2		6,15	1028,00	1029,30	558,00	2,18										1806	1,056	1907,136	14
5,3		6,90	1018,70	1021,30	573,30	2,27										1744	0,877	1529,488	12
PROM.						2,224	2,301	2,330	0,582	81,051	4,564	14,385	18,949	6,459	75,914			1741,52	13

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.4.2 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall (Mezcla Asfáltica convencional).



VACÍOS EN AGREGADOS MINERALES VS. CA

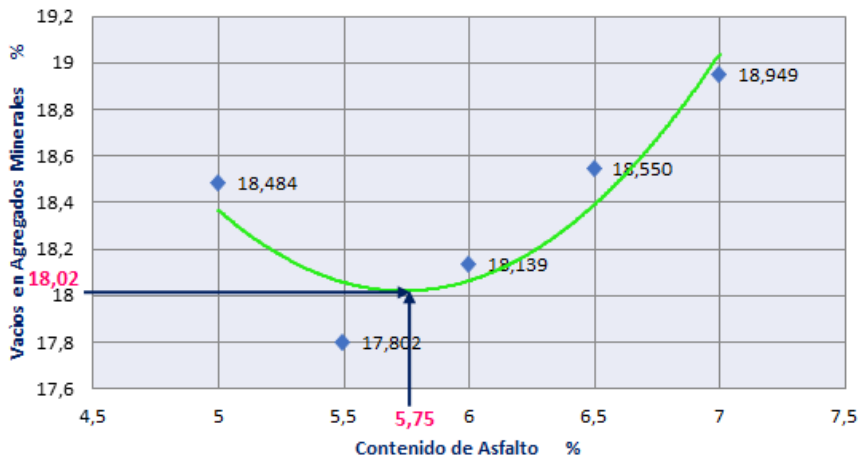


Gráfico 12: Vacíos en el Agregado Mineral vs. Contenido de Asfalto

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

VACÍOS LLENOS DE ASFALTOS VS. CA

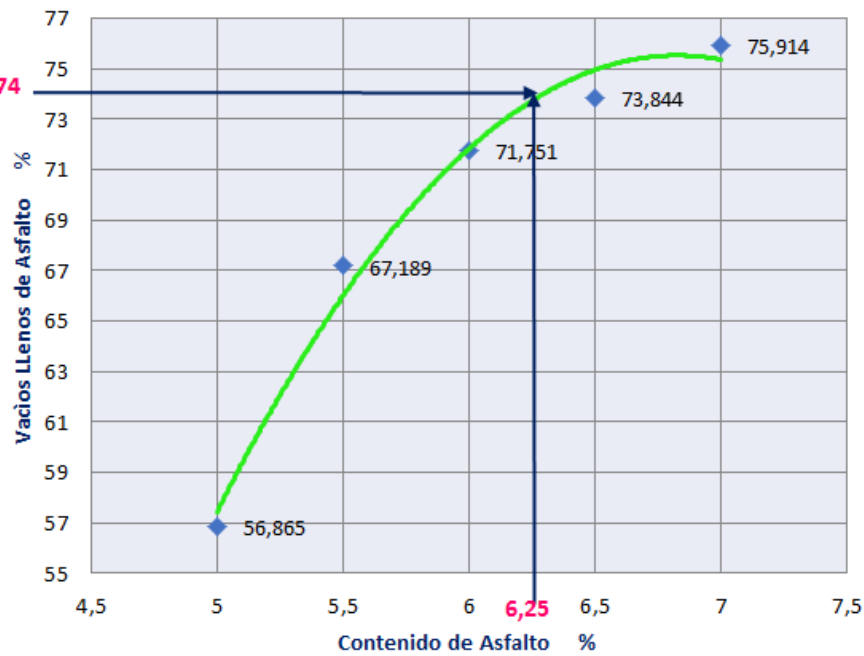


Gráfico 13: Vacíos llenos de Asfalto vs. Contenido de Asfalto

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

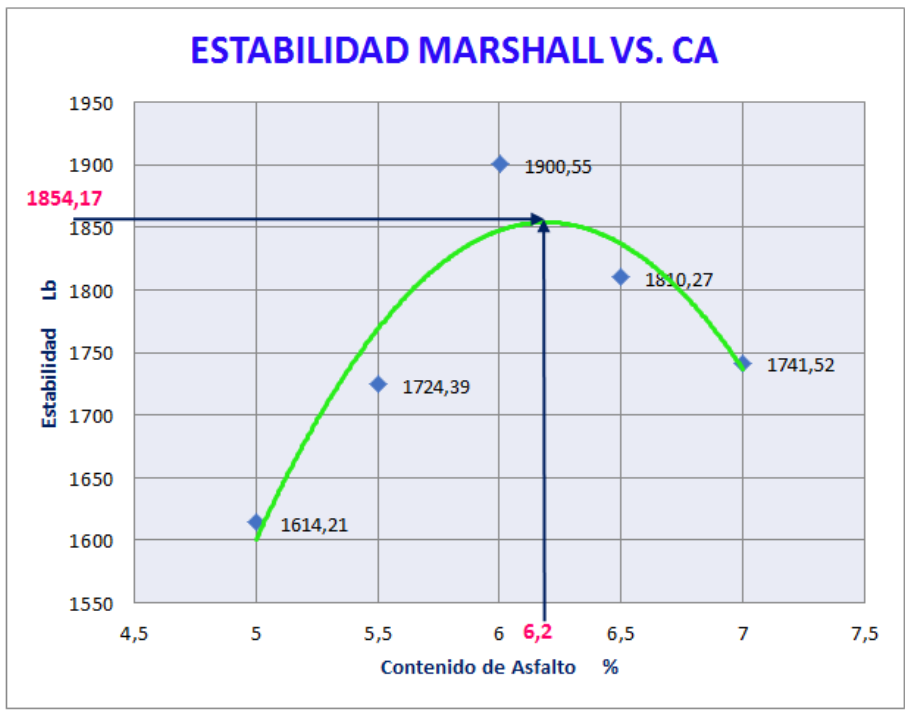


Gráfico 14: Estabilidad vs. Contenido de Asfalto

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

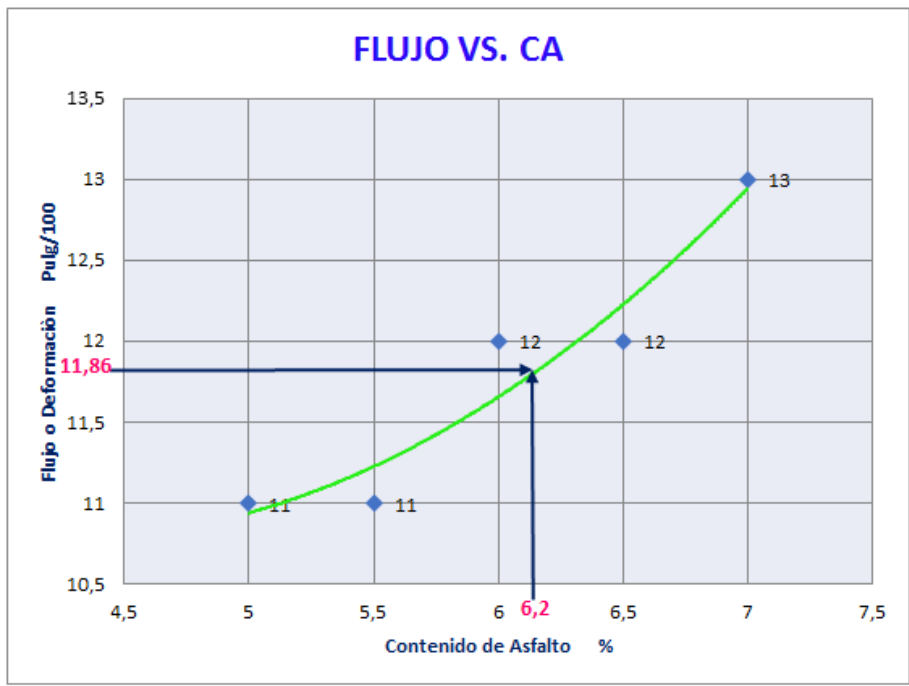


Gráfico 15: Fluencia vs. Contenido de Asfalto

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.4.3 Contenido Óptimo de asfalto (Mezcla asfáltica con agregado convencional)

Para la determinación del contenido óptimo de asfalto, se realizó un promedio de los valores óptimos obtenidos para la máxima densidad (peso Bulk), el mínimo porcentaje de vacíos de aire, y máxima estabilidad obtenida.

Tabla N° 23: Contenido Óptimo de Asfalto (Mezcla con agregado convencional).

Densidad de la muestra (Peso Bulk)	2,23	6,5
Vacíos de aire %	4,56	6,7
Vacíos en el agregado mineral (VAM) %	18,02	5,8
Vacíos llenos de asfalto (VFA) %	74	6,3
Estabilidad Marshall Lb	1854,17	6,2
Fluencia Pulg/100	11,86	6,2
Contenido óptimo de asfalto		6,4

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.4.4 Resultados del ensayo Marshall (Agregado de origen volcánico)

Tabla N° 24: Mezcla Asfáltica con agregados de origen volcánico (Escoria y arena).

N° Golpes: 75

Gravedad Específica Asfalto: 0,997

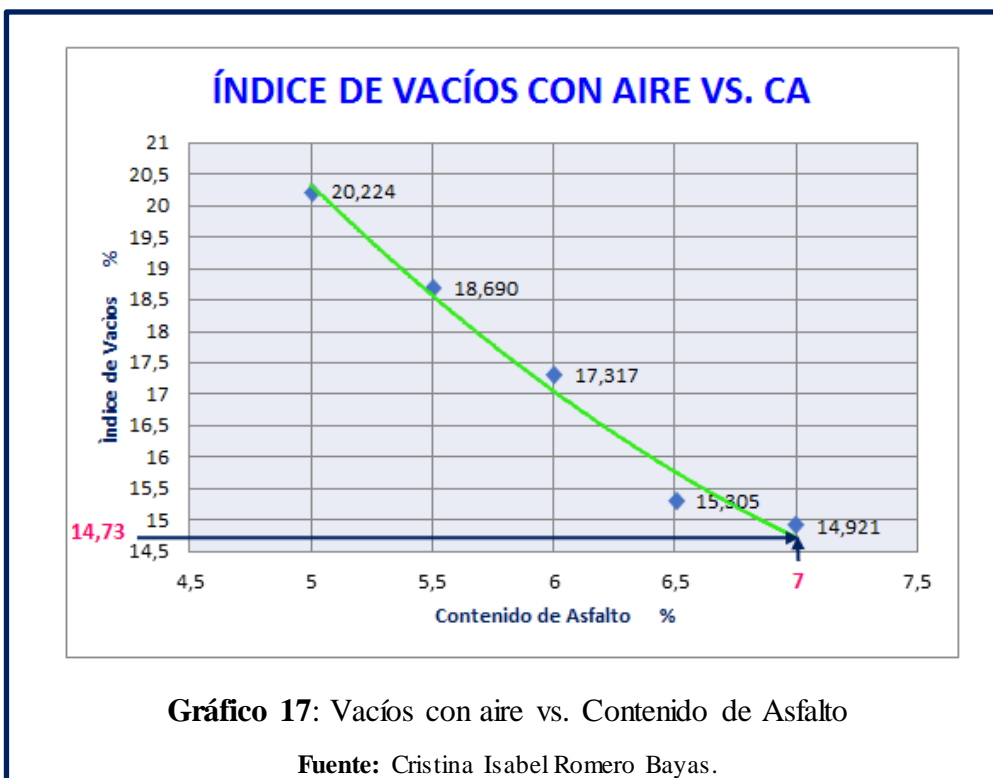
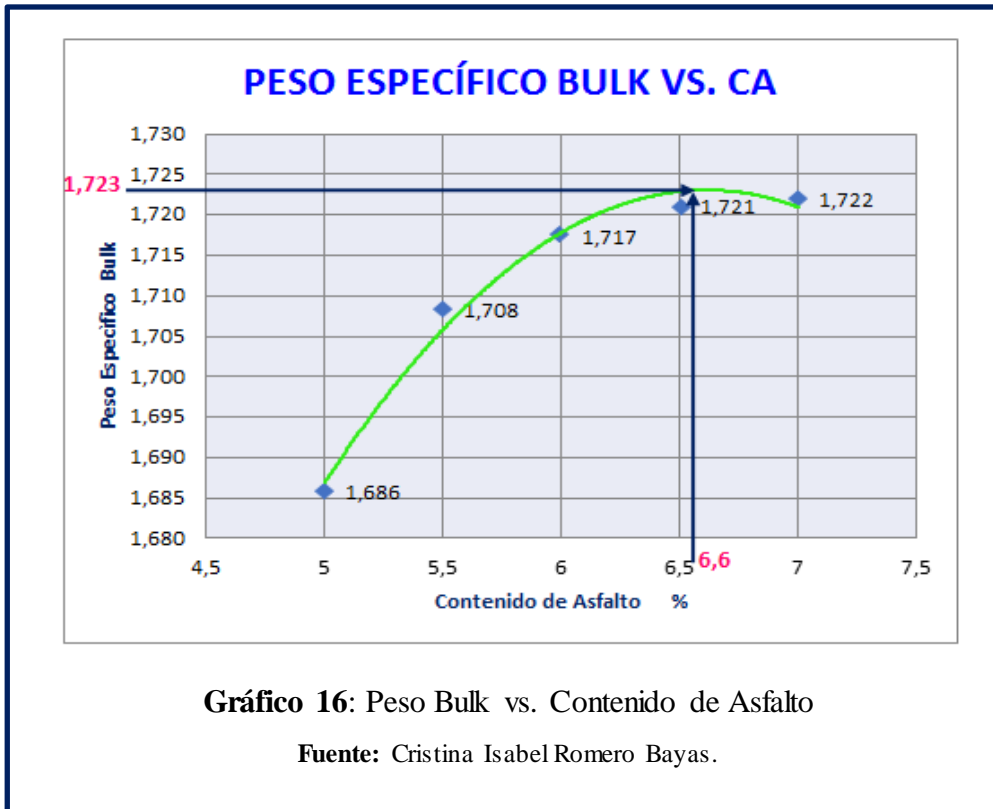
Asfalto: 60 – 70

Gravedad Específica Agregados para Diseño: 2.186

METODO MARSHALL - DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA																			
MUESTRA N°	CEMENTO ASFÁLTICO %	PROBETA ESPESOR (cm)	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO (gr/cm3)			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL	% EFECTIVO DE ASFALTO	% VACIOS LLENOS DE ASFALTO	ESTABILIDAD (Lb)			FLUJO pulg/100
			SECA EN AIRE	SSS EN AIRE	EN AGUA	BULK (Gb)	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADO	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO				LECTURA DIAL	FACTORES CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1,1	5,00	6,50	878,70	881,90	367,70	1,71										1708	0,963	1644,804	12
1,2		6,90	914,20	920,10	372,60	1,67										1810	0,877	1587,370	14
1,3		6,70	906,40	909,30	369,20	1,68										1836	0,923	1694,628	11
PROM.						1,69	2,063	2,113	1,207	73,259	20,224	6,517	26,741	3,853	24,371			1642,270	12
2,1	5,50	6,00	831,80	833,10	358,10	1,75										1703	1,071	1823,913	10
2,2		6,20	815,60	817,80	334,00	1,69										1685	1,040	1752,400	12
2,3		5,50	725,80	728,80	298,90	1,69										1401	1,276	1787,676	13
PROM.						1,71	2,051	2,101	1,228	73,853	18,690	7,457	26,147	4,340	28,520			1788,000	12
3,1	6,00	6,90	925,90	928,00	378,60	1,69										1894	0,877	1661,038	13
3,2		6,35	860,90	859,00	359,80	1,73										1852	1,000	1852,000	15
3,3		6,60	895,60	879,80	365,70	1,74										1910	0,943	1801,130	13
PROM.						1,72	2,040	2,077	0,929	73,850	17,317	8,833	26,150	5,127	33,778			1771,390	14
4,1	6,50	6,65	897,90	902,00	368,00	1,68										1785	0,934	1667,190	14
4,2		6,20	900,90	904,50	387,00	1,74										1800	1,040	1872,000	18
4,3		6,40	904,60	907,80	388,30	1,74										1786	0,988	1764,568	10
PROM.						1,72	2,029	2,032	0,078	73,614	15,305	11,081	26,386	6,427	41,996			1767,920	14
5,1	7,00	6,80	961,40	963,80	400,30	1,71										1890	0,898	1697,220	14
5,2		6,90	900,70	907,60	384,80	1,72										1729	0,877	1516,333	17
5,3		6,70	935,80	939,40	400,60	1,74										1990	0,923	1836,770	15
PROM.						1,72	2,018	2,024	0,158	73,262	14,921	11,817	26,738	6,853	44,196			1683,440	15

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.4.5 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall (Mezcla Asfáltica con agregado de origen volcánico).





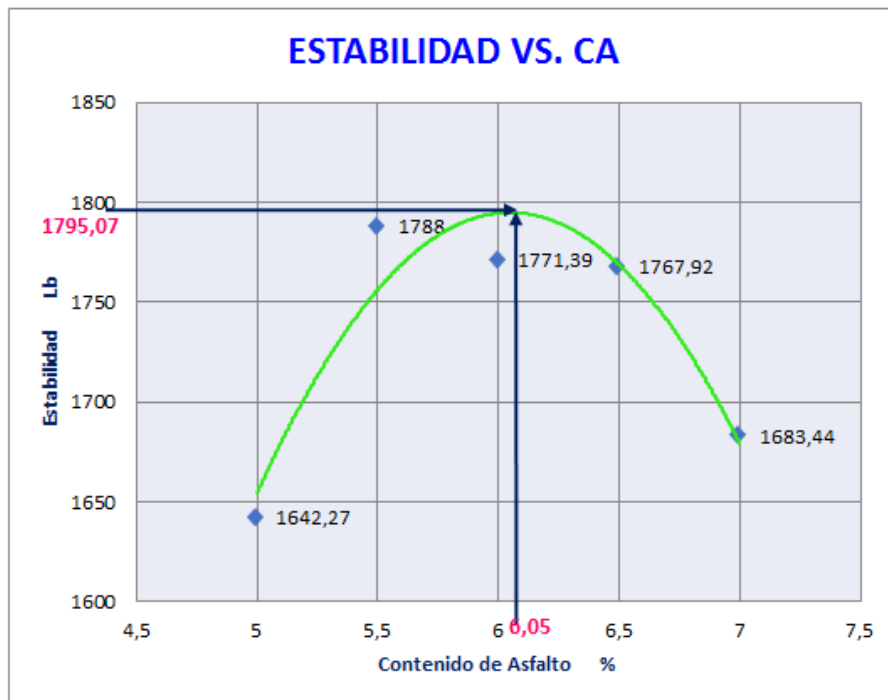


Gráfico 20: Estabilidad vs. Contenido de Asfalto

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

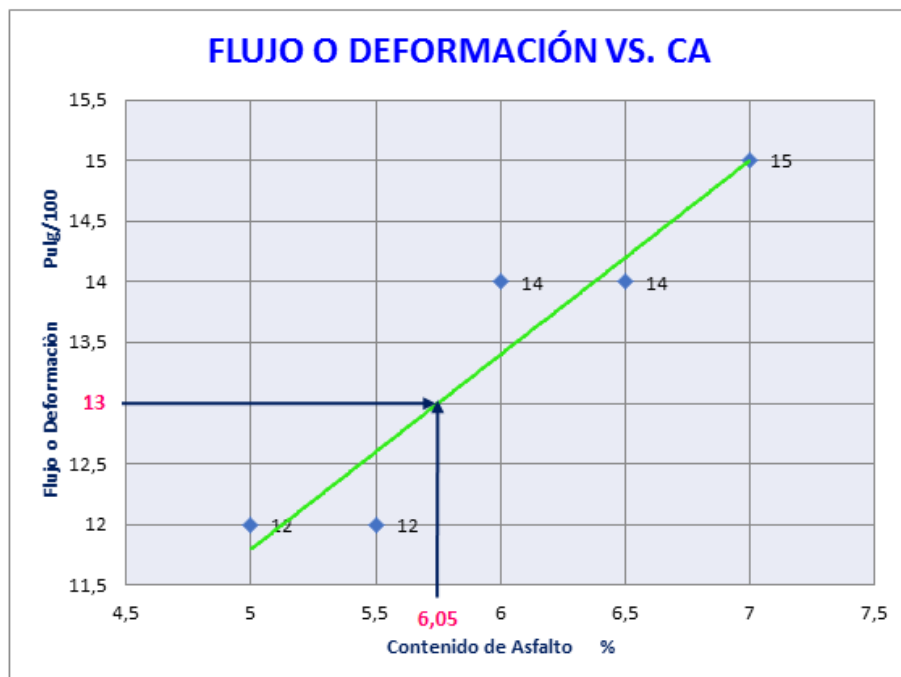


Gráfico 21: Fluencia vs. Contenido de Asfalto

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.4.6 Contenido Óptimo de asfalto (Mezcla con agregado volcánico)

De igual manera, en la determinación del contenido óptimo de asfalto, se realizó un promedio de los valores óptimos obtenidos en las curvas de diseño, esto es, para la máxima densidad (peso Bulk), el mínimo porcentaje de vacíos de aire, porcentaje mínimo de vacíos en el agregado mineral, óptimo porcentaje de vacíos llenos de asfalto y máxima estabilidad obtenida.

Se debe tomar en cuenta que el porcentaje de vacíos al aire, el porcentaje de vacíos llenos de asfalto y la Estabilidad no cumplen con las especificaciones requeridas para el diseño.

Tabla N° 25: Contenido Óptimo de Asfalto (Mezcla con agregado volcánico).

Densidad de la muestra (Peso Bulk)	1,72	6,6
Vacíos de aire %	14,73	7,0
Vacíos en el agregado mineral (VAM) %	26,13	6,0
Vacíos llenos de asfalto (VFA) %	44,20	7,0
Estabilidad Marshall Lb	1795,07	6,1
Fluencia Pulg/100	13	5,8
Contenido óptimo de asfalto		6,6

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.5. Ensayos en la mezcla Asfáltica Modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato EVA.

4.1.5.1. Granulometría de diseño para las mezclas asfálticas modificadas con polímero EVA:

- Mezcla con agregado convencional:

Tabla N° 26: Dosificación de los agregados para la Mezcla modificada con EVA. (Agregado convencional).

Contenido óptimo de asfalto: 6.4%

Contenido de EVA: 2, 3, 4 %.

<i>% de Asfalto</i>				<i>6,4%</i>	<i>6,4%</i>	<i>6,4%</i>
<i>% de Polímero EVA</i>				<i>2,0%</i>	<i>3,0%</i>	<i>4,0%</i>
Tamiz	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)
3/4"	100	100%	0	0	0	0
1/2"	90 - 100	97%	3%	33,0	32,6	32,3
#4	44 - 74	53%	44%	483,6	478,4	473,1
#8	28 - 58	16%	37%	406,7	402,3	397,8
#50	5 - 21	4%	12%	131,9	130,5	129,0
#200	2 - 10		4%	44,0	43,5	43,0
Asfalto				76,8	76,8	76,8
EVA				24,0	36,0	48,0
Total				1200,0	1200,0	1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

- Mezcla con agregado de origen volcánico:

Tabla N° 27: Dosificación de los agregados para la Mezcla modificada con EVA. (Agregado de origen volcánico).

Contenido óptimo de asfalto: 6.6%

Contenido de EVA: 2, 3, 4 %.

<i>% de Asfalto</i>				<i>6,6%</i>	<i>6,6%</i>	<i>6,6%</i>
<i>% de Polímero EVA</i>				<i>2,0%</i>	<i>3,0%</i>	<i>4,0%</i>
Tamiz	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)	Peso del Material (gr.)
3/4"	100	100%	0	0	0	0
1/2"	90 - 100	97%	3%	32,9	32,5	32,2
#4	44 - 74	53%	44%	482,6	477,3	472,0
#8	28 - 58	16%	37%	405,8	401,4	396,9
#50	5 - 21	4%	12%	131,6	130,2	128,7
#200	2 - 10		4%	43,9	43,4	42,9
Asfalto				79,2	79,2	79,2
EVA				24,0	36,0	48,0
Total				1200,0	1200,0	1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.5.2 Ensayo Rice

En el ensayo Rice hecho en las briquetas con 6,4% de Asfalto y diferentes porcentajes de Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA), se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla N° 28: Resultados del Ensayo Rice (Agregado Convencional en Mezcla Modificada).

MATERIAL CONVENCIONAL	
6,4% DE ASFALTO	
% EVA	RESULTADO RICE
0,00%	2,333
2,00%	2,330
3,00%	2,326
4,00%	2,323

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

Tabla N° 29: Resultados del Ensayo Rice (Escoria y arena volcánica en Mezcla Modificada).

MATERIAL VOLCÁNICO	
6,6% DE ASFALTO	
% EVA	RESULTADO RICE
0,00%	2,029
2,00%	2,028
3,00%	2,028
4,00%	2,027

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.6 Ensayo Marshall en las briquetas de Mezcla Modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato

Con el Ensayo Marshall para la mezcla modificada con Polímero EVA, tomando en cuenta todo el proceso necesario: preparación de la mezcla con sus porcentajes de asfalto y de Polímero EVA, elaboración y compactación de las briquetas y toma de pesos, se procedió a realizar los cálculos correspondientes y elaboración de tablas necesarias, obteniendo los siguientes resultados:

4.1.6.1 Resultados del ensayo Marshall en la Mezcla Modificada con Polímero EVA (Agregado Convencional)

Tabla N° 30: Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero EVA (Agregado convencional de la Mina Villacrés de Ambato).

N° Golpes: 75

Gravedad Específica Asfalto: 0,997

Asfalto: 60 – 70

Gravedad Específica Agregados para Diseño: 2,551

METODO MARSHALL - DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA																					
6,4% DE ASFALTO																					
MUESTRA N°	EVA %	ASFALTO %	PROBETA ESPESOR (cm)	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO (gr/cm ³)			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL	% EFECTIVO DE ASFALTO	% VACIOS LLENOS DE ASFALTO	ESTABILIDAD (Lb)			FLUJO pulg/100	
				SECA EN AIRE	SSS EN AIRE	EN AGUA	BULK (Gb)	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADO	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO				LECTURA DIAL	FACTORES CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA		
A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
1,1	0,00	6,40	6,62	1181,60	1184,20	654,30	2,23										2076,4	0,939	1949,7396	13	
1,2			6,23	1062,80	1069,60	591,40	2,22											1952,3	1,032	2014,7736	12
1,3			7,05	1271,30	1274,90	700,10	2,21												1979,4	0,849	1680,5106
PROM.							2,222	2,320	2,333	0,257	81,501	4,772	13,727	18,499	6,159	74,204			1881,67	12	
2,1	2,00	6,40	6,61	1177,10	1179,30	641,10	2,19										3436	0,941	3233,276	11	
2,2			7,25	1282,20	1283,10	697,50	2,19											3311	0,818	2708,398	13
2,3			6,12	1046,70	1049,20	575,00	2,21											2654	1,065	2826,51	11
PROM.							2,195	2,320	2,330	0,198	80,510	5,808	13,682	19,490	6,215	70,200			2922,73	12	
3,1	3,00	6,40	6,75	1163,10	1167,20	641,50	2,21										4110	0,91	3740,1	12	
3,2			7,03	1223,70	1224,60	669,90	2,21											4349	0,853	3709,697	14
3,3			6,20	1057,40	1058,70	582,50	2,22											3259	1,04	3389,36	14
PROM.							2,213	2,320	2,326	0,119	81,171	4,872	13,957	18,829	6,289	74,125			3613,05	13	
4,1	4,00	6,40	6,95	1162,00	1163,40	634,70	2,20										3326	0,868	2886,968	14	
4,2			6,65	1149,20	1151,50	633,10	2,22											4084	0,934	3814,456	15
4,3			6,60	1148,10	1150,70	630,70	2,21											3829	0,943	3610,747	13
PROM.							2,208	2,320	2,323	0,059	80,987	4,965	14,048	19,013	6,345	73,886			3437,39	14	

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.6.2 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall en Mezcla Asfáltica Modificada con EVA (Agregado convencional).

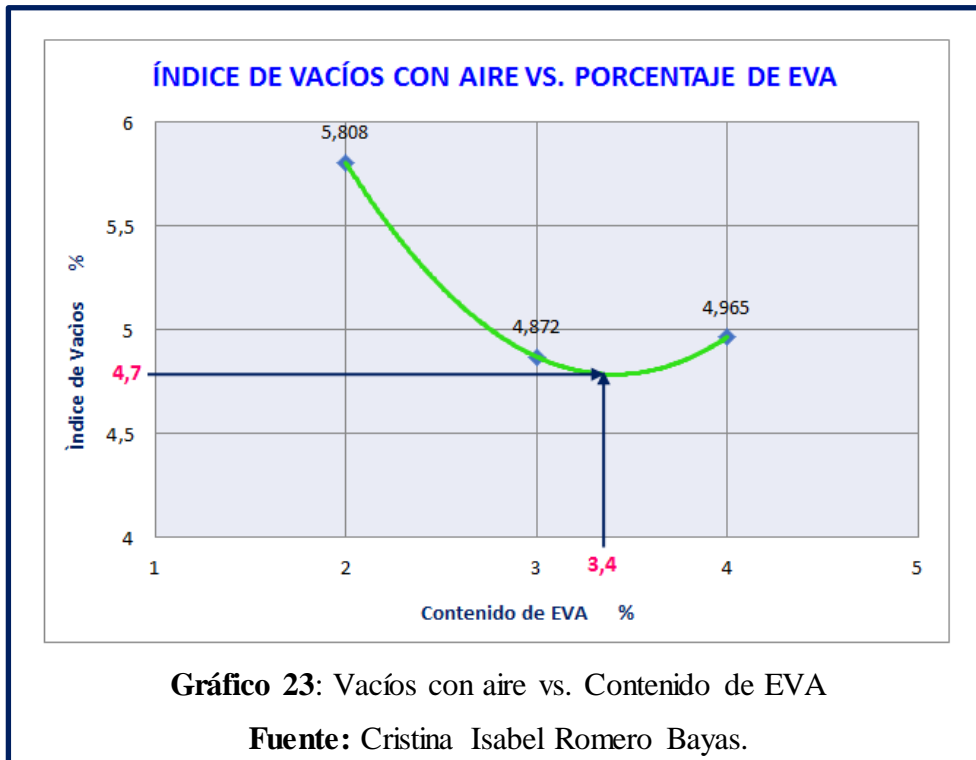
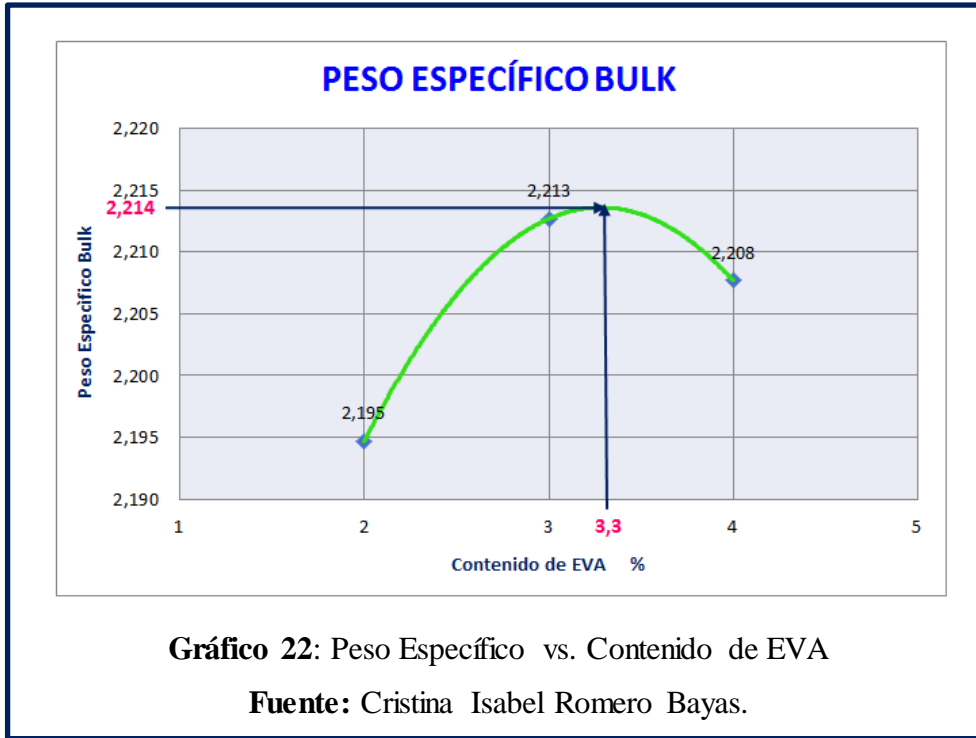




Gráfico 24: Vacíos en el Agregado Mineral vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

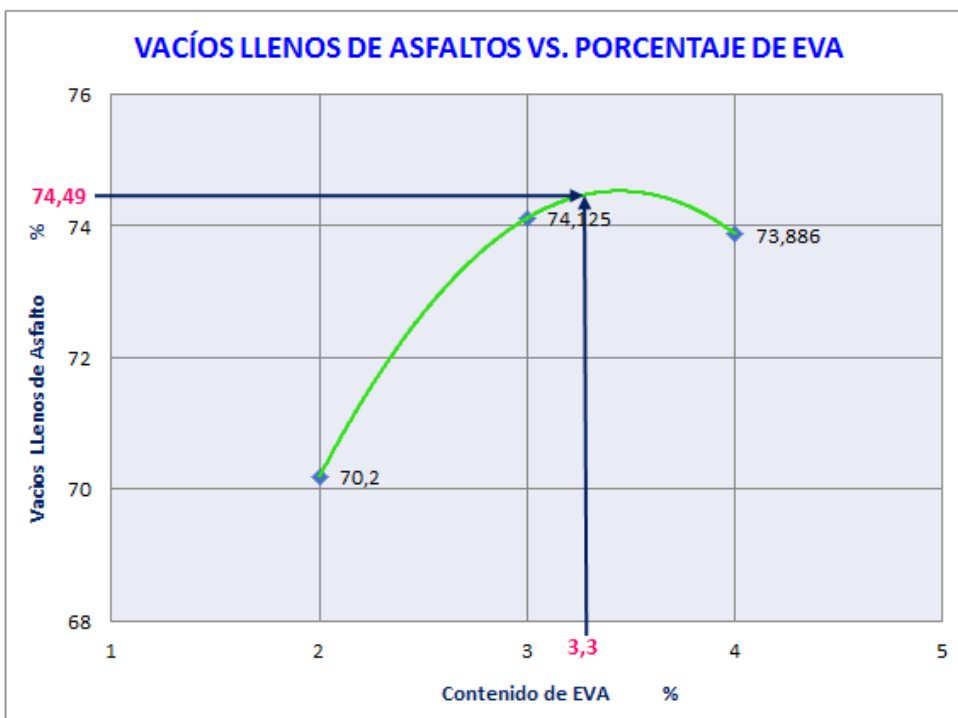


Gráfico 25: Vacíos llenos de Asfalto vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

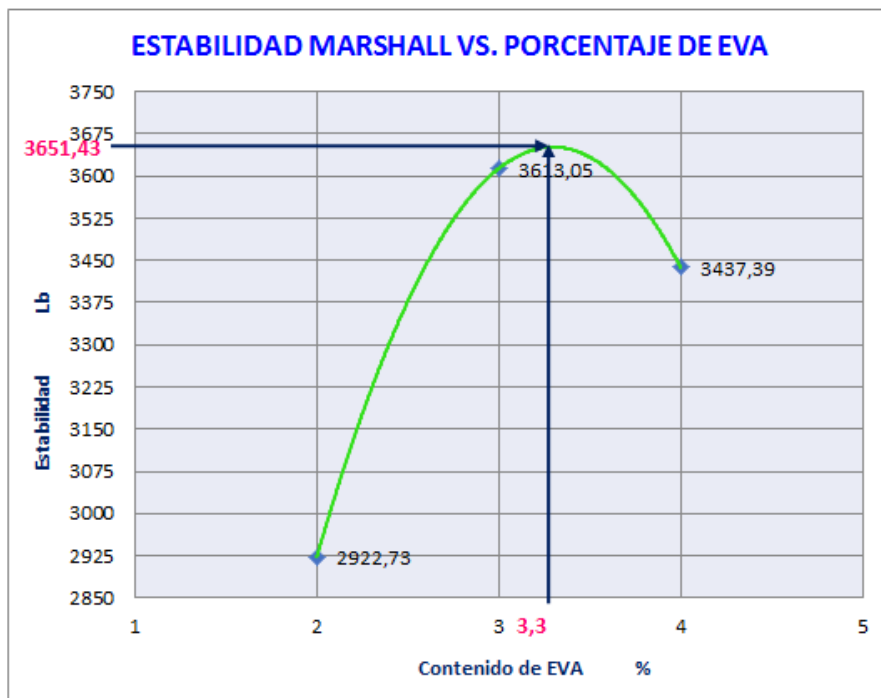


Gráfico 26: Estabilidad vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

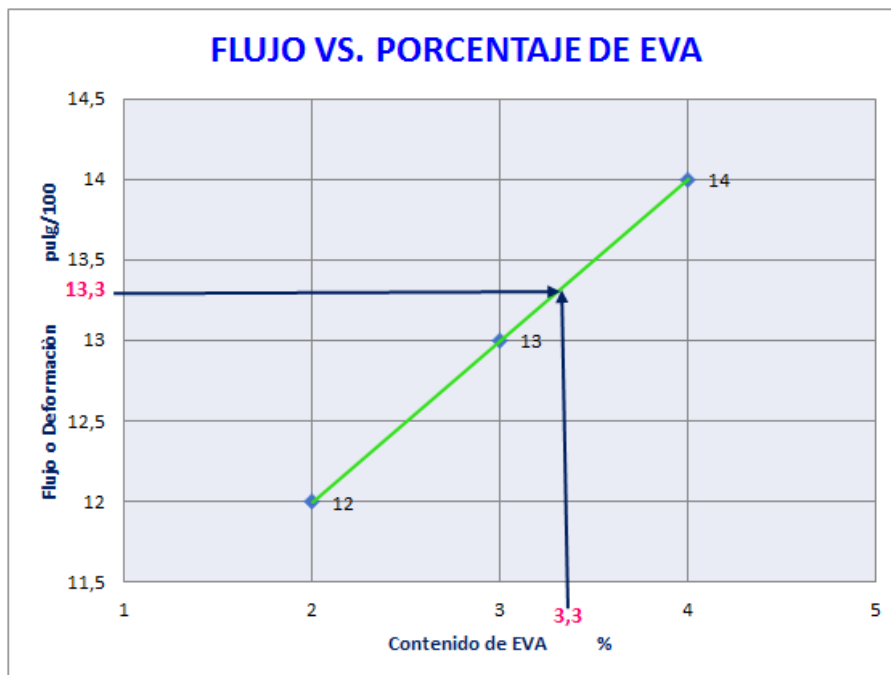


Gráfico 27: Fluencia vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.6.3 Contenido Óptimo de Polímero EVA en Mezcla asfáltica Modificada (Agregado Convencional)

Para la determinación del contenido óptimo de Polímero, se realizó un promedio de los valores óptimos obtenidos para la máxima densidad (peso Bulk), el mínimo porcentaje de vacíos de aire, y máxima estabilidad obtenida.

Tabla N° 31: Contenido Óptimo de EVA en Mezcla asfáltica Modificada con Polímero EVA (Agregado convencional).

Densidad de la muestra (Peso Bulk)	2,21	3,3
Vacíos de aire %	4,79	3,4
Vacíos en el agregado mineral (VAM) %	18,8	3,3
Vacíos llenos de asfalto (VFA) %	74,49	3,3
Estabilidad Marshall Lb	3651,43	3,3
Fluencia Pulg/100	13,3	3,3
Contenido óptimo de EVA		3,3

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.6.4 Resultados del ensayo Marshall en Mezcla Asfáltica Modificada con polímero EVA (Agregado de origen volcánico).

Tabla N° 32: Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero EVA con agregados de origen volcánico (Escoria y arena).

N° Golpes: 75

Gravedad Específica Asfalto: 0,997

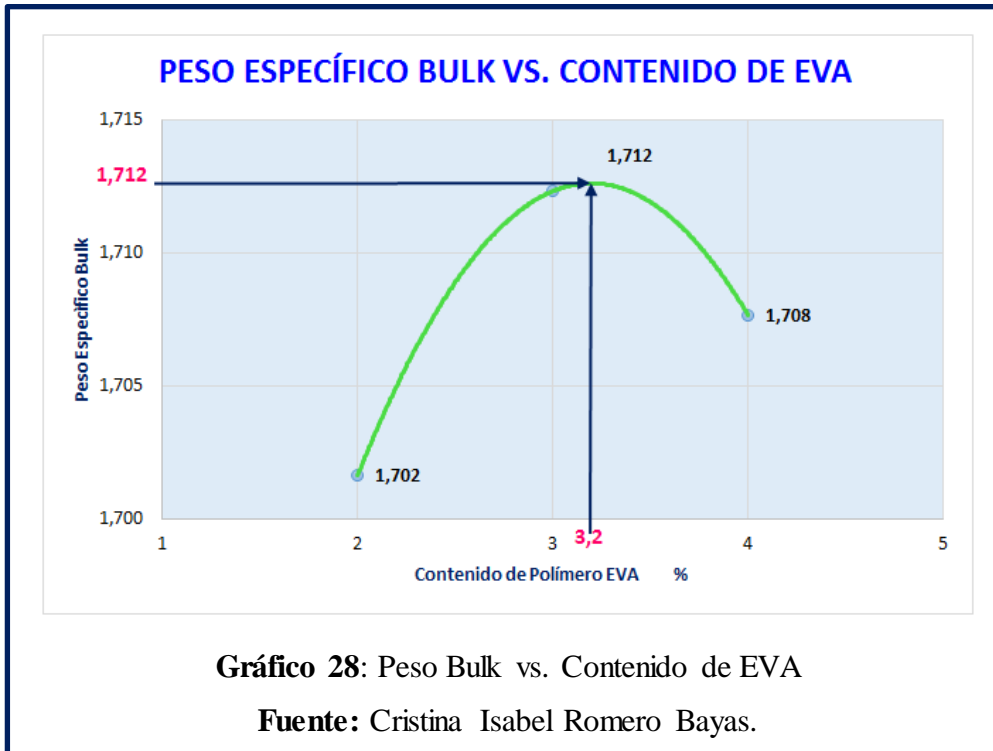
Asfalto: 60 – 70

Gravedad Específica Agregados para Diseño: 2,186

METODO MARSHALL - DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA																							
6,6% DE ASFALTO																							
MUESTRA N°	% EVA	% ASFALTO	PROBETA ESPESOR (cm)	PESO EN GRAMOS			PESO ESPECIFICO (gr/cm3)			ASFALTO ABSORBIDO %	VOLUMEN - % TOTAL			VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL	% EFECTIVO DE ASFALTO	% VACIOS LLENOS DE ASFALTO	ESTABILIDAD (Lb)			FLUJO pulg/100			
				SECA EN AIRE	SSS EN AIRE	EN AGUA	BULK (Gb)	MÁXIMO TEÓRICO	MÁXIMO MEDIDO		AGREGADO	VACÍOS CON AIRE	ASFALTO EFECTIVO				LECTURA DIAL	FACTORES CORRECCIÓN	ESTABILIDAD CORREGIDA				
A		B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T			
5,1	0,00	6,60	5,95	798,40	802,80	338,20	1,72										1778	1,118	1987,804	14			
5,2			6,75	958,40	961,90	407,80	1,73											1820	0,910	1656,200	16		
5,3			6,80	964,80	969,40	409,90	1,72												1824	0,898	1637,952	13	
PROM.							1,724	2,027	2,029	0,052	73,663	15,032	11,305	26,337	6,551	42,924			1760,650	14			
2,1	2,00	6,60	6,90	928,30	932,80	382,10	1,69												2340	0,877	2052,180	14	
2,2			6,30	856,70	860,10	360,10	1,71												2125	1,013	2152,625	14	
2,3			6,70	938,90	944,70	394,20	1,71													2250	0,923	2076,750	15
PROM.							1,702	2,027	2,028	0,026	72,709	16,091	11,200	27,291	6,576	41,039			2093,850	14			
3,1	3,00	6,60	5,75	738,90	743,10	312,90	1,72												2510	1,181	2964,310	15	
3,2			6,20	902,30	905,90	377,30	1,71													2496	1,040	2595,840	15
3,3			6,90	929,70	933,80	390,60	1,71													2680	0,877	2350,360	16
PROM.							1,712	2,027	2,028	0,016	73,164	15,549	11,287	26,836	6,585	42,059			2636,840	15			
4,1	4,00	6,60	6,80	923,40	926,70	386,30	1,71												2498	0,898	2243,204	16	
4,2			6,65	901,90	906,70	376,90	1,70													2450	0,934	2288,300	16
4,3			7,25	989,60	991,80	413,90	1,71													2570	0,818	2102,260	16
PROM.							1,708	2,027	2,027	0,008	72,965	15,766	11,269	27,035	6,593	41,683			2211,250	16			

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.1.6.5 Curvas de diseño obtenidas por el Método Marshall en una Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero EVA (Agregado de origen volcánico).



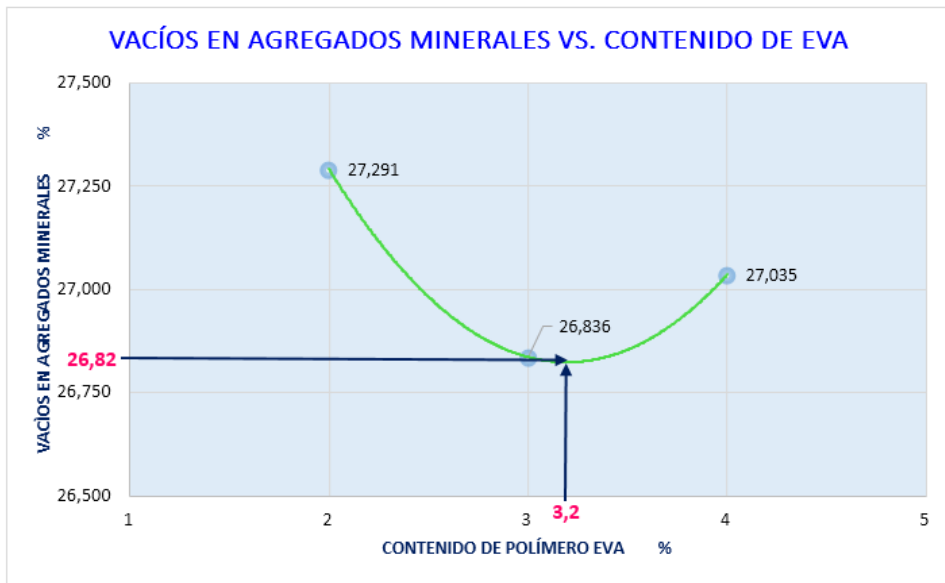


Gráfico 30: Vacíos en el agregado mineral vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

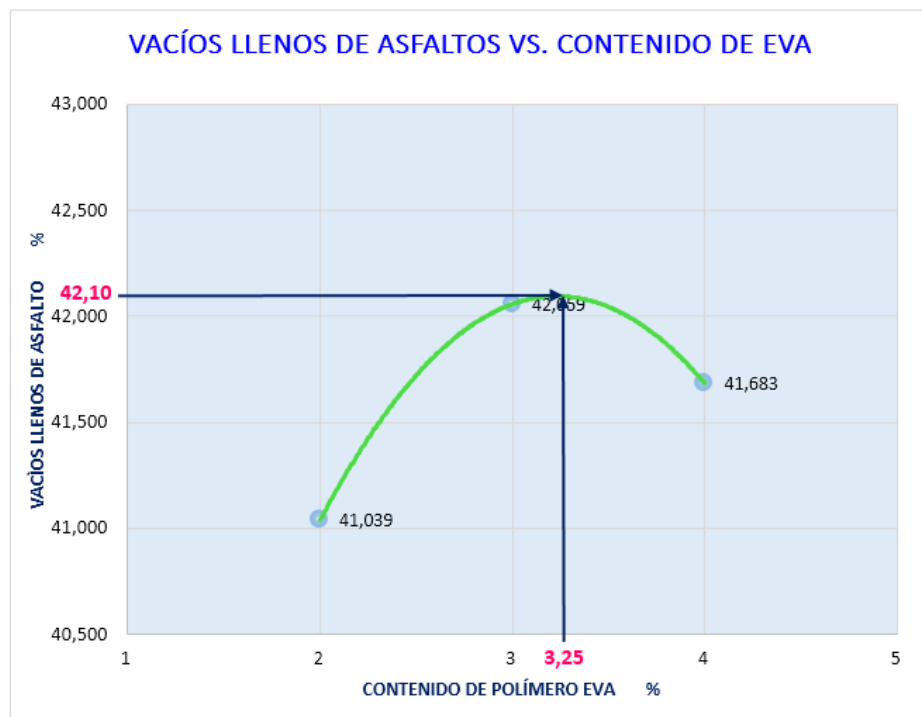


Gráfico 31: Vacíos llenos de asfalto vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

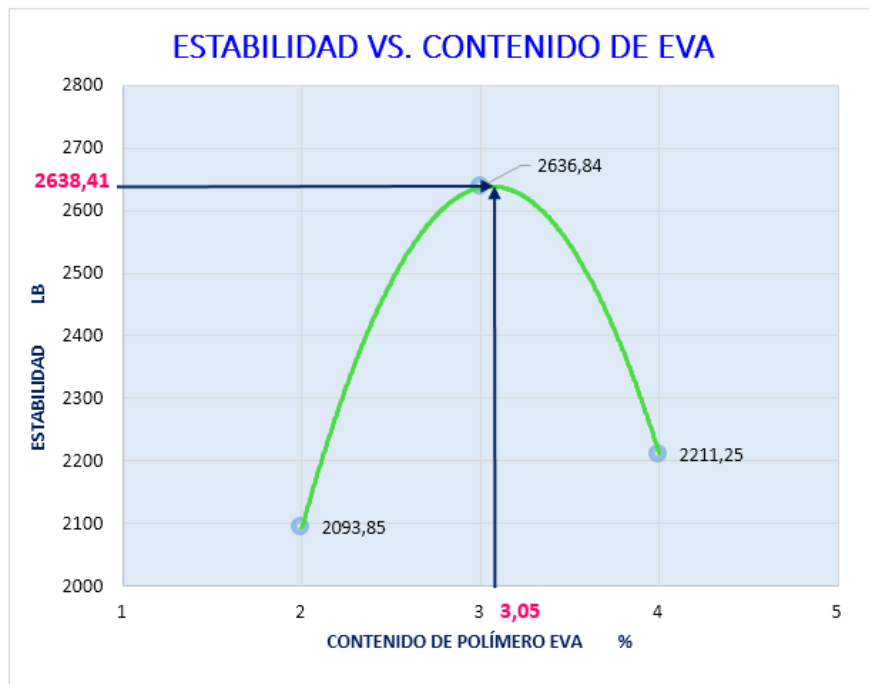


Gráfico 32: Estabilidad vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

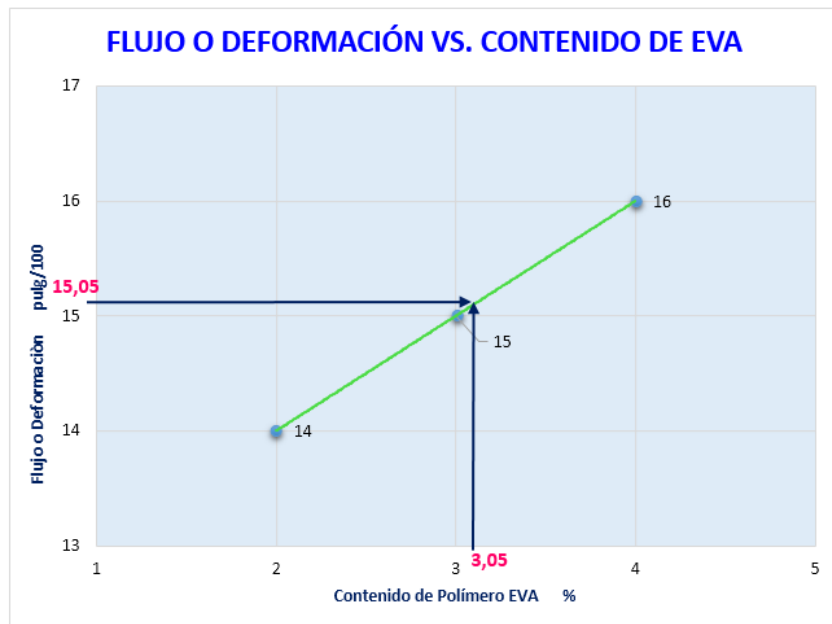


Gráfico 33: Fluencia vs. Contenido de EVA

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.1.6.6 Contenido Óptimo de Polímero Etileno Vinil Acetato EVA (Mezcla con agregado volcánico).

De igual manera, en la determinación del contenido óptimo de EVA, se realizó un promedio de los valores óptimos obtenidos en las curvas de diseño, esto es, para la máxima densidad (peso Bulk), el mínimo porcentaje de vacíos de aire, porcentaje mínimo de vacíos en el agregado mineral, óptimo porcentaje de vacíos llenos de asfalto y máxima estabilidad obtenida.

Se debe tomar en cuenta que el porcentaje de vacíos al aire, el porcentaje de vacíos en el agregado mineral y el porcentaje de vacíos llenos de asfalto no cumplen con las especificaciones requeridas para el diseño.

Tabla N° 33: Contenido Óptimo de EVA en Mezcla asfáltica Modificada con Polímero EVA (Mezcla con agregado volcánico).

Densidad de la muestra (Peso Bulk)	1,71	3,20
Vacíos de aire %	15,53	3,20
Vacíos en el agregado mineral (VAM) %	26,82	3,20
Vacíos llenos de asfalto (VFA) %	42,10	3,25
Estabilidad Marshall Lb	2638,41	3,05
Fluencia %	15,05	3,05
Contenido óptimo de asfalto		3,2

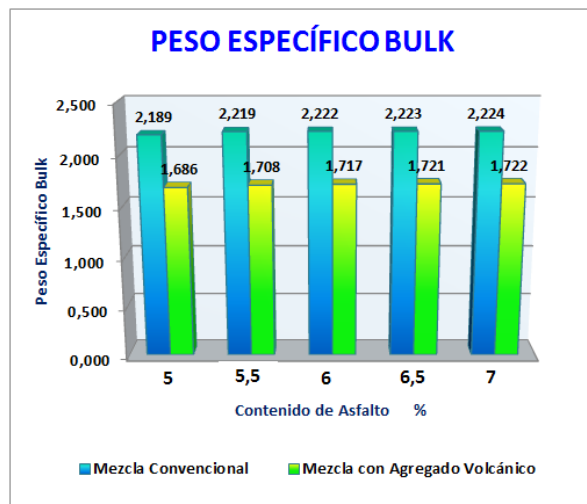
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.2.1. Comparación entre una mezcla con agregado convencional y una con escoria y arena volcánica.

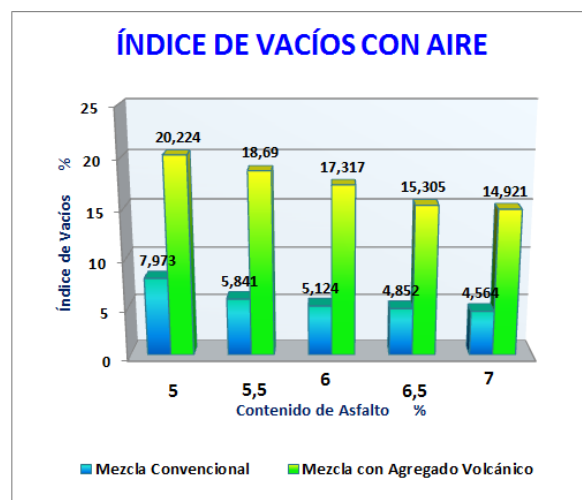
Una vez obtenidos los resultados para cada tipo de mezcla, se procede a realizar un análisis comparativo de las propiedades, cuyos valores se comparan en los siguientes gráficos:

Gráfico 34: Comparación del Peso específico Bulk entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.



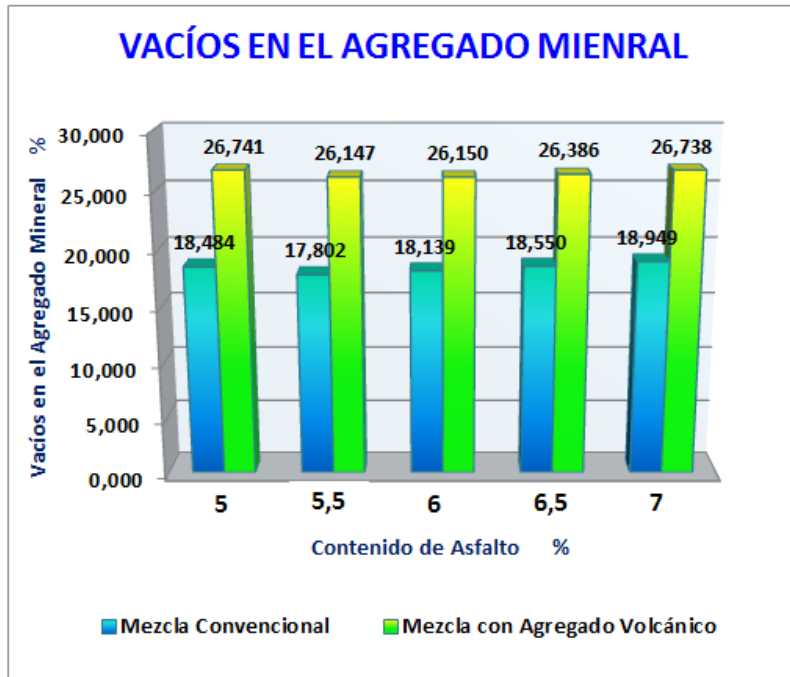
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Gráfico 35: Comparación del Índice de vacíos con aire entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.



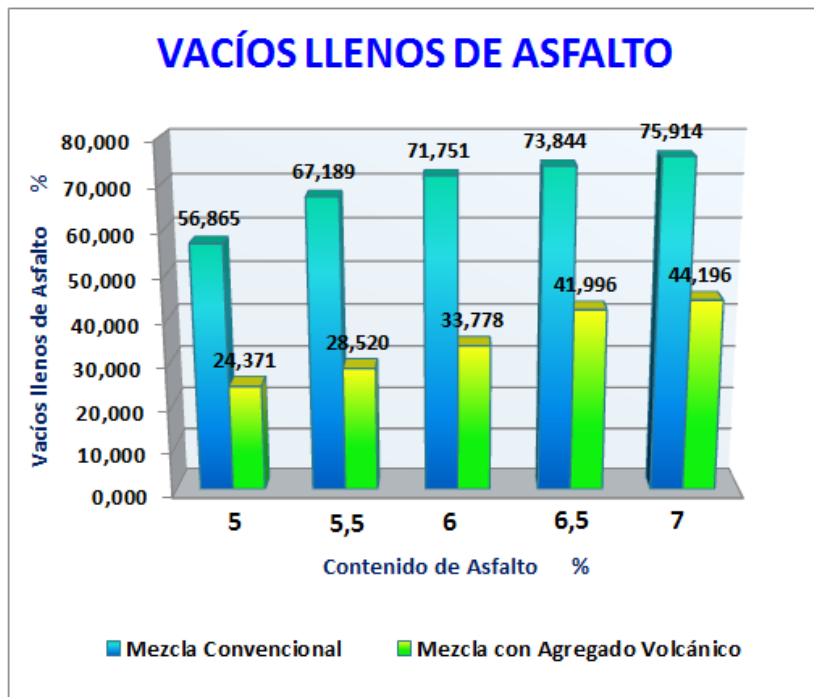
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Gráfico 36: Comparación del Índice de vacíos en el agregado mineral entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.



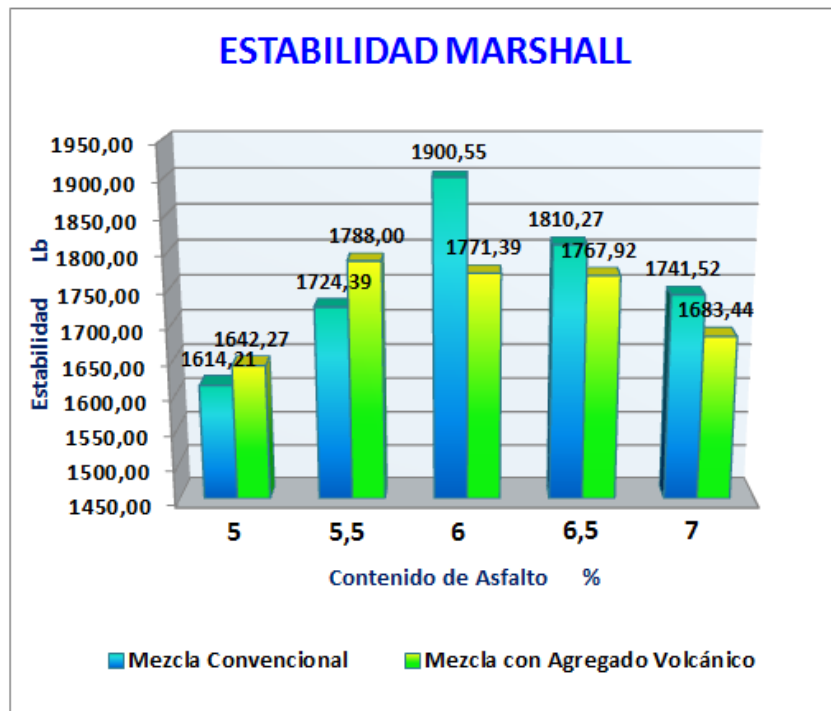
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Gráfico 37: Comparación del Índice de vacíos llenos de Asfalto entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.



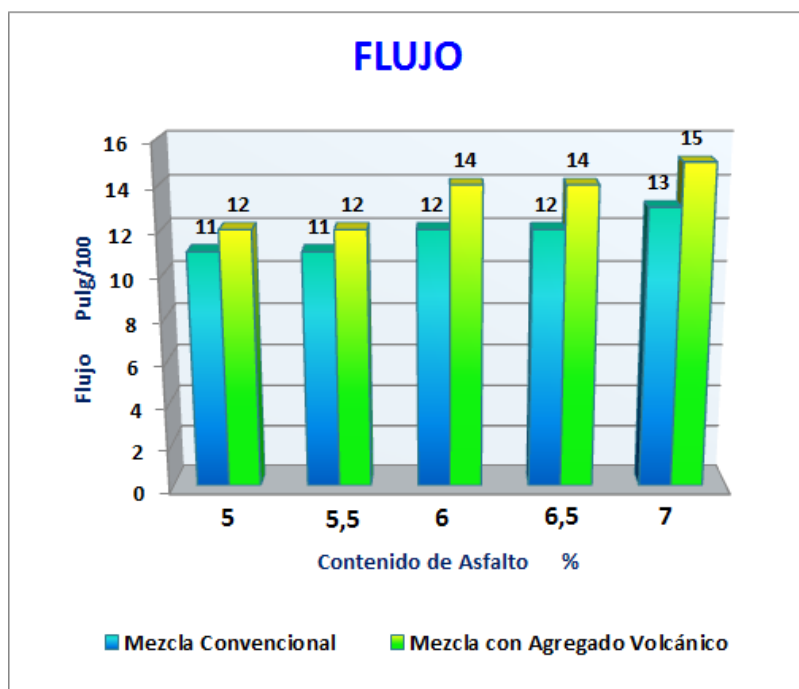
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Gráfico 38: Comparación de la Estabilidad Marshall entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Gráfico 39: Comparación del Flujo entre la mezcla con agregado convencional y la mezcla con agregado volcánico.



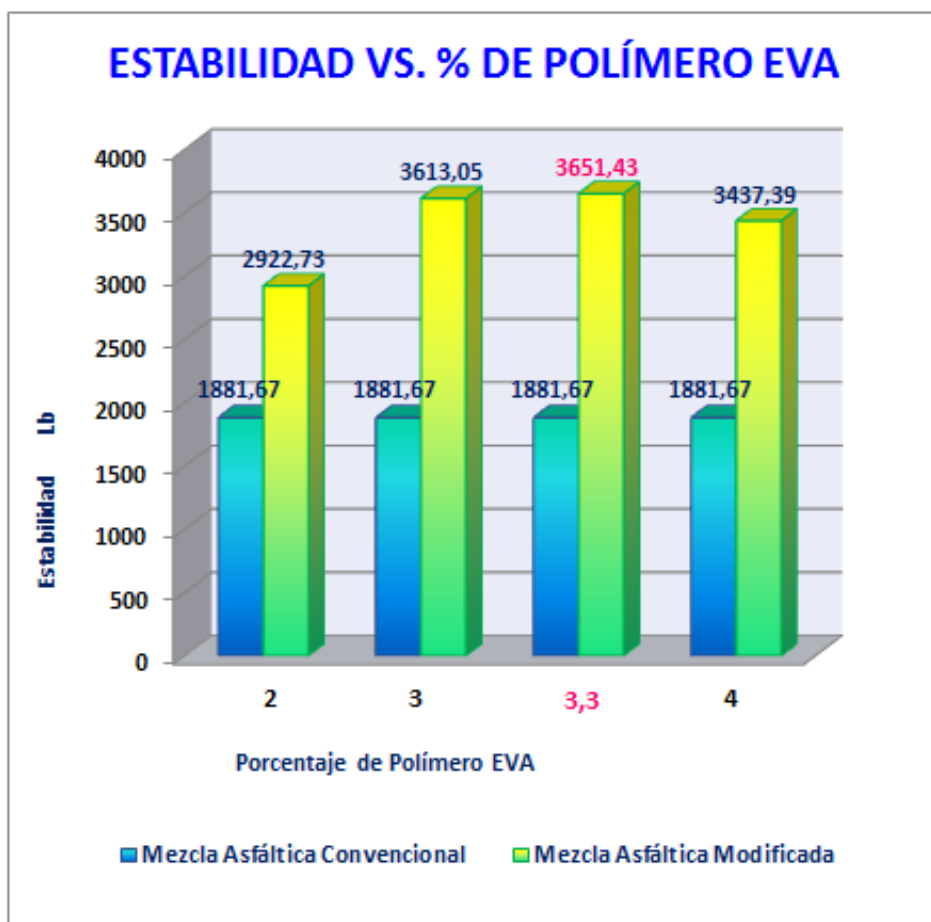
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.2.2. Comparación de los resultados de la Mezcla con agregado convencional y adicionada con Polímero EVA.

Con los resultados obtenidos del Ensayo Marshall, se realiza un análisis comparativo de la Estabilidad y Flujo entre la mezcla convencional y la mezcla modificada con EVA, cuyos valores se cotejan en las siguientes tablas:

% ASFALTO	% EVA	ESTABILIDAD (Lb)
6,4	0	1881,67
6,4	2	2922,73
6,4	3	3613,05
6,4	3,3	3651,43
6,4	4	3437,39

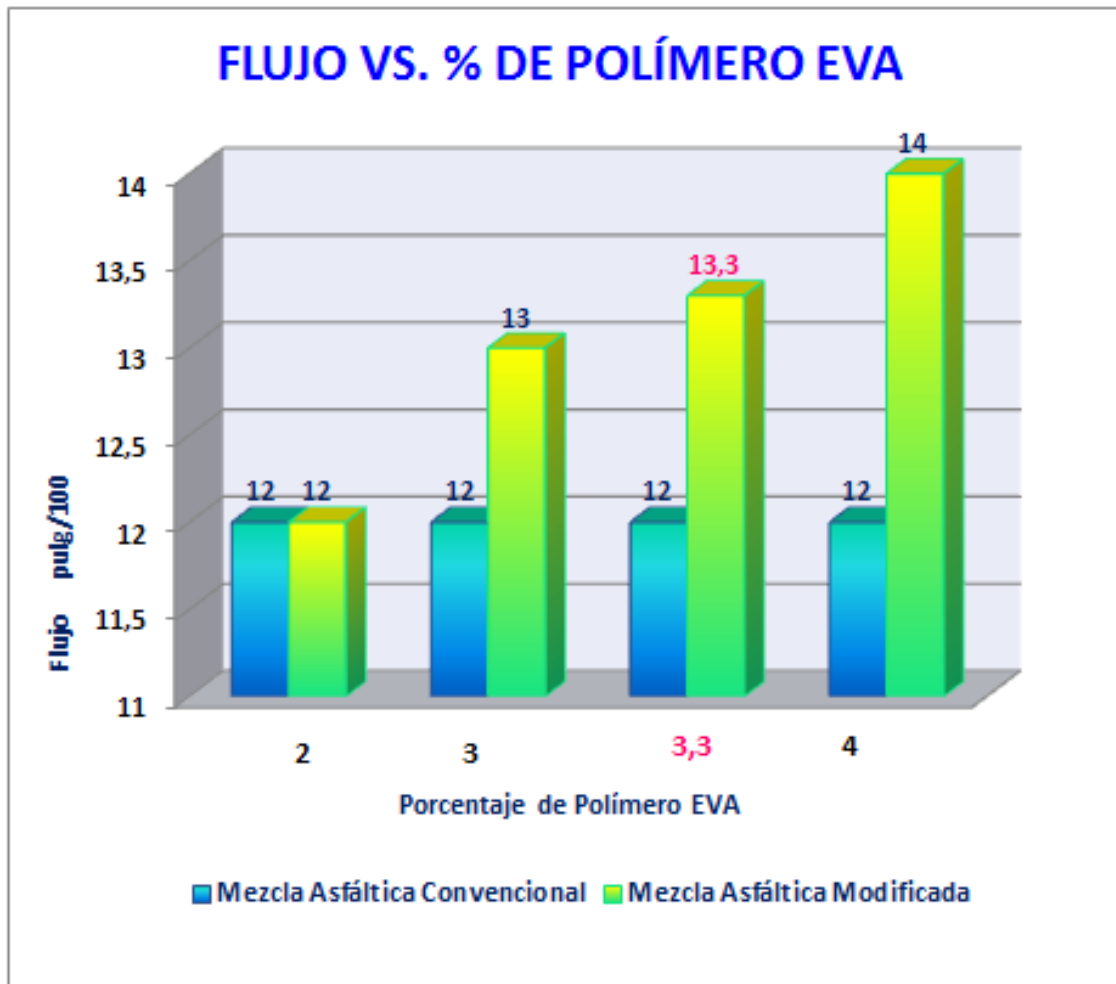
Gráfico 40: Comparación de los valores de Estabilidad entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

% ASFALTO	% EVA	FLUJO (Pulg/100)
6,4	0	12
6,4	2	12
6,4	3	13
6,4	3,3	13,3
6,4	4	14

Gráfico 41: Comparación de los valores de Flujo entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).



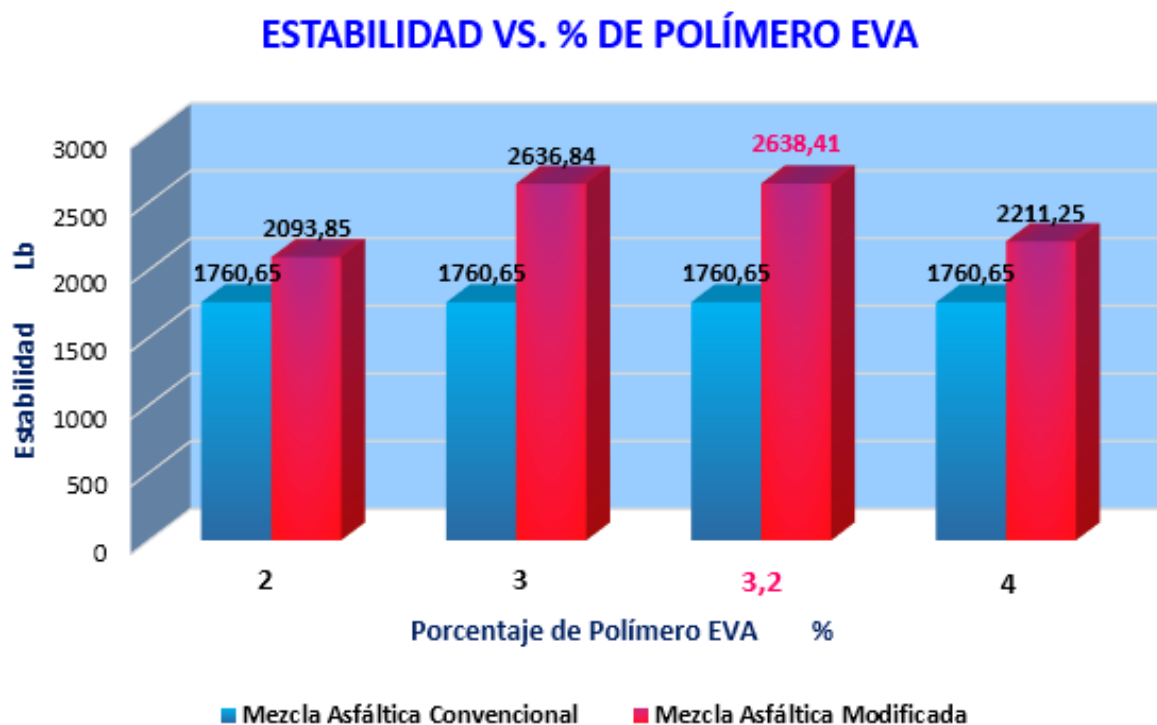
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.2.3. Comparación de los resultados de una Mezcla con agregado de origen volcánico y adicionada con Polímero EVA.

Se realiza un análisis comparativo de los resultados obtenidos para las mezclas con agregado volcánico, adicionadas con diferentes porcentajes de Polímero EVA, valores que se representan en las siguientes tablas:

% ASFALTO	% EVA	ESTABILIDAD (Lb)
6,6	0	1760,65
6,6	2	2093,85
6,6	3	2636,84
6,6	3,2	2638,41
6,6	4	2211,25

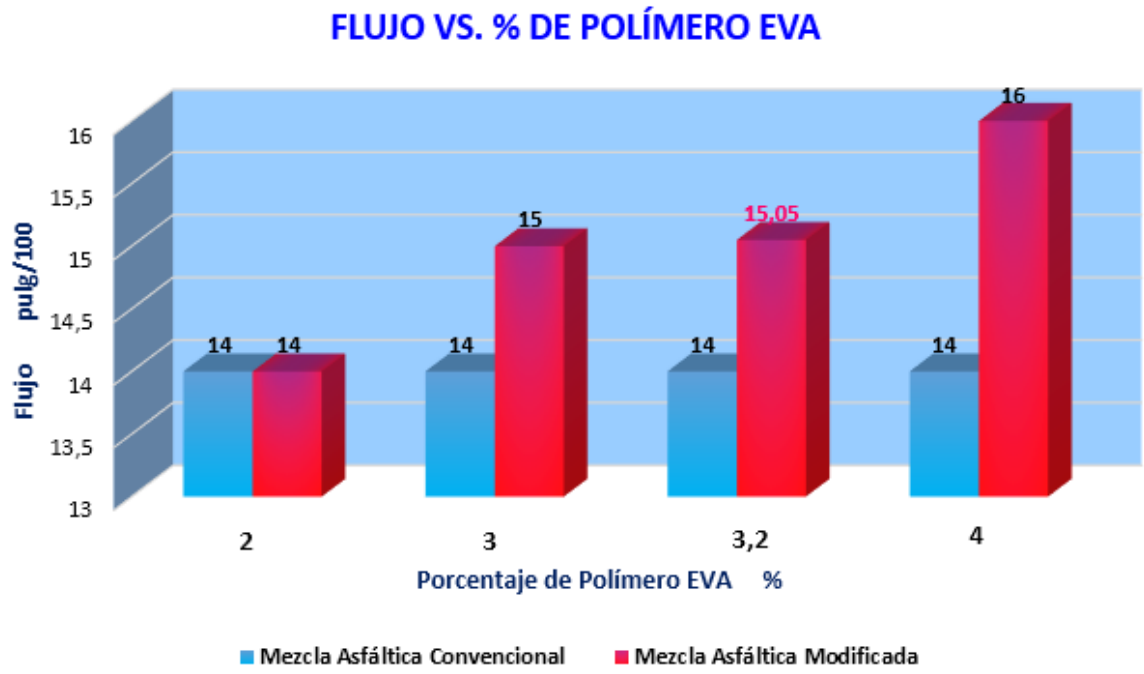
Gráfico 42: Comparación de los valores de Estabilidad entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

% ASFALTO	% EVA	FLUJO (Pulg/100)
6,6	0	14
6,6	2	14
6,6	3	15
6,6	3,2	15,05
6,6	4	16

Gráfico 43: Comparación de los valores de Flujo entre la Mezcla Modificada y la Mezcla Convencional (Agregado convencional).



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas

4.3. ANÁLISIS DE COSTOS

Se elaboró un presupuesto por m³ de mezcla asfáltica, para estimar y comparar la diferencia de costos.

Tabla N° 34: Costo por m³ de Mezcla convencional (Agregado convencional).

MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Asfalto AC-20	m3	0,064	570,00	36,48
Agregado Grueso	m3	0,028	13,90	0,39
Agregado Fino	m3	0,908	10,25	9,31
TOTAL				46,18

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 35: Costo por m³ de Mezcla modificada (Agregado convencional).

MEZCLA ASFALTICA CONVENCIONAL + EVA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Asfalto AC-20	m3	0,064	570,00	36,48
Agregado Grueso	m3	0,027	13,90	0,38
Agregado Fino	m3	0,876	10,25	8,98
Polímero EVA	m3	0,033	1466,40	48,39
TOTAL				94,23

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 36: Costo por m³ de Mezcla convencional (Agregado volcánico).

MEZCLA ASFALTICA - AGREGADO VOLCÁNICO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Asfalto AC-20	m3	0,066	570,00	37,62
Agregado Grueso	m3	0,028	10,00	0,28
Agregado Fino	m3	0,906	9,37	8,49
TOTAL				46,39

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 37: Costo por m³ de Mezcla modificada (Agregado volcánico).

MEZCLA ASFALTICA - AGREGADO VOLCÁNICO + EVA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Asfalto AC-20	m ³	0,066	570,00	37,62
Agregado Grueso	m ³	0,027	10,00	0,27
Agregado Fino	m ³	0,875	9,37	8,20
Polímero EVA	m ³	0,032	1466,40	46,92
TOTAL				93,01

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

4.4. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez realizado los ensayos con las mezclas asfálticas, con agregado convencional y agregado volcánico, se obtuvo una marcada diferencia en las propiedades de cada una, lo que evidenció que el material de origen volcánico no es apto para su utilización en mezclas asfálticas. Para la mezcla convencional se obtuvo un contenido óptimo de asfalto de 6,4%, arrojando una estabilidad de 1881,67 Lb y 12% de flujo. Para la mezcla con agregado volcánico se obtuvo un porcentaje óptimo de asfalto de 6,6%; arrojando una estabilidad de 1760,65 Lb y 14% de flujo. Esto indica que el material volcánico demanda más contenido de asfalto sin lograr alcanzar el rango aceptable de Estabilidad.

A las mezclas con el contenido óptimo de asfalto se les adicionó diferentes porcentajes de Polímero EVA, con lo que se obtuvo como resultado un importante aumento en la estabilidad de la mezcla; además se registró un aumento del flujo de la mezcla, sin salir de los rangos permisibles. Para la mezcla convencional con el 6,4% de asfalto y 3,3% de EVA se obtuvo una estabilidad de 3651.43 Lb y 13.3% de flujo. Para la mezcla con agregado volcánico con el 6,6% de asfalto y 3,2% de EVA se obtuvo una estabilidad de 2638.41 Lb y 15,5% de flujo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El peso Bulk disminuye mínimamente en la mezcla con adición de Polímero EVA en comparación con la mezcla sólo con el contenido óptimo de asfalto. Teniendo su valor máximo con el contenido óptimo de EVA y Asfalto.
- El contenido de vacíos al aire sufre un incremento en las mezclas con adición de EVA, sin salir de los parámetros aceptables según la norma.
- La variación del contenido de vacíos en el agregado mineral es mínima entre la mezcla modificada y la mezcla solo con asfalto.
- El porcentaje de vacíos llenos de asfalto no varía significativamente en la mezcla con Polímero EVA con respecto a la mezcla con el contenido óptimo de asfalto.
- Los valores de estabilidad alcanzados por las mezclas modificadas son mucho mayores que los alcanzados por la mezcla convencional; tanto para la mezcla con agregado convencional y EVA, así como para la mezcla con agregado de origen volcánico y EVA.
- La fluencia de las briquetas con Polímero EVA tiene un incremento importante con respecto al valor arrojado por las briquetas sólo con el contenido óptimo de asfalto, esto se produce tanto en la mezcla con agregado convencional y EVA, como en la mezcla con agregado de origen volcánico y EVA.
- Se concluye que la mezcla óptima obtenida (con agregado convencional) cumple con todas las especificaciones requeridas por las normas.
- Se concluye además que la mezcla óptima obtenida (con agregado volcánico) no satisface las especificaciones de las normas respectivas.
- Las mezclas modificadas tienen un costo superior al de las mezclas convencionales, esto se debe al elevado costo del polímero.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar todos los ensayos necesarios con los agregados, con la finalidad de conocer el tipo de material que se va a utilizar y determinar si es o no adecuado para la mezcla que se quiere realizar.
- Se debe garantizar que todos los ensayos realizados, tanto con los agregados como con la mezcla asfáltica, cumplan con las normas respectivas, verificando que los valores obtenidos estén dentro de los parámetros tolerables expresados en dichas normas.
- Al elaborar las briquetas, se debe ir comprobando la temperatura tanto del asfalto como de los agregados, que deben estar dentro de un rango permisible de 160 a 180°C. En caso de que la mezcla se enfríe se debe desechar la muestra, ya que en este caso los agregados no se ligarán adecuadamente. De igual manera, si la muestra se sobrecalienta, se debe descartar y elaborar una nueva, pues el exceso de calor altera las propiedades del asfalto.
- Se recomienda dar la compactación adecuada a las briquetas, según lo indicado en la norma para el tipo de tráfico escogido para el ensayo, ya que de esto depende el valor de la densidad que obtenga la mezcla.
- Se debe tener cuidado para desmoldar las muestras, dejándolas enfriar por un período de 3 a 4 horas, para evitar que se disgreguen y pierdan la compactación obtenida.
- Se recomienda verificar la temperatura del agua para el baño maría, misma que debe estar a 60°C; además de tener cuidado de tomar y no sobrepasar el tiempo de baño para cada briqueta (30 minutos).
- Por último se recomienda verificar que todos los equipos utilizados estén debidamente calibrados, de manera que los resultados obtenidos sean confiables.

C. MATERIALES DE REFERENCIA

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Rembis. *“Pasado, Presente y Futuro del uso de los asfaltos en México”*. Artículo Técnico. México, 2012.
- [2] F. Wulf. *“Análisis de Pavimento Asfáltico modificado con Polímero”*. Tesis de Grado Ingeniero Constructor, Valdivia, 2008.
- [3] R. Herrera, G. Botasso, *“Caracterización de los asfaltos utilizados en las obras viales del Ecuador”*, Trabajo de Grado Ingeniero Civil. Ecuador, 2011.
- [4] M. Maila. *“Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)”*. Trabajo de Grado Ingeniero Civil, Quito, 2013.
- [5] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), T-245. *“RESISTANCE TO PLASTIC FLOW OF BITUMINOUS MIXTURES USING MARSHALL APPARATUS”*. 2015.
- [6] R. Maxil, M. Salinas. *“Ventajas y Desventajas del Uso de Polímeros en el Asfalto”* Trabajo de Grado Ingeniero Civil, Cholula, Puebla, México, 2006.
- [7] R. Herrera, G. Botasso. *“Caracterización de los asfaltos utilizados en las Obras viales del Ecuador”*. Instituto de Investigaciones Viales – INDIV, Documento Técnico, 2006.
- [8] MOP -001-F 2002. *“Asfaltos y Productos asfálticos”*. Cementos Asfálticos, Requisitos, Parte 8, 2002.
- [9] ASTM E-102, Standard Test Method for Saybolt Furol Viscosity of Bituminous Materials at High Temperatures.
- [10] W. Castro, H. Rondón, J. Barrero. *“Evaluación de las propiedades reológicas y térmicas de un asfalto convencional y uno modificado con un desecho de PEBD”*, Revista Ingeniería, 2015.
- [11] J. Pabón. *“La Reología del Asfalto”*. Artículo Técnico, 2012.

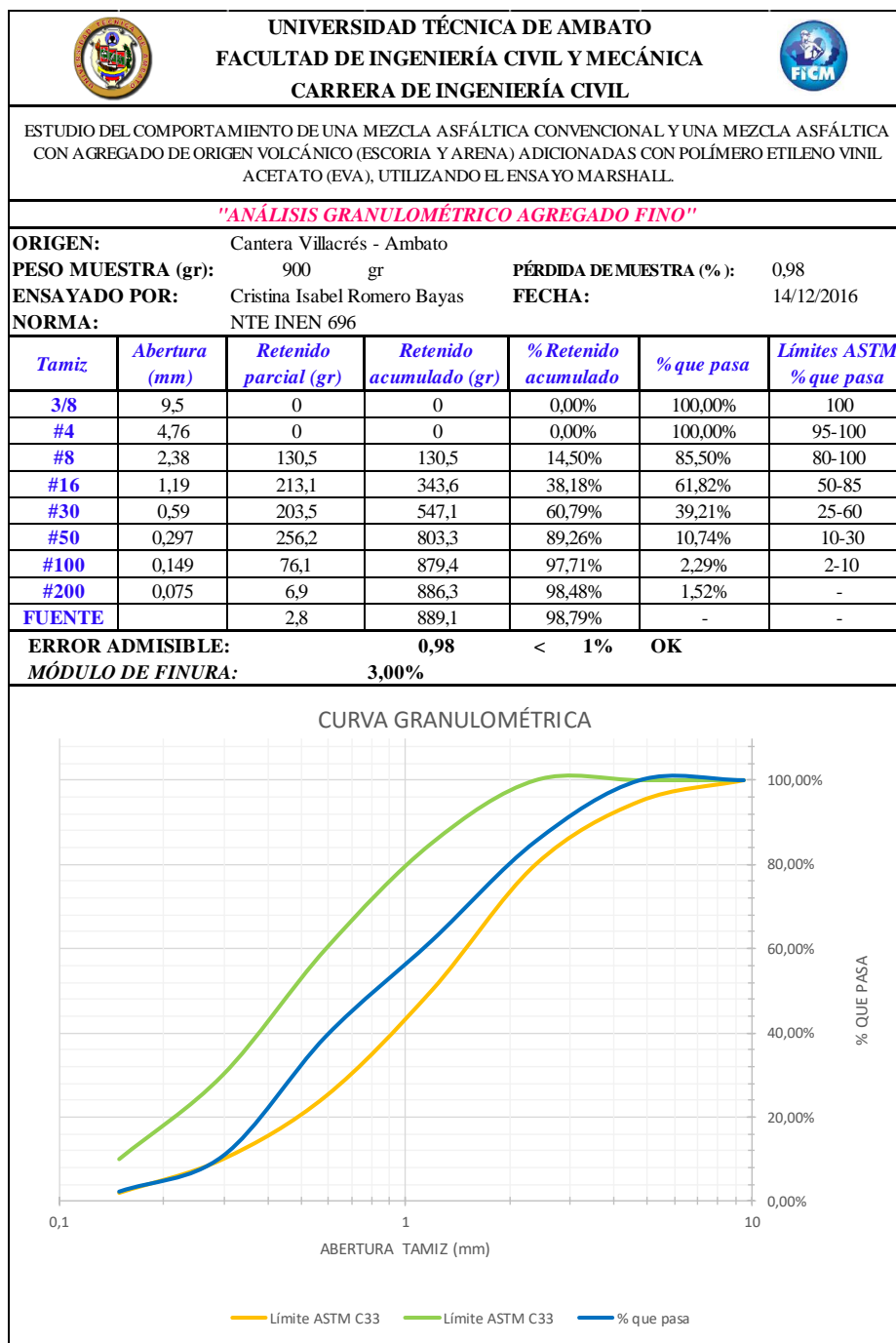
- [12] NTE INEN 2 515 (2010), Productos derivados del petróleo. Cemento asfáltico (Clasificación por Viscosidad). Requisitos.
- [13] ASTM D3625 (2012). Standard Practice for Effect of Water on Bituminous-Coated Aggregate Using Boiling Water.
- [14] N-CMT-04-05-001/00 Materiales para Pavimentos, México, 2000.
- [15] C. Montesino, P. Reyes, “*Comparación de módulos de rigidez por tensión indirecta utilizando método de compactación Marshall y Superpave para el diseño de mezclas asfálticas*”, Trabajo de grado Ingeniero Civil, Quito, 2010.
- [16] INEN 696 (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso.
- [17] ASTM C 136 (2001), Análisis Granulométricos de los agregados.
- [18] ASTM C127 – 04 (2004), Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Gruesos.
- [19] INEN 860 (2010), Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la Máquina de los Ángeles.
- [20] ASTM D-5821 (1995), Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate.
- [22] ASTM C128 Método de Ensayo Normalizado para Determinar la Densidad, la Densidad Relativa (Gravedad Específica), y la Absorción de Agregados Finos
- [23] M. Avellán. “*Asfaltos Modificados con Polímeros*”. Trabajo de Grado Ingeniero Civil, Guatemala, 2007.
- [24] M. Ojeda. “*Tecnología de los Plásticos*”. Artículo Técnico, Argentina, 2012.
- [25] D. Guerra. “*Tipos de Polímeros*”. Artículo Técnico, Perú, 2011.
- [26] G. Arias, W. Galvis, L. Orduña, J. Rodríguez, G. Sanchez. Mezclas Asfálticas. Artículo Técnico, Ecuador, 2013.

- [27] A. Padilla. *“Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista”*. Trabajo de Grado Ingeniero Civil, México, 2004.
- [28] M. Alfonso, Diseño de pavimento asfáltico, Ingeniería de pavimentos, Universidad Católica de Colombia, Edición N° 3.
- [29] P. Garnica. *“Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas”*. Publicación Técnica. Instituto Mexicano del Transporte, México, 2004.
- [30] Norma INV E-748 (2007). Resistencia de mezclas asfálticas en caliente empleando el aparato Marshall.
- [31] L. Vásquez. *“Método Marshall para el Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente”* Artículo Técnico. Colombia, 2015.
- [32] Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Manual Series No. 2. Sixth Edition (Asphalt Institute), 2005.
- [33] R. Crespín, I. Santa, P. Torres. *“Aplicación del método Marshall y granulometría Superpave en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño”*. Trabajo de Grado Ingeniero Civil , El Salvador, 2012.
- [34] ASTM D1559-89. Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus (Withdrawn 1998).
- [35] M-MMP-4-05-004/00 Métodos de muestreo y prueba de materiales, México, 2000.

2. ANEXOS



2.1. Resultados de los ensayos realizados en los agregados convencionales.

Tabla N° 38: Granulometría del agregado fino.




Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 39: Densidad real y capacidad de absorción del agregado fino.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.				
"Densidad Real del Agregado Fino"				
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés		FECHA:	13/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas		NORMA:	INEN 856
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	VALOR	
M1	Masa del picnómetro	gr	145,60	
M2	Masa del picnómetro + agregado sss	gr	370,50	
M3	Masa del picnómetro + agregado sss + agua	gr	779,10	
M4 = M3 - M2	Masa del agua añadida	gr	408,60	
M5	Masa del picnómetro + 500 cc de agua	gr	643,60	
M6 = M5 - M1	Masa de 500cc de agua	gr	498,00	
DA = M6/500 cm ³	Densidad del Agua	gr/cc	1,00	
M7= M6 - M4	Masa del agua desalojada por el agregado	gr	89,40	
Msss = M2 - M1	Masa del agregado sss	gr	224,90	
Vsss = M7/DA	Volumen de agua desalojada (Volumen de agregado añadido)	cc	89,76	
DRA = Msss / Vsss	DENSIDAD REAL DE LA ARENA		gr/cc	2,506
"Capacidad de Absorción del Agregado Fino"				
M7	Masa del recipiente	gr	24,20	24,90
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	157,90	166,80
M9 = M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	133,70	141,90
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	155,50	164,30
M11 = M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	131,30	139,40
CA = ((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	gr	1,83	1,79
CA Prom = (CA1+CA2)/2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO		gr/cc	1,811

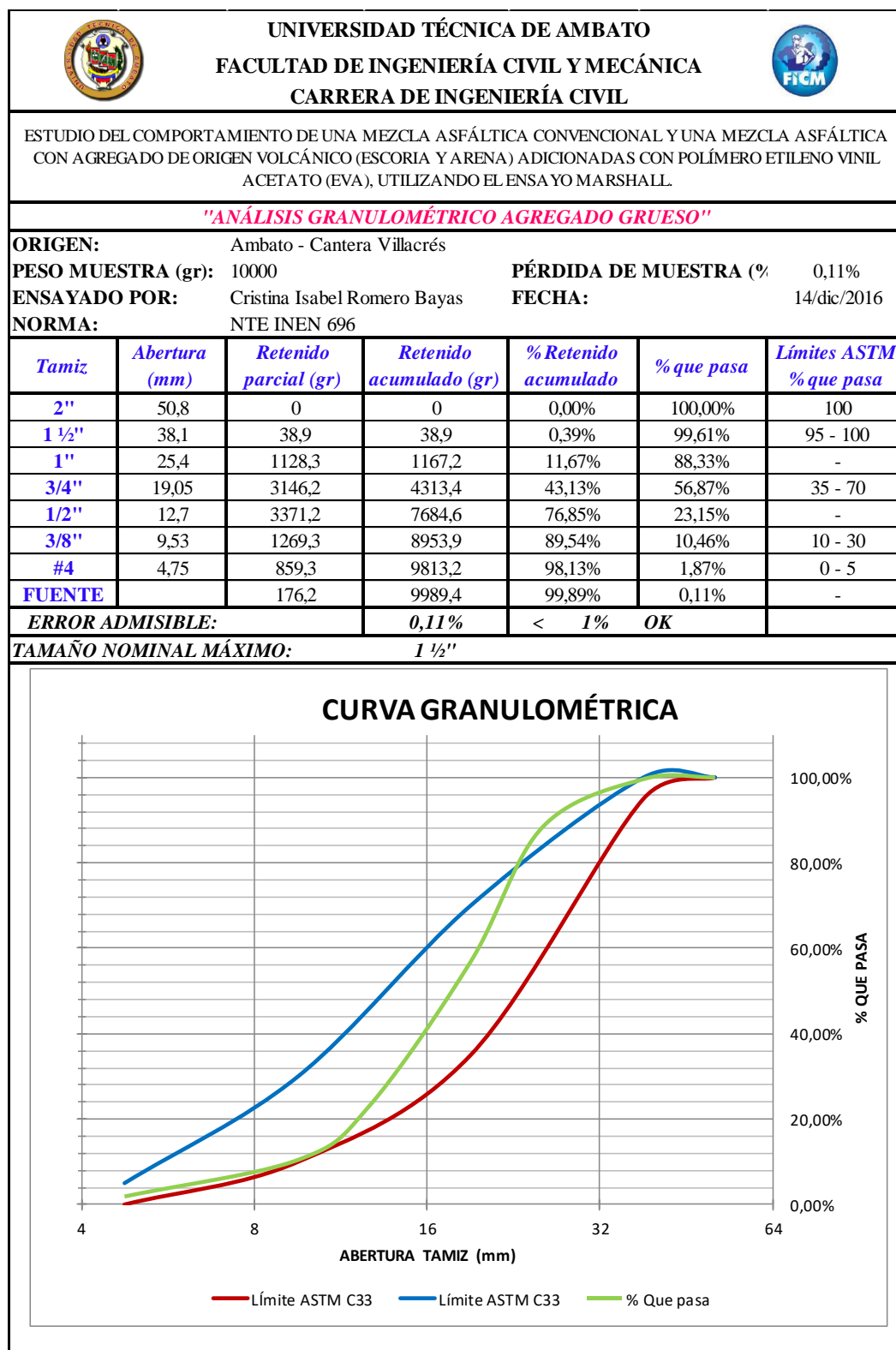
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 40: Equivalente de arena del agregado fino.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.		
"Equivalente de Arena"		
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés	
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	
MUESTRA: 50	gr.	FECHA: 16/dic/2016
NORMA:	ASTM D 5821-95	
Descripción	U	VALOR
Peso inicial de la muestra	gr	50
Lectura de la arcilla (A)	pulg	3,85
Lectura de la arena (B)	pulg	3,2
EQUIVALENTE DE ARENA	$C = \frac{B}{A} * 100$	%
		83,12

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 41: Granulometría del agregado grueso.





Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 42: Densidad real y capacidad de absorción del agregado grueso.

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.				
<i>"Densidad Real del Agregado Grueso"</i>				
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés			
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	13/12/2016	
NORMA:	INEN 857			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>VALOR</i>	
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1236,00	
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1071,00	
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5381,00	
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3625,00	
DA	Densidad real del agua	gr/cm ³	1,00	
M5 = M3 - M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4145,00	
M6 = M4 - M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2554,00	
VR= (M5 - M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm ³	1591,00	
DR = M2 - M1	DENSIDAD REAL DEL AGREGADO GRUESO	gr/cm ³	2,61	
<i>"Capacidad de Absorción del Agregado Grueso"</i>				
M7	Masa del recipiente	gr	24,70	24,50
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	133,40	147,80
M9 = M8-M7	Masa de la muestra SSS	gr	108,70	123,30
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	131,30	145,50
M11 = M10-M7	Masa de la muestra seca	gr	106,60	121,00
CA = ((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	gr	1,97	1,90
CA Prom = (CA1+CA2)/2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO	gr/cc	1,935	



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 43: Abrasión del agregado grueso.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
<i>"Abrasión del agregado grueso"</i>			
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas		
FECHA:	16/dic/2016		
MUESTRA:	5000	gr	
NORMA:	INEN 860		
<i>Descripción</i>	<i>A</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>
Peso de la Muestra	A	gr	5000
Cantidad Retenido en el Tamiz N° 12 (Después de 500 Revoluciones)	B	gr	3432
Cantidad que Pasa el Tamiz N° 12	C	gr	1568
Porcentaje de Desgaste	(D= C/A * 100)	%	31,36



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 44: Recubrimiento y peladura.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.		
"Recubrimiento y Peladura"		
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés	
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	
FECHA:	13/dic/2016	
NORMA:	ASTM-3625	
Mezcla Asfáltica con el 5%, 5,5%, 6%, 6,5% y 7%		
<i>Descripción</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>
Recubrimiento	%	95
Peladura	%	5

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



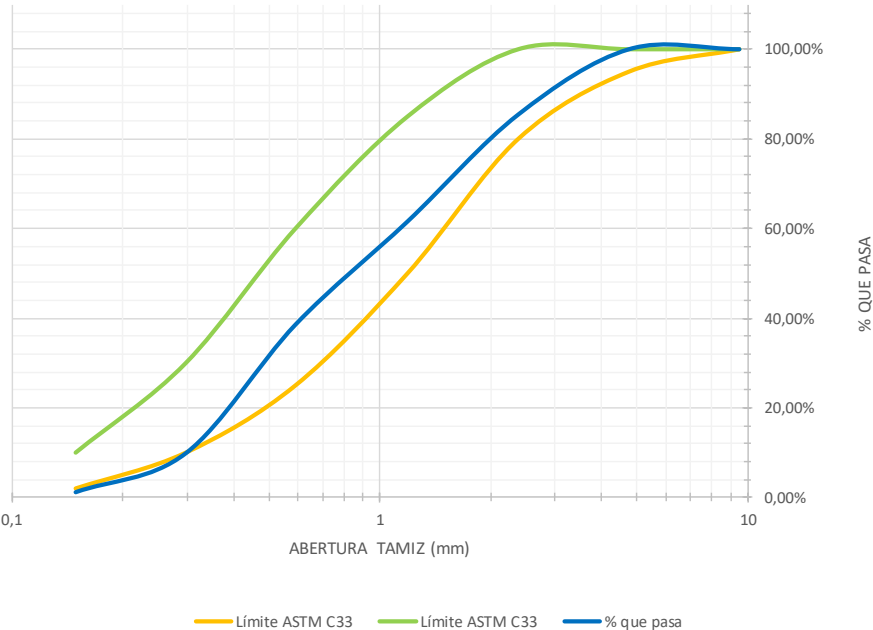
Tabla N° 45: Porcentaje de caras fracturadas.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.		
"Porcentaje de Caras fracturadas"		
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés	
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	
MUESTRA:	2500 gr	FECHA: 16/dic/2016
NORMA:	ASTM D 5821-95	
<i>Descripción</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>
Peso inicial de la muestra	gr	2500
Peso de las partículas fracturadas (F)	gr	1710
Peso de las partículas cuestionables (Q)	gr	780
Peso de las partículas no fracturadas (N)	gr	10
% CARAS FRACTURADAS	$P = \frac{F+Q/2}{F+Q+N} * 100$	84

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.


2.2. Resultados de los ensayos realizados en los agregados de origen volcánico (escoria y arena).

Tabla N° 46: Granulometría de la arena volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.						
"ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ARENA VOLCÁNICA"						
ORIGEN:	Baños					
PESO MUESTRA (gr):	890	gr	PÉRDIDA DE MUESTRA (%):	0,03		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas		FECHA:	15/12/2016		
NORMA:	NTE INEN 696					
Tamiz	Abertura (mm)	Retenido parcial (gr)	Retenido acumulado (gr)	% Retenido acumulado	% que pasa	Límites ASTM % que pasa
3/8"	9,5	0	0	0,00%	100,00%	100
#4	4,76	0	0	0,00%	100,00%	95-100
#8	2,38	129,7	129,7	14,57%	85,43%	80-100
#16	1,19	212,3	342	38,43%	61,57%	50-85
#30	0,59	204,8	546,8	61,44%	38,56%	25-60
#50	0,297	255,4	802,2	90,13%	9,87%	10-30
#100	0,149	77,4	879,6	98,83%	1,17%	2-10
#200	0,075	7,2	886,8	99,64%	0,36%	-
FUENTE		2,9	889,7	99,97%	-	-
ERROR ADMISIBLE:	0,03		< 1%		OK	
MÓDULO DE FINURA:	3,03%					
CURVA GRANULOMÉTRICA						
						
— Límite ASTM C33 — Límite ASTM C33 — % que pasa						



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 47: Densidad real y capacidad de absorción de la arena volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 				
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.				
"Densidad Real Arena Volcánica"				
ORIGEN:	Baños			
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas			
NORMA:	INEN 856			
	FECHA: 13/12/2016			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>VALOR</i>	
M1	Masa del picnómetro	gr	142,40	
M2	Masa del picnómetro + agregado sss	gr	335,90	
M3	Masa del picnómetro + agregado sss + agua	gr	763,90	
M4 = M3 - M2	Masa del agua añadida	gr	428,00	
M5	Masa del picnómetro + 500 cc de agua	gr	660,90	
M6 = M5 - M1	Masa de 500cc de agua	gr	518,50	
DA = M6/500 cm ³	Densidad del Agua	gr/cc	1,04	
M7= M6 - M4	Masa del agua desalojada por el agregado	gr	90,50	
Msss = M2 - M1	Masa del agregado	gr	193,50	
Vsss = M7/DA	Volumen de agua desalojada (Volumen de agregado añadido)	cc	87,27	
DRA = Msss / Vsss	DENSIDAD REAL DE LA ARENA	gr/cc	2,217	
"Capacidad de Absorción Arena Volcánica"				
M7	Masa del recipiente	gr	27,10	23,40
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	157,10	159,30
M9 = M8 - M7	Masa de la muestra SSS	gr	130,00	135,90
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	154,10	156,20
M11 = M10 - M7	Masa de la muestra seca	gr	127,00	132,80
CA = ((M9-M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	gr	2,36	2,33
CA Prom = (CA1+CA2)/2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO	gr/cc	2,348	

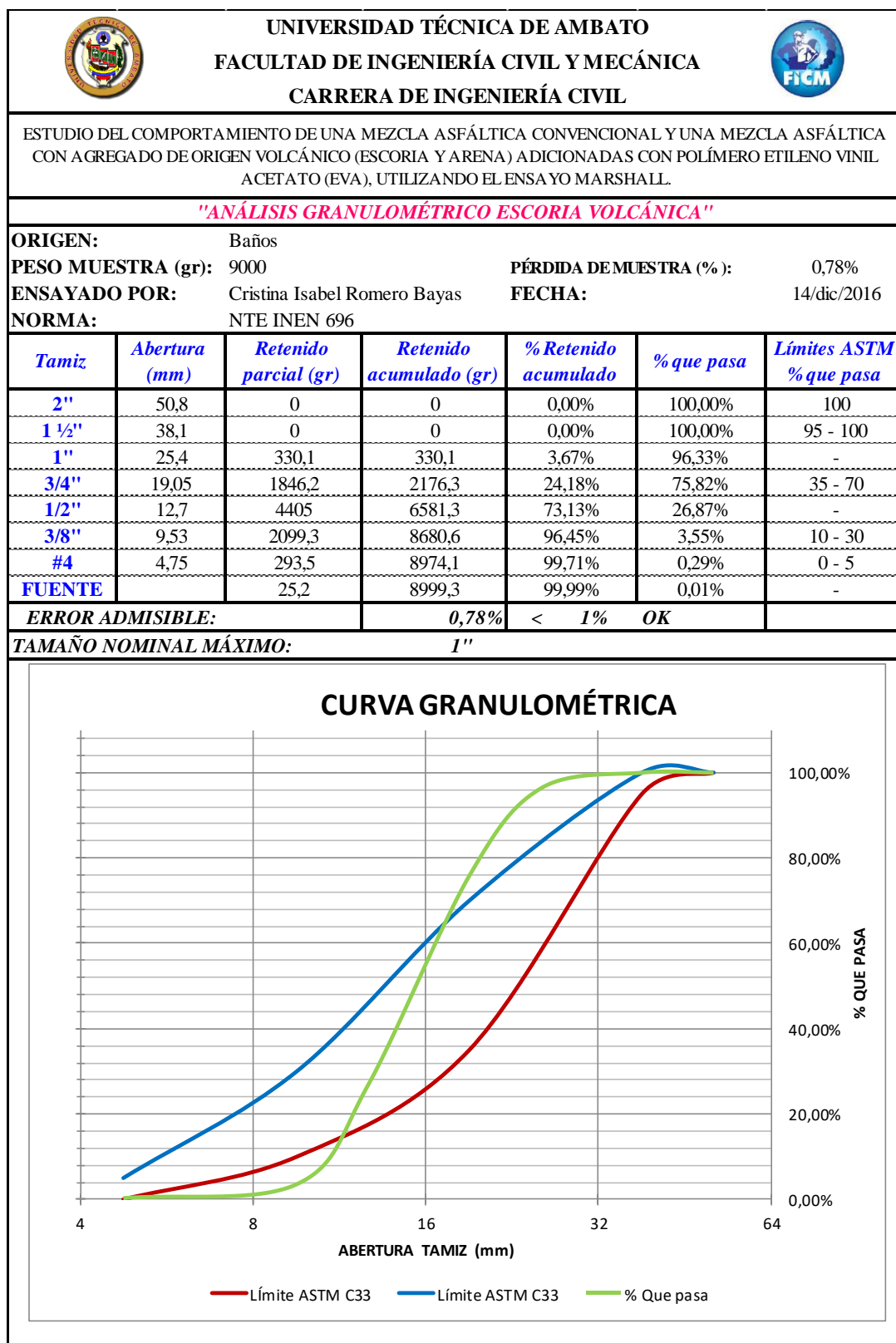
Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 48: Equivalente de arena de la arena volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.			
"Equivalente de Arena volcánica"			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas		
MUESTRA:	50 gr		
NORMA:	ASTM D 5821-95		
	FECHA: 16/dic/2016		
<i>Descripción</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>	
Peso inicial de la muestra	gr	50	
Lectura de la arcilla (A)	pulg	3,8	
Lectura de la arena (B)	pulg	3,1	
EQUIVALENTE DE ARENA	$C = \frac{B}{A} * 100$	%	81,58



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 49: Granulometría de la escoria volcánica.




Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 50: Densidad real y capacidad de absorción de la escoria volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
<i>"Densidad Real de la Escoria Volcánica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	13/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	INEN 857
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>VALOR</i>
M1	Masa de la canastilla en el aire	gr	1234,00
M2	Masa de la canastilla en el agua	gr	1074,00
M3	Masa de la canastilla + muestra SSS en el aire	gr	5249,00
M4	Masa de la canastilla + muestra SSS en el agua	gr	3223,00
DA	Densidad real del agua	gr/cm3	1,00
M5 = M3 - M1	Masa de la muestra SSS en el aire	gr	4015,00
M6 = M4 - M2	Masa de la muestra SSS en el agua	gr	2149,00
VR = (M5 - M6)/DA	Volumen real de la muestra	cm3	1866,00
DR = M2 - M1	DENSIDAD REAL DE LA ESCORIA	gr/cm3	2,15
<i>"Capacidad de Absorción de la Escoria Volcánica"</i>			
M7	Masa del recipiente	gr	23,80
M8	Masa del recipiente + muestra SSS	gr	136,80
M9 = M8 - M7	Masa de la muestra SSS	gr	113,00
M10	Masa del recipiente + muestra seca	gr	134,10
M11 = M10 - M7	Masa de la muestra seca	gr	110,30
CA = ((M9 - M11)/M11)*100	Capacidad de absorción	gr	2,45
CA Prom = (CA1 + CA2)/2	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN PROMEDIO	gr/cc	2,468



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 51: Abrasión de la escoria volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
<i>"Abrasión de la escoria volcánica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	16/dic/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	MUESTRA:	5000 gr
NORMA:	INEN 860		
<i>Descripción</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>	
Peso de la Muestra	A	gr	5000
Cantidad Retenido en el Tamiz N° 12 (Después de 500 Revoluciones)	B	gr	3027
Cantidad que Pasa el Tamiz N° 12	C	gr	1973
Porcentaje de Desgaste	(D = C/A * 100)	%	39,46



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 52: Recubrimiento y peladura de la escoria volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.		
<i>"Recubrimiento y Peladura"</i>		
ORIGEN:	Baños	
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	
NORMA:	ASTM-3625	FECHA: 13/dic/2016
Mezcla Asfáltica con el 5%, 5,5%, 6%, 6,5% y 7%		
<i>Descripción</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>
Recubrimiento	%	93
Peladura	%	7

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 53: Porcentaje de caras fracturadas de la escoria volcánica.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.		
<i>"Porcentaje de Caras fracturadas"</i>		
ORIGEN:	Baños	
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	
MUESTRA:	2500 gr	FECHA: 16/dic/2016
NORMA:	ASTM D 5821-95	
<i>Descripción</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>
Peso inicial de la muestra	gr	2500
Peso de las partículas fracturadas (F)	gr	1650
Peso de las partículas cuestionables (Q)	gr	690
Peso de las partículas no fracturadas (N)	gr	160
% CARAS FRACTURADAS	$P = \frac{F+Q/2}{F+Q+N} * 100$	79,8

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

2.3. Resultados de los ensayos realizados en el asfalto.

Tabla N° 54: Gravedad específica del asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.		
<i>"Peso Especifico del Asfalto"</i>		
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés	
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	
NORMA:	ASTM D-70	FECHA: 17/nov/2016
<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>NOMENC.</i>	<i>VALOR</i>
Masa del frasco (picnómetro) + agua	m1	68,40
Masa del frasco (picnómetro)	m2	38,45
(m1-m2)	m3	29,95
Peso del picnómetro + Cemento Asfáltico	m4	49,10
Masa del frasco (picnómetro)	m5	27,02
(m4-m5)	m6	22,08
Peso del picnómetro + Asfalto + Agua para llenar el picnómetro	m7	76,16
Peso del picnómetro + Cemento Asfáltico	m8	68,35
(m7-m8)	m9	7,81
(m3-m9)	m10	22,14
Gravedad epecífica	m6/m10	0,997

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.


2.4. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica con agregado convencional.

Tabla N° 55: Ensayo Rice para el 5% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
5% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,70
m2	Peso Frasco	gr	2903,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3573,40
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	669,70
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7795,90
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,379


Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 56: Ensayo Rice para el 5,5% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
5,5% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7406,50
m2	Peso Frasco	gr	2903,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3904,90
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1001,20
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7982,90
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,357


Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 57: Ensayo Rice para el 6% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
6% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,90
m2	Peso Frasco	gr	2903,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3869,20
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	965,50
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7961,20
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,342

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 58: Ensayo Rice para el 6,5% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
6,5% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7408,40
m2	Peso Frasco	gr	2903,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3994,70
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1091,00
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	8032,40
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,336

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 59: Ensayo Rice para el 7% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
7% DE ASFALTO			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7406,90
m2	Peso Frasco	gr	2903,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3870,00
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	966,30
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7958,40
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,330

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.


2.5. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica con agregado de origen volcánico (escoria y arena).

Tabla N° 60: Ensayo Rice para el 5% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	16/1/2017
NORMA:	ASTM D-2041		
5% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	U	VALOR
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,30
m2	Peso Frasco	gr	2967,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3863,80
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	896,10
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7879,40
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,113

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 61: Ensayo Rice para el 5,5% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	16/1/2017
NORMA:	ASTM D-2041		
5,5% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	U	VALOR
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7406,50
m2	Peso Frasco	gr	2880,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3901,20
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1020,50
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7941,20
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,101

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 62: Ensayo Rice para el 6% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	16/1/2017
NORMA:	ASTM D-2041		
6% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	U	VALOR
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7406,90
m2	Peso Frasco	gr	2896,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3950,40
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1053,70
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7953,30
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,077



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 63: Ensayo Rice para el 6,5% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	16/1/2017
NORMA:	ASTM D-2041		
6,5% DE ASFALTO			
DATOS	DESCRIPCIÓN	U	VALOR
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,60
m2	Peso Frasco	gr	2945,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3854,70
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	909,00
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7869,30
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,032

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



Tabla N° 64: Ensayo Rice para el 7% de Asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas		
NORMA:	ASTM D-2041		
7% DE ASFALTO			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>U</i>	<i>VALOR</i>
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7408,50
m2	Peso Frasco	gr	2971,70
m3	Peso muestra + frasco	gr	3845,00
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	873,30
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7850,40
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,024

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



2.6. Granulometría con los diferentes porcentajes de asfalto

Tabla N° 65: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 5% de asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 5% DE ASFALTO"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto Utilizado en la Mezcla</i>					5,0%
<i>Tamiz</i>	<i>Abertura (mm)</i>	<i>% pasa</i>	<i>% pasa (utilizado)</i>	<i>% retenido</i>	<i>Peso del Material (gr.)</i>
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	34,2
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	501,6
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	421,8
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	136,8
#200	0,075	2 - 10		4%	45,6
Asfalto					60,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 66: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 5,5% de asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 5,5% DE ASFALTO"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto Utilizado en la Mezcla</i>					5,5%
<i>Tamiz</i>	<i>Abertura (mm)</i>	<i>% pasa</i>	<i>% pasa (utilizado)</i>	<i>% retenido</i>	<i>Peso del Material (gr.)</i>
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	34,0
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	499,0
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	419,6
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	136,1
#200	0,075	2 - 10		4%	45,4
Asfalto					66,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 67: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 6% de asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 6% DE ASFALTO"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto Utilizado en la Mezcla</i>					6,0%
<i>Tamiz</i>	<i>Abertura (mm)</i>	<i>% pasa</i>	<i>% pasa (utilizado)</i>	<i>% retenido</i>	<i>Peso del Material (gr.)</i>
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,8
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	496,3
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	417,4
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	135,4
#200	0,075	2 - 10		4%	45,1
Asfalto					72,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 68: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 6,5% de asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 6,5% DE ASFALTO"					
ORIGEN:		Ambato - Cantera Villacrés			
ENSAYADO POR:		Cristina Isabel Romero Bayas			
FECHA:		06/feb/2017			
MUESTRA:		1200 gr			
NORMA:		ASTM - 422			
<i>% de Asfalto Utilizado en la Mezcla</i>					6,5%
<i>Tamiz</i>	<i>Abertura (mm)</i>	<i>% pasa</i>	<i>% pasa (utilizado)</i>	<i>% retenido</i>	<i>Peso del Material (gr.)</i>
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,7
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	493,7
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	415,1
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	134,6
#200	0,075	2 - 10		4%	44,9
Asfalto					78,0
Total					1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



Tabla N° 69: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica convencional y el 7% de asfalto.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 7% DE ASFALTO"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto Utilizado en la Mezcla</i>					7,0%
<i>Tamiz</i>	<i>Abertura (mm)</i>	<i>% pasa</i>	<i>% pasa (utilizado)</i>	<i>% retenido</i>	<i>Peso del Material (gr.)</i>
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,5
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	491,0
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	412,9
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	133,9
#200	0,075	2 - 10		4%	44,6
Asfalto					84,0
Total					1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



2.7. Granulometría con los diferentes porcentajes de asfalto y EVA para la mezcla con agregado convencional.

Tabla N° 70: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 0% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON A GREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 2% DE EVA"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,6%
<i>% de Polímero EVA</i>					0,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,7
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	494,2
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	415,6
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	134,8
#200	0,075	2 - 10		4%	44,9
Asfalto					76,8
EVA					0,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 71: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 2% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 2% DE EVA"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,4%
<i>% de Polímero EVA</i>					2,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,0
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	483,6
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	406,7
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	131,9
#200	0,075	2 - 10		4%	44,0
Asfalto					76,8
EVA					24,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 72: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 3% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 3% DE EVA"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,4%
<i>% de Polímero EVA</i>					3,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	32,6
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	478,4
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	402,3
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	130,5
#200	0,075	2 - 10		4%	43,5
Asfalto					76,8
EVA					36,0
Total					1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



Tabla N° 73: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,4% de Asfalto y el 4% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
<i>"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 4% DE EVA"</i>					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,4%
<i>% de Polímero EVA</i>					4,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	32,3
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	473,1
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	397,8
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	129,0
#200	0,075	2 - 10		4%	43,0
Asfalto					76,8
EVA					48,0
Total					1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



2.8. Granulometría con los diferentes porcentajes de asfalto y EVA para la mezcla con agregado volcánico.

Tabla N° 74: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada y el 6,6% de Asfalto y 0% de EVA. (Agregado volcánico).

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 2% DE EVA"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,6%
<i>% de Polímero EVA</i>					0,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,7
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	494,2
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	415,6
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	134,8
#200	0,075	2 - 10		4%	44,9
Asfalto					76,8
EVA					0,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 75: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,6% de Asfalto y el 2% de EVA. (Agregado volcánico).

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
<i>"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 2% DE EVA"</i>					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,6%
<i>% de Polímero EVA</i>					2,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	33,0
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	483,6
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	406,7
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	131,9
#200	0,075	2 - 10		4%	44,0
Asfalto					76,8
EVA					24,0
Total					1200,0



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 76: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,6% de Asfalto y el 3% de EVA. (Agregado volcánico).

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 3% DE EVA"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,6%
<i>% de Polímero EVA</i>					3,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	32,5
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	477,3
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	401,4
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	130,2
#200	0,075	2 - 10		4%	43,4
Asfalto					79,2
EVA					36,0
Total					1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.



Tabla N° 77: Dosificación de los agregados para la Mezcla asfáltica modificada con el 6,6% de Asfalto y el 4% de EVA. (Agregado volcánico).

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 					
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.					
"GRANULOMETRÍA DE DISEÑO PARA EL 4% DE EVA"					
ORIGEN:	Ambato - Cantera Villacrés				
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas				
FECHA:	06/feb/2017				
MUESTRA:	1200 gr				
NORMA:	ASTM - 422				
<i>% de Asfalto</i>					6,6%
<i>% de Polímero EVA</i>					4,0%
Tamiz	Abertura (mm)	% pasa	% pasa (utilizado)	% retenido	Peso del Material (gr.)
3/4"	19,00	100	100%	0	0
1/2"	12,70	90 - 100	97%	3%	32,2
#4	4,75	44 - 74	53%	44%	472,0
#8	2,38	28 - 58	16%	37%	396,9
#50	0,30	5 - 21	4%	12%	128,7
#200	0,075	2 - 10		4%	42,9
Asfalto					79,2
EVA					48,0
Total					1200,0

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

2.9. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica modificada (Agregado convencional).

Tabla N° 78: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 0% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	19/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	ASTM D-2041
6,4% DE ASFALTO 0% DE EVA			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,80
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3996,40
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1092,60
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	8032,10
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,333



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 79: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 2% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	19/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	ASTM D-2041
6,4% DE ASFALTO 2% DE EVA			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,80
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3929,80
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1026,00
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7993,50
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,330

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 80: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 3% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
6,4% DE ASFALTO 3% DE EVA			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,80
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3920,80
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1017,00
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7987,60
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,326

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.


Tabla N° 81: Ensayo Rice para el 6,4% de Asfalto y 4% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños		
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	FECHA:	19/12/2016
NORMA:	ASTM D-2041		
6,4% DE ASFALTO 4% DE EVA			
<i>DATOS</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,80
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3871,20
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	967,40
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7958,80
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,323

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.


2.10. Resultados del ensayo Rice en la mezcla asfáltica modificada (Agregado volcánico).

Tabla N° 82: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 0% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	19/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	ASTM D-2041
6,6% DE ASFALTO 0% DE EVA			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,70
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3977,90
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1074,10
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7952,30
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,029



Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 83: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 2% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETATO (EVA), UTILIZANDO EL ENSAYO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	19/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	ASTM D-2041
6,6% DE ASFALTO 2% DE EVA			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,70
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3976,90
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1073,10
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7951,60
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,0280


Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 84: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 3% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETA TO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	19/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	ASTM D-2041
6,6% DE ASFALTO 3% DE EVA			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,70
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3981,43
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1077,63
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7953,84
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,0276

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

Tabla N° 85: Ensayo Rice para el 6,6% de Asfalto y 4% de EVA.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y UNA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADO DE ORIGEN VOLCÁNICO (ESCORIA Y ARENA) ADICIONADAS CON POLÍMERO ETILENO VINIL ACETA TO (EVA), UTILIZANDO EL ENSA YO MARSHALL.			
ENSAYO RICE <i>"Gravedad específica máxima teórica"</i>			
ORIGEN:	Baños	FECHA:	19/12/2016
ENSAYADO POR:	Cristina Isabel Romero Bayas	NORMA:	ASTM D-2041
6,6% DE ASFALTO 4% DE EVA			
DATOS	DESCRIPCIÓN	Unidad	Valor
m1	Peso frasco + agua a 25°C	gr	7407,70
m2	Peso Frasco	gr	2903,80
m3	Peso muestra + frasco	gr	3991,90
m4	Peso muestra (m3-m2)	gr	1088,10
m5	Peso muestra + frasco + agua a 25 °C	gr	7959,08
Gmm	Gravedad específica teórica máxima (m4/m4-(m5-m1))	gr	2,0273

Fuente: Cristina Isabel Romero Bayas.

2.11. Factor de corrección para la Estabilidad Marshall.

Tabla N° 86: Factor de Corrección de la Estabilidad Marshall de acuerdo al espesor de la briqueta.

ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR
31,5	3,902	36,5	3,030	41,5	2,246
31,6	3,884	36,6	3,014	41,6	2,234
31,7	3,867	36,7	2,999	41,7	2,223
31,8	3,850	36,8	2,983	41,8	2,211
31,9	3,833	36,9	2,968	41,9	2,199
32,0	3,815	37,0	2,952	42,0	2,187
32,1	3,798	37,1	2,936	42,1	2,175
32,2	3,780	37,2	2,921	42,2	2,163
32,3	3,763	37,3	2,905	42,3	2,151
32,4	3,745	37,4	2,889	42,4	2,139
32,5	3,728	37,5	2,874	42,5	2,128
32,6	3,710	37,6	2,858	42,6	2,116
32,7	3,693	37,7	2,843	42,7	2,104
32,8	3,675	37,8	2,827	42,8	2,092
32,9	3,658	37,9	2,811	42,9	2,080
33,0	3,640	38,0	2,796	43,0	2,070
33,1	3,623	38,1	2,780	43,1	2,060
33,2	3,605	38,2	2,763	43,2	2,050
33,3	3,588	38,3	2,745	43,3	2,040
33,4	3,570	38,4	2,728	43,4	2,030
33,5	3,554	38,5	2,710	43,5	2,020
33,6	3,538	38,6	2,693	43,6	2,010
33,7	3,522	38,7	2,675	43,7	2,000
33,8	3,506	38,8	2,658	43,8	1,990
33,9	3,490	38,9	2,640	43,9	1,980
34,0	3,474	39,0	2,623	44,0	1,970
34,1	3,458	39,1	2,605	44,1	1,960
34,2	3,442	39,2	2,588	44,2	1,950
34,3	3,426	39,3	2,570	44,3	1,940
34,4	3,410	39,4	2,553	44,4	1,930
34,5	3,394	39,5	2,535	44,5	1,920
34,6	3,378	39,6	2,517	44,6	1,912
34,7	3,362	39,7	2,500	44,7	1,904
34,8	3,346	39,8	2,486	44,8	1,896
34,9	3,330	39,9	2,471	44,9	1,888
35,0	3,311	40,0	2,457	45,0	1,879
35,1	3,293	40,1	2,443	45,1	1,871
35,2	3,274	40,2	2,428	45,2	1,863
35,3	3,255	40,3	2,414	45,3	1,855
35,4	3,236	40,4	2,399	45,4	1,847
35,5	3,218	40,5	2,385	45,5	1,839
35,6	3,199	40,6	2,371	45,6	1,831
35,7	3,180	40,7	2,356	45,7	1,823
35,8	3,161	40,8	2,342	45,8	1,814
35,9	3,143	40,9	2,328	45,9	1,806
36,0	3,124	41,0	2,313	46,0	1,798
36,1	3,105	41,1	2,299	46,1	1,790
36,2	3,086	41,2	2,284	46,2	1,782
36,3	3,068	41,3	2,270	46,3	1,774
36,4	3,049	41,4	2,258	46,4	1,766

ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR
46,5	1,758	51,5	1,435	56,5	1,216
46,6	1,750	51,6	1,430	56,6	1,213
46,7	1,742	51,7	1,425	56,7	1,209
46,8	1,734	51,8	1,420	56,8	1,205
46,9	1,726	51,9	1,415	56,9	1,201
47,0	1,718	52,0	1,410	57,0	1,198
47,1	1,710	52,1	1,405	57,1	1,194
47,2	1,702	52,2	1,400	57,2	1,190
47,3	1,694	52,3	1,395	57,3	1,187
47,4	1,686	52,4	1,390	57,4	1,184
47,5	1,678	52,5	1,386	57,5	1,181
47,6	1,670	52,6	1,381	57,6	1,178
47,7	1,663	52,7	1,377	57,7	1,174
47,8	1,656	52,8	1,373	57,8	1,171
47,9	1,649	52,9	1,368	57,9	1,168
48,0	1,643	53,0	1,364	58,0	1,165
48,1	1,636	53,1	1,359	58,1	1,162
48,2	1,629	53,2	1,355	58,2	1,159
48,3	1,622	53,3	1,351	58,3	1,156
48,4	1,615	53,4	1,346	58,4	1,153
48,5	1,608	53,5	1,342	58,5	1,149
48,6	1,601	53,6	1,338	58,6	1,146
48,7	1,594	53,7	1,333	58,7	1,143
48,8	1,588	53,8	1,329	58,8	1,140
48,9	1,581	53,9	1,324	58,9	1,137
49,0	1,574	54,0	1,320	59,0	1,134
49,1	1,567	54,1	1,316	59,1	1,131
49,2	1,560	54,2	1,311	59,2	1,128
49,3	1,554	54,3	1,307	59,3	1,124
49,4	1,549	54,4	1,303	59,4	1,121
49,5	1,543	54,5	1,298	59,5	1,118
49,6	1,538	54,6	1,294	59,6	1,115
49,7	1,532	54,7	1,289	59,7	1,112
49,8	1,526	54,8	1,285	59,8	1,109
49,9	1,521	54,9	1,281	59,9	1,106
50,0	1,515	55,0	1,276	60,0	1,103
50,1	1,509	55,1	1,272	60,1	1,099
50,2	1,504	55,2	1,268	60,2	1,096
50,3	1,498	55,3	1,263	60,3	1,093
50,4	1,493	55,4	1,259	60,4	1,090
50,5	1,487	55,5	1,254	60,5	1,087
50,6	1,481	55,6	1,250	60,6	1,084
50,7	1,476	55,7	1,246	60,7	1,081
50,8	1,470	55,8	1,243	60,8	1,078
50,9	1,465	55,9	1,239	60,9	1,074
51,0	1,460	56,0	1,235	61,0	1,071
51,1	1,455	56,1	1,231	61,1	1,068
51,2	1,450	56,2	1,228	61,2	1,065
51,3	1,445	56,3	1,224	61,3	1,062
51,4	1,440	56,4	1,220	61,4	1,059

ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR	ESPESOR (mm)	FACTOR
61,5	1,056	66,4	0,936	71,3	0,834
61,6	1,053	66,5	0,934	71,4	0,832
61,7	1,049	66,6	0,932	71,5	0,830
61,8	1,046	66,7	0,930	71,6	0,829
61,9	1,043	66,8	0,928	71,7	0,828
62,0	1,040	66,9	0,925	71,8	0,826
62,1	1,037	67,0	0,923	71,9	0,825
62,2	1,035	67,1	0,920	72,0	0,824
62,3	1,032	67,2	0,918	72,1	0,823
62,4	1,029	67,3	0,915	72,2	0,821
62,5	1,027	67,4	0,913	72,3	0,820
62,6	1,024	67,5	0,910	72,4	0,819
62,7	1,021	67,6	0,908	72,5	0,818
62,8	1,019	67,7	0,905	72,6	0,816
62,9	1,016	67,8	0,903	72,7	0,815
63,0	1,013	67,9	0,900	72,8	0,814
63,1	1,011	68,0	0,898	72,9	0,813
63,2	1,008	68,1	0,895	73,0	0,811
63,3	1,005	68,2	0,893	73,1	0,810
63,4	1,003	68,3	0,890	73,2	0,808
63,5	1,000	68,4	0,888	73,3	0,806
63,6	0,998	68,5	0,886	73,4	0,804
63,7	0,995	68,6	0,884	73,5	0,802
63,8	0,993	68,7	0,883	73,6	0,800
63,9	0,990	68,8	0,881	73,7	0,798
64,0	0,988	68,9	0,879	73,8	0,796
64,1	0,985	69,0	0,877	73,9	0,794
64,2	0,983	69,1	0,875	74,0	0,792
64,3	0,980	69,2	0,873	74,1	0,790
64,4	0,978	69,3	0,871	74,2	0,788
64,5	0,975	69,4	0,869	74,3	0,786
64,6	0,973	69,5	0,868	74,4	0,784
64,7	0,970	69,6	0,866	74,5	0,782
64,8	0,968	69,7	0,864	74,6	0,780
64,9	0,965	69,8	0,862	74,7	0,779
65,0	0,963	69,9	0,860	74,8	0,778
65,1	0,960	70,0	0,858	74,9	0,776
65,2	0,958	70,1	0,856	75,0	0,775
65,3	0,956	70,2	0,854	75,1	0,774
65,4	0,954	70,3	0,853	75,2	0,773
65,5	0,953	70,4	0,851	75,3	0,771
65,6	0,951	70,5	0,849	75,4	0,770
65,7	0,949	70,6	0,847	75,5	0,769
65,8	0,947	70,7	0,845	75,6	0,768
65,9	0,945	70,8	0,843	75,7	0,766
66,0	0,943	70,9	0,841	75,8	0,765
66,1	0,941	71,0	0,839	75,9	0,764
66,2	0,939	71,1	0,838	76,0	0,763
66,3	0,938	71,2	0,836	76,1	0,761

Fuente: INV-E-748-07 Resistencia de Mezclas Asfálticas en Caliente empleando el Aparato Marshall.

2.12. Anexos fotográficos

	
<p>Granulometría del agregado fino.</p>	<p>Tamizado del arena.</p>
	
<p>Granulometría del agregado grueso.</p>	<p>Agregados calentados a 180°C.</p>
	
<p>Colocación del cemento asfáltico.</p>	<p>Peso de la mezcla asfáltica</p>



Mezcla asfáltica convencional.



Incorporación del Polímero EVA.



Mezcla Modificada con EVA.



Incorporación de la mezcla modificada.



Colocación de la mezcla en el molde.



Compactación de la briqueta.



Briquetas convencionales.



Peso de la muestra seca.



Briquetas con diferentes porcentajes de EVA.



Polímero EVA.









Peso de la muestra sumergida en agua.



Diferentes espesores de las muestras.

	
<p>Briquetas Convencionales a baño María durante 30 minutos a 60°C.</p>	<p>Briquetas modificadas a baño María durante 30 minutos a 60°C.</p>
	
<p>Briqueta de mezcla convencional ensayada con el equipo Marshall.</p>	<p>Briqueta de mezcla modificada ensayada con el equipo Marshall.</p>
	
<p>Ensayo de Peso Específico del Asfalto.</p>	<p>Muestra para el Ensayo Rice.</p>

	
<p>Muestra sin exceso de aire para hacer el Ensayo Rice.</p>	<p>Realización del ensayo Rice.</p>
	
<p>Preparación de la muestra para el Ensayo de Recubrimiento y Peladura.</p>	<p>Ensayo de densidad aparente del agregado grueso.</p>
	
<p>Ensayo de densidad real.</p>	<p>Ensayo capacidad de absorción.</p>