

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO
DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS UTILIZANDO
PAVIMENTO RECICLADO Y ACEITE QUEMADO DE MOTOR”**

Por:

CESAR PAUL HUANCA CRUZ

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en INGENIERÍA CIVIL.

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO
DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“EVALUACION DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
UTILIZANDO PAVIMENTO RECICLADO Y ACEITE
QUEMADO DE MOTOR”**

Por:

CESAR PAUL HUANCA CRUZ

SEMESTRE I - 2019

TARIJA - BOLIVIA

.....
M.Sc. Ing. Ernesto Roberto Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

.....
M.Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Segovia Cortez

.....
Ing. Trinidad Cinthia Baldiviezo Montalvo

.....
Ing. Moisés Eduardo Díaz Ayarde

ADVERTENCIA

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esto responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por brindarme el regalo de la vida y permitirme alcanzar mis metas, siendo mi fortaleza y guía en todo momento. A mis padres; Fermín Huanca Ramos y Orlanda Cruz Camacho por su sacrificio, amor, apoyo y ser ejemplo de perseverancia en mi vida. A mis hermanos por su amor y su confianza brindada en toda esta etapa de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, salud, sabiduría y la dicha de poder cumplir este objetivo muy anhelado.

A mis padres por el apoyo incondicional, por su educación, enseñanzas, paciencia, por su confianza, por creer en mí y brindarme todo ese amor eterno que estará siempre guardado en mi corazón, todo lo que soy es gracias a ustedes. A mis hermanos por su apoyo moral y esa fuerza para seguir adelante.

A todos mis docentes, por haberme brindado y compartido el conocimiento necesario para terminar mis estudios.

A todos mis amigos que estuvieron junto a mí, dándome el aliento para desarrollarme como profesional, brindándome su amistad fiel y sincera.

PENSAMIENTO

“Nunca sabes lo fuerte que eres hasta que ser fuerte es tu única opción”

Anónimo

ÍNDICE

ADVERTENCIA
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
PENSAMIENTO
RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Pág.
1.1. DISEÑO TEÓRICO	2
1.1.1. Planteamiento del problema.....	2
1.1.1.1. Situación problemática.....	2
1.1.1.2. Problema de investigación	3
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. HIPÓTESIS	3
1.4. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES	4
1.4.1. Variable independiente	4
1.4.2. Variable dependiente	4
1.4.3. Conceptualización y operacionalización de variables	4
1.5. DISEÑO METODOLÓGICO.....	5
1.5.1. Tipo de diseño de investigación.....	5
1.5.2. Diseño de investigación de ingeniería	6
1.5.3. Unidades de estudio y decisión muestral por variable.....	7

1.5.3.1. Población.....	7
1.5.3.2. Muestra	7
1.5.3.3. Tamaño de muestra	8
1.5.3.4. Selección de las técnicas de muestreo	9
1.5.3.5. Técnicas	11
1.5.3.6. Medios.....	11
1.6. Justificación	12

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RECICLABLES EN CALIENTE

	Pág.
2.1. DEFINICIÓN DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	14
2.2. COMPONENTES DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA	15
2.2.1. Agregados o materiales para la mezcla asfáltica	15
2.3. CONCEPTOS DEL RECICLAJE DE PAVIMENTOS	16
2.3.1. Las ventajas de la utilización de pavimento reciclado.....	17
2.4. CLASIFICACIÓN DE RECICLAJE EN CALIENTE.....	17
2.4.1. Reciclado en caliente in situ	17
2.4.2. Reciclado en caliente en planta.....	19
2.4.2.1. Principios generales para su aplicación	20
2.5. RECICLADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EN PLANTA Y EN CALIENTE.....	20
2.5.1. Descripción	20
2.5.2. Agregados recuperados del pavimento reciclado	21
2.5.2.1. Material bituminoso de la mezcla por reciclar.....	21

2.6.	AGENTE REJUVENECEDOR PARA MEZCLAS CON PAVIMENTO RECICLADO.....	22
2.6.1.	Uso del aceite quemado de motor en mezclas asfálticas con pavimento reciclado como agente rejuvenecedor.....	23
2.7.	MATERIALES DE APORTACIÓN PARA LA MEZCLA CON RAP	24
2.8.	MATERIAL PROVENIENTE DEL PAVIMENTO RECICLADO	25
2.8.1.	Acopio del material por reciclar	26
2.8.2.	Tratamiento del material por reciclar.....	27
2.9.	DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	27
2.9.1.	Demanda de asfalto para la combinación de agregados	28
2.9.2.	Porcentaje de asfalto nuevo en la mezcla	29
2.9.3.	Propiedades consideradas en el diseño de mezclas	29
2.9.3.1.	Estabilidad.....	30
2.9.3.2.	Durabilidad	30
2.9.3.3.	Impermeabilidad	32
2.9.3.4.	Trabajabilidad	33
2.9.3.5.	Flexibilidad	34
2.9.3.6.	Resistencia a la fatiga.....	34
2.9.3.7.	Resistencia al deslizamiento	35
2.10.	DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RECICLADAS EN CALIENTE.....	36
2.10.1.	Dosificación.....	37
2.10.2.	Recuperación del pavimento reciclado	38
2.11.	CRITERIOS DE DISEÑO NORMALIZADO	39
2.11.1.	Requisitos del agregado pétreo	40
2.11.1.1.	Requisitos de calidad del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría densa	40

2.11.1.2. Requisitos de granulometría del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría densa	41
2.11.2. Requisitos del ligante asfáltico	41
2.12. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE CEMENTO ASFALTICO DEL RAP	43
2.12.1. Extracción con centrifuga (ASTM D2172, método A).....	44
2.13. ACEITES LUBRICANTES	44

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN

	Pág.
3.1. MATERIALES	46
3.1.1. Agregados	46
3.1.1.1. El cemento asfáltico.....	48
3.1.1.2. Pavimento reciclado o también denominado RAP	48
3.1.1.3. Aceite quemado de motor	49
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES	50
3.2.1. Materiales nuevos de aportación.....	50
3.2.1.1. Granulometría ASTM D422 – AASHTO T88.....	50
3.2.1.2. Peso específico del agregado grueso ASTM C-127	54
3.2.1.3. Peso específico del agregado fino (arena) (ASTM C-128).....	55
3.2.1.4. Ensayo de abrasión por medio de la máquina de los ángeles (ASTM C-131).....	57
3.2.1.5. Equivalente de arena ASTM D 2419	58
3.2.2. Caracterización del cemento asfáltico nuevo.....	61
3.2.2.1. Ensayo de penetración (AASHTO T49-97); (ASTM D-5).....	61
3.2.2.2. Ensayo punto de inflamación (AASHTO T-48) (ASTM D-92)	63

3.2.2.3. Ensayo punto de ablandamiento (AASHTO T-53) (ASTM D-36).....	64
3.2.2.4. Ensayo peso específico del asfalto (AASHTO T-43) (ASTM D-70).....	66
3.2.2.5. Ductilidad (AASHTO T51-00) (ASTM D-113).....	67
3.3. MATERIAL A RECICLAR	69
3.3.1. Pavimento reciclado.....	69
3.3.1.1. Extractor centrífugo	69
3.3.1.2. Granulometría del pavimento reciclado.....	72
3.3.1.3. Peso específico del agregado grueso del pavimento reciclado	76
3.3.1.4. Peso específico del agregado fino (arena)	77
3.3.1.5. Peso específico del aceite quemado de motor.....	78
3.3.1.6. Ensayo punto de inflamación (AASHTO T-48) (ASTM D-92).....	80

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS

	Pág.
4.1. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS POR EL MÉTODO DEL MARSHALL	82
4.1.1. Método de diseño Marshall convencional AASHTO T 245.....	82
4.1.2. Preparación de los especímenes Marshall	84
4.1.3. Cálculo de las propiedades volumétricas.....	86
4.2. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL EN CALIENTE	89
4.2.1. Granulometría combinada.....	89
4.2.2. Proceso de cálculo de Propiedades Mecánicas de la Mezcla asfáltica	93
4.2.3. Mezcla asfáltica convencional	98
4.2.3.1. Gráficas de las resistencias técnicas del método Marshall	99
4.2.3.2. Resultados del diseño convencional de la mezcla con agregados nuevos	102

4.3.	DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL MÁS EL PAVIMENTO RECICLADO EN CALIENTE	103
4.3.1.	Granulometría de la mezcla utilizando material de aporte y el pavimento reciclado.....	103
4.3.2.	Mezcla asfáltica convencional combinado con pavimento reciclado RAP	105
4.3.2.1.	Gráficas de la resistencia Marshall de la mezcla de agregados nuevos con RAP.....	106
4.4.	DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA UTILIZANDO MATERIAL NUEVO, PAVIMENTO RECICLADO Y EL ACEITE QUEMADO DE MOTOR COMO AGENTE REJUVENECEDOR	110
4.4.1.	Mezcla con pavimento reciclado y 0 % de aceite quemado de motor	114
4.4.1.1.	Tratamiento estadístico básico de las mezclas con pavimento reciclado y 0 % aceite quemado de motor	115
4.4.2.	Mezcla con pavimento reciclado y 5 % de aceite quemado de motor	116
4.4.2.1.	Tratamiento estadístico básico de las mezclas con pavimento reciclado y 5 % de aceite quemado	117
4.4.3.	Mezcla con pavimento reciclado y 10 % de aceite quemado	118
4.4.3.1.	Tratamiento estadístico básico de las mezclas con pavimento reciclado y 10 % de aceite quemado	119
4.4.4.	Mezcla con pavimento reciclado y 15 % de aceite quemado	120
4.4.4.1.	Tratamiento estadístico básico de las mezclas con pavimento reciclado y 15 % de aceite quemado	121
4.4.5.	Resultados del diseño de la mezcla asfáltica utilizando material nuevo, pavimento reciclado y el aceite quemado de motor como agente rejuvenecedor	121
4.4.6.	Evaluación y resultados del diseño de la mezcla asfáltica nueva (agregados nuevos) con el pavimento reciclado.....	124
4.4.6.1.	Mezcla asfáltica convencional	124

4.4.6.2. Mezcla asfáltica con pavimento reciclado	124
4.4.7. Evaluación y resultados del diseño de la mezcla asfáltica nueva (agregados nuevos) con el pavimento reciclado y el aceite quemado de motor	125
4.4.7.1. Resultados de la mezcla con 5 %	125
4.4.7.2. Resultados de la mezcla con 10 %	126
4.4.7.3. Resultados de la mezcla con 15 %	127
4.4.8. Análisis de las propiedades de resistencia de cada mezcla realizada	128
4.4.9. Análisis de precios unitarios	131

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1.1. Conclusiones.....	132
5.1.2. Recomendaciones	134

Bibliografía

Anexos

Anexo 1: Caracterización de los agregados de aportación

Anexo 2: Caracterización del cemento asfáltica

Anexo 3: Caracterización de los materiales reciclables

Anexo 4: Diseño de mezcla en caliente método Marshall

Anexo 5: Precios unitarios y guía de aplicación

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 2.4:1. Maquinaria de tratamiento en caliente in situ	19
Imagen 2.12:1. Extractor centrifugo	44
Imagen 3.1:1. Banco de acopio de la alcaldía municipal.....	46
Imagen 3.1:2. Grava y gravilla de la Pintada	47
Imagen 3.1:3. Arena acopiada para las mezclas asfálticas.....	47
Imagen 3.1:4.Grava 3/4” y gravilla 3/8”	48
Imagen 3.1:5. Calle principal del barrio los Olivos	48
Imagen 3.1:6. Extracción de pavimento reciclado mediante una cortadora, para así sacarla en trozos grandes.	49
Imagen 3.1:7. Muestras de los trozos grandes del pavimento reciclado	49
Imagen 3.1:8 Aceite recolectado de la maquinaria	49
Imagen 3.2:1. Pesado del agregado más los pesos de cada tamiz.....	50
Imagen 3.2:2. Tamizado del agregado para luego pesar lo retenido en cada tamiz.....	50
Imagen 3.2:3. Pesado de muestra en balanza para el peso sumergido del agregado	54
Imagen 3.2:4. Pesado del peso sumergido del agregado.....	54
Imagen 3.2:5. Humedad óptima de la arena y peso del matraz para el ensayo.....	56
Imagen 3.2:6. Peso de la arena con humedad óptima, peso del matraz + agua + arena	56
Imagen 3.2:7. Peso de muestra seca.....	56
Imagen 3.2:8 Agregado grueso triturado por la máquina de los ángeles	58
Imagen 3.2:9. Material para el ensayo	59
Imagen 3.2:10. Dosificación de químico especial	59
Imagen 3.2:11. Agitación de la mezcla para evitar vacíos de aire	59
Imagen 3.2:12. Arena total mente asentada para medir su altura	60
Imagen 3.2:13. Caracterización del cemento asfáltico.....	61
Imagen 3.2:14. Taras a temperatura ambiente	62
Imagen 3.2:15. Muestra en baño maría.....	62
Imagen 3.2:16. Medición de la penetración	62

Imagen 3.2:17. Cocinilla especial para calentar el C.A. y medir temperatura de inflamación	63
Imagen 3.2:18. Materiales para el punto de ablandamiento.....	64
Imagen 3.2:19. Vaciado de asfalto en moldes.....	65
Imagen 3.2:20. Enfriamiento del cemento asfáltico para luego calentar.	65
Imagen 3.2:21. Vaciado de asfalto en picnómetros para ponerlos en baño maría a 25 °C	66
Imagen 3.2:22. Peso de muestra en balanza de precisión	66
Imagen 3.2:23. Moldes llenados con asfalto para la ductilidad	67
Imagen 3.2:24. Aparato de medición de la ductilidad	68
Imagen 3.2:25. Medición de la ductilidad del cemento asfáltico.....	68
Imagen 3.3:1. Pavimento reciclado peso para depositar en el extractor centrífugo	69
Imagen 3.3:2. Retiro del material del extractor centrífugo	69
Imagen 3.3:3. Agregado extraído del pavimento reciclado	70
Imagen 3.3:4. Granulometría del agregado reciclado	72
Imagen 3.3:5. Peso del tamiz más el agregado retenido	72
Imagen 3.3:6 Agregado grueso del pavimento reciclado en remojo, para realizar peso superficialmente seco	76
Imagen 3.3:7 Peso sumergido de agregado grueso	76
Imagen 3.3:8 Remojo de material fino para hacer secado para humedad óptima.....	77
Imagen 3.3:9 Humedad óptima para vaciar al matraz.....	77
Imagen 3.3:10. Materiales a utilizar para la práctica	79
Imagen 3.3:11. Peso de muestras	79
Imagen 3.3:12. Muestras con agua y aceite quemado de motor	80
Imagen 3.3:13 Calentamiento para el punto de inflamación.....	81
Imagen 4.2:1. Calentamiento de moldes y agregados en el horno	90
Imagen 4.2:2. Calentamiento de agregados en el horno	91
Imagen 4.2:3. Mezcla de los materiales a más de 140 °C y compactación con el martillo Marshall a 75 golpes	91
Imagen 4.2:4. Compactación con martillo Marshall	91

Imagen 4.2:5. Briquetas elaboradas para realizar el baño maría a 60 °C para luego colocar en el anillo Marshall	92
Imagen 4.2:6. Colocado de briqueta en el Marshall para lectura de la estabilidad y fluencia.	92
Imagen 4.4:1. Pesado de la mezcla con pavimento reciclado y aceite quemado de motor.....	112
Imagen 4.4:2. Briqueta mezclada con un 15 % de A.Q.M.....	112
Imagen 4.4:3. Medición de la estabilidad y la fluencia Marshall	113
Imagen 4.4:4 Briquetas compactadas.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.4.1 Conceptualización y operacionalización de variable independiente.....	4
Tabla 1.4.2 Conceptualizacion y operacionalizacion de la variable dependiente.....	5
Tabla 1.5.1. Cantidad de ensayos aproximados en el diseño	8
Tabla 2.9.1. Causas y efectos de la inestabilidad en el pavimento	30
Tabla 2.9.2. Causas y efectos de una poca durabilidad.....	32
Tabla 2.9.3. Causas y efectos de la permeabilidad	32
Tabla 2.9.4. Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad	34
Tabla 2.9.5. Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga	35
Tabla 2.9.6. Causa y efectos de poca resistencia al deslizamiento	36
Tabla 2.11.1. Características de los agregados	40
Tabla 2.11.2. Requisitos de calidad para cemento asfáltico	41
Tabla 2.11.3. Criterios de diseño Marshall.	43
Tabla 2.11.4 Valor de vacíos de agregado mineral.....	43
Tabla 2.13.1 Características típicas del aceite mobil delvac 15w40.....	45
Tabla 3.2.1. Granulometría de grava del material de aportación	51
Tabla 3.2.2. Granulometría de la gravilla del material de aportación.....	52
Tabla 3.2.3. Granulometría de arena del material de aportación	53
Tabla 3.2.4. Peso específico de la grava de aportación.....	55
Tabla 3.2.5. Peso específico de la gravilla de aportación	55

Tabla 3.2.6. Peso específico de la arena.....	57
Tabla 3.2.7 Desgaste de los ángeles.....	58
Tabla 3.2.8. Resultados del equivalente de arena	60
Tabla 3.2.9. Resultados del ensayo de penetración.....	63
Tabla 3.2.10. Resultado del ensayo punto de inflamación.....	64
Tabla 3.2.11. Resultados de punto de ablandamiento.....	65
Tabla 3.2.12. Resultados de peso específico.....	67
Tabla 3.3.1. Calculo del porcentaje de cemento asfáltico.....	70
Tabla 3.3.2. Resultado del 2° porcentaje de cemento asfáltico.....	71
Tabla 3.3.3. Resultado del 3° porcentaje de cemento asfáltico.....	71
Tabla 3.3.4. Resultado promedio de los tres ensayos de extracción centrífugo.....	72
Tabla 3.3.5. Granulometría del RAP n° 1	73
Tabla 3.3.6. Granulometría del RAP n° 2.....	74
Tabla 3.3.7. Granulometría del RAP n° 3	75
Tabla 3.3.8. Peso específico agregado grueso del RAP	77
Tabla 3.3.9. Peso específico del agregado fino del RAP	78
Tabla 3.3.10. Resultado del peso específico del aceite	80
Tabla 4.2.1. Combinación de la granulometría del material de aportación	89
Tabla 4.2.2. Planilla Marshall de mezcla asfáltica convencional	98
Tabla 4.3.1. Granulometría de la combinación del agregado nuevo y el RAP	104
Tabla 4.3.2 Planilla Marshall de mezcla asfáltica convencional más el RAP	105
Tabla 4.3.3. Resultados de mezcla convencional con RAP	109
Tabla 4.4.1 Dosificación de la mezcla con RAP y 0 % de aceite quemado de moto.....	110
Tabla 4.4.2 Dosificación de la mezcla con RAP y 5% de aceite quemado de moto.....	111
Tabla 4.4.3. Marshall de la mezcla con RAP y 0 % de aceite quemado de motor	114
Tabla 4.4.4. Tratamiento estadístico con 0 % de aceite	115
Tabla 4.4.5 Marshall de la mezcla con RAP y 5 % de aceite quemado de motor	116
Tabla 4.4.6. Tratamiento estadístico con 5 % de aceite	117
Tabla 4.4.7. Marshall de la mezcla con RAP y 10 % de aceite quemado de motor	118
Tabla 4.4.8. Tratamiento estadístico con 10 % de aceite quemado de motor	119
Tabla 4.4.9 Marshall de la mezcla con RAP y 15 % de aceite quemado de motor	120

Tabla 4.4.10. Tratamiento estadístico con 15 % de aceite quemado de motor	121
Tabla 4.4.11. Resultados con 0 % de aceite quemado de motor	122
Tabla 4.4.12. Resultado de mezcla con 5 % de aceite quemado de motor	122
Tabla 4.4.13. Resultado de la mezcla con 10 % de aceite quemado de motor	123
Tabla 4.4.14. Resultado de la mezcla con 15% de aceite quemado de motor	123
Tabla 4.4.15 Resultados óptimos de la mezcla convencional	124
Tabla 4.4.16 Resultados óptimos de la mezcla con pavimento reciclado	124
Tabla 4.4.17. Resultado al 5 % de aceite quemado de motor	125
Tabla 4.4.18. Resultado al 10 % de aceite quemado de motos	126
Tabla 4.4.19. Resultado al 15 % de aceite quemado de motor	127
Tabla 4.4.20 Resultados de los precios unitarios de cada mezcla.....	131

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 3.2:1. Curva granulométrica del agregado (grava).....	51
Gráfica 3.2:2. Curva granulometría de agregado (gravilla)	52
Gráfica 3.2:3. Curva granulométrica del agregado (arena).....	53
Gráfica 3.3:1. Granulometría del RAP.....	73
Gráfica 3.3:2. Granulometría del RAP n° 2	74
Gráfica 3.3:3. Granulometría del RAP n° 3	75
Gráfica 4.2:1. Curva granulométrica del diseño convencional	90
Gráfica 4.2:2. Densidad vs Cemento asfáltico	99
Gráfica 4.2:3. Estabilidad vs Cemento asfáltico	99
Gráfica 4.2:4. Fluencia vs Cemento asfáltico	100
Gráfica 4.2:5. Vacíos vs Cemento asfáltico	100
Gráfica 4.2:6. R.B.V. vs Cemento asfáltico	101
Gráfica 4.2:7. V.A.M. vs Cemento asfáltico.....	101
Gráfica 4.3:1. Curva granulométrica de agregados nuevos combinado con agregados del RAP	104
Gráfica 4.3:2. Densidad vs Cemento asfáltico	106
Gráfica 4.3:3. Estabilidad vs Cemento asfáltico	106

Grafica 4.3:4. Fluencia vs Cemento asfáltico	107
Gráfica 4.3:5. Vacíos de mezcla (%) vs Cemento asfáltico	107
Gráfica 4.3:6. R.B.V. vs Cemento asfáltico	108
Gráfica 4.3:7. V.A.M. vs Cemento asfáltico.....	108
Gráfica 4.4:1 Estabilidades de cada mezcla diseñada.....	128
Gráfica 4.4:2 Fluencia de cada mezcla diseñada	129
Gráfica 4.4:3 Porcentaje de vacíos de cada mezcla diseñada	130