

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



**“ANALIZAR Y COMPARAR LA UTILIZACIÓN DE FIBRAS DE  
BOTELLAS DE PLÁSTICO Y BOLSAS DE LECHE TRICAPA  
RECICLADAS PARA SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE  
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON EMULSIÓN EN FRÍO”**

**Por:**

**LUIS MIGUEL ZEGARRA FERNÁNDEZ**

**SEMESTRE II – 2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

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

**“ANALIZAR Y COMPARAR LA UTILIZACIÓN DE  
FIBRAS DE BOTELLAS DE PLÁSTICO Y BOLSAS DE  
LECHE TRICAPA RECICLADAS PARA SU  
APLICACIÓN EN EL DISEÑO DE MEZCLAS  
ASFÁLTICAS CON EMULSIÓN EN FRÍO”**

**Por:**

**LUIS MIGUEL ZEGARRA FERNÁNDEZ**

Proyecto de Grado de Investigación presentado a consideración de la  
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito  
para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE II – 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

V°B°

---

Ing. Ada Gladys López Rueda

**DOCENTE GUÍA**

---

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

---

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Jhonny Orgaz Fernández

---

Ing. Eusebio Ortega Alvarado

---

Ing. Edwin Osvaldo Aguirre

## **ADVERTENCIA**

El tribunal calificador del presente proyecto, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidos en el trabajo, siendo únicamente responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIA**

Especialmente va dedicado para Dios por darme la fuerza, el valor y la decisión necesaria para poder llegar a este momento. A mi padre Ubaldo Ysmael Zegarra Anagua por darme su apoyo en todo momento, a toda mi familia por ser el pilar de amor que siempre necesito en los momentos más felices y difíciles. A mi docente guía y a mis tribunales por apoyarme y brindarme sus conocimientos para la realización del presente trabajo.

## **AGRADECIMIENTO**

Soy muy agradecido con Dios por darme la oportunidad de vivir esta experiencia, agradezco a mi familia por apoyarme en todo momento en las buenas y en las malas, un agradecimiento en especial a mi novia, a mis amigos y mis conocidos por desearme siempre lo mejor, de igual manera estoy totalmente agradecido con mi docente guía y mis tribunales por brindarme sus conocimientos necesarios para poder realizar esta investigación.

## **PENSAMIENTO**

*“No te apures, no descanses, ni tampoco te descuides, en el camino de la superación y del progreso no existen límites”.*

**Anónimo**

# ÍNDICE

**ADVERTENCIA**

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**PENSAMIENTO**

**RESUMEN**

**CAPÍTULO: INTRODUCCIÓN**

	<b>Página</b>
<b>1.1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.- ANTECEDENTES.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3.- JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
1.3.1.- Justificación tecnológica .....	2
1.3.2.- Justificación ambiental.....	2
1.3.3.- Justificación social .....	3
1.3.4.- Justificación económica .....	3
<b>1.4.- DISEÑO TEÓRICO.....</b>	<b>3</b>
1.4.1.- Planteamiento del problema.....	3
1.4.1.1.- Situación problemática.....	3
1.4.1.2.- Problema.....	4
1.4.2.- Objetivos .....	5
1.4.2.1.- Objetivo general .....	5
1.4.2.2.- Objetivos específicos.....	5
1.4.3.- Hipótesis.....	6
1.4.4.- Definición de variables independientes y dependientes.....	7
1.4.4.1.- Variable independiente .....	7
1.4.4.2.- Variable dependiente .....	8
<b>1.5.- DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>9</b>
1.5.1.- Componentes.....	9



1.5.1.1.- Unidad de estudio .....	9
1.5.1.2.- Población .....	9
1.5.1.3.- Muestra .....	9
1.5.1.4.- Muestreo .....	9
1.5.2.- Métodos y técnicas empleadas .....	9
1.5.2.1.- Métodos de investigación .....	9
1.5.2.2.- Técnicas de recolección de información .....	10
1.5.2.3.- Descripción de los instrumentos para la obtención de datos .....	11
1.5.2.4.- Procedimientos de aplicación .....	12
1.5.3.- Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información .....	13
1.5.3.1.- Tratamiento de los datos (empleo de la estadística) .....	13
<b>1.6.- ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>

## **CAPÍTULO II: GENERALIDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS**

	<b>Página</b>
<b>2.1.- ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.- LOS PAVIMENTOS.....</b>	<b>19</b>
2.2.1.- Marco conceptual .....	19
2.2.2.- Pavimento.....	19
2.2.2.1.- Tipos de pavimentos.....	19
2.2.2.2.- Pavimentos flexibles.....	20
2.2.2.3.- Pavimentos rígidos .....	20
2.2.2.4.- Pavimentos semirrígidos .....	20
2.2.2.5.-Tipos de pavimentos flexibles .....	20
2.2.2.6.- Pavimentos con tratamiento superficial.....	21
<b>2.3.- MARCO REFERENCIAL.....</b>	<b>21</b>
2.3.1.- El cemento asfáltico .....	21
2.3.1.1.- Definición .....	21
2.3.1.2.- Origen y naturaleza del asfalto .....	23

2.3.1.3.- Clasificación y grados del asfalto.....	24
2.3.1.4.- Propiedades físicas del asfalto.....	25
2.3.1.5.- Ensayos de caracterización del cemento asfáltico convencional .....	27
2.3.1.6.-Temperaturas de aplicación del asfalto .....	30
<b>2.4.- AGREGADOS PARA EL USO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS.....</b>	<b>31</b>
2.4.1.- Generalidades.....	31
<b>2.5.- TIPOS DE AGREGADOS UTILIZADOS EN MEZCLAS</b>	
<b>ASFÁLTICAS.....</b>	<b>31</b>
2.5.1.- Agregado grueso .....	31
2.5.2.- Piedra triturada.....	32
2.5.3.- Grava triturada .....	32
2.5.4.- Agregado fino.....	32
2.5.5.- Arenas .....	32
2.5.6.- Filler .....	33
2.5.7.- Ensayos de calidad de los agregados .....	33
<b>2.6.- MEZCLAS ASFÁLTICAS.....</b>	<b>34</b>
2.6.1.- Tipos de mezclas asfálticas .....	34
2.6.1.1.- Mezclas asfálticas en caliente.....	34
2.6.1.2.- Mezclas asfálticas en frío .....	35
2.6.1.3.- Mezclas porosas drenantes .....	35
2.6.1.4.- Microaglomerados.....	35
2.6.1.5.- Masillas .....	35
2.6.1.6.- Mezcla de alto módulo .....	36
2.6.2.- Características de agregados pétreos.....	36
2.6.2.1.- Propiedades de los agregados.....	36
2.6.2.2.- Tamaño de partículas y graduación de los agregados .....	36
2.6.2.3.- Resistencia al desgaste .....	37
2.6.2.4.- Durabilidad o resistencia al intemperismo .....	37
2.6.2.5.- Densidad relativa y absorción .....	37
2.6.2.6.- Forma, textura y limpieza del agregado .....	37

2.6.3.- Características y propiedades de las mezclas asfálticas.....	38
2.6.3.1.- Peso específico de los agregados.....	38
2.6.3.2.- Densidad máxima real de la mezcla ( <i>gr/cm3</i> ).....	38
2.6.3.3.- Densidad máxima teórica ( <i>gr/cm3</i> ).....	39
2.6.3.4.- Vacíos de la mezcla (%).....	40
2.6.3.5.- Vacíos del agregado mineral V.A.M. %.....	41
2.6.3.6.- Relación bitumen vacíos (%).....	43
2.6.3.7.- Estabilidad de la mezcla (Ib).....	44
2.6.3.8.- Fluencia de la mezcla (1/100”).....	45
2.6.3.9.- Relación “Estabilidad-Fluencia”.....	46
2.6.4.- Objetivo de la mezcla asfáltica.....	47
2.6.4.1.- Durabilidad.....	47
2.6.4.2.- Estabilidad.....	48
2.6.4.3.- Resistencia a la fatiga.....	49
2.6.4.4.- Impermeabilidad.....	51
2.6.4.5.- Trabajabilidad.....	52
2.6.5.- Materiales granulares para mezclas asfálticas.....	52
2.6.5.1.- Agregados naturales.....	52
2.6.5.2.- Agregados artificiales.....	52

### **CAPÍTULO III: LA EMULSIÓN ASFÁLTICA Y CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PARA LA MEZCLA**

	<b>Página</b>
<b>3.1.- LA EMULSIÓN ASFÁLTICA.....</b>	<b>53</b>
3.1.1.- Antecedentes.....	53
3.1.2.- Teoría sobre las emulsiones asfálticas.....	54
3.1.2.1.- Propiedades de las emulsiones.....	55
3.1.2.2.- Análisis de las emulsiones.....	58
3.1.3.- Clasificación de las emulsiones asfálticas.....	60

3.1.3.1.- Emulsiones asfálticas catiónicas o básicas .....	61
3.1.3.2.- Emulsiones asfálticas aniónicas .....	63
3.1.4.- Especificaciones de la emulsión asfáltica .....	64
3.1.4.1.- Especificaciones, según AASHTO y norma Chilena .....	64
3.1.4.2.- Especificaciones brasileras .....	69
3.1.4.3.- Especificaciones, según AASHTO y ASTM.....	71
3.1.5.- Ingredientes de las emulsiones asfálticas .....	77
3.1.5.1.- Asfalto como ingrediente de una emulsión .....	77
3.1.5.2.- El agua como ingrediente de una emulsión .....	79
3.1.5.3.- El agente emulsionante como ingrediente de una emulsión.....	80
3.1.6.- Quiebre de las emulsiones asfálticas.....	85
3.1.6.1.- Factores que afectan la velocidad de quiebre .....	86
3.1.7.- Viscosidad de las emulsiones asfálticas .....	87
3.1.8.- Aplicaciones de las emulsiones asfálticas.....	88
3.1.9.- Ventajas y desventajas de las emulsiones asfálticas .....	89
3.1.9.1.- Ventajas .....	89
3.1.9.2.- Desventajas.....	90
3.1.10.- Variables que afectan a la emulsión asfáltica .....	91
3.1.11.- Transporte y almacenamiento .....	91
3.1.12.- Ensayos en las emulsiones asfálticas .....	92
3.1.12.1.- Alcance de las normas de ensayo .....	92
3.1.12.2.- Ensayos de composición .....	92
3.1.12.3.- Ensayos de consistencia .....	93
3.1.12.4.- Ensayos de estabilidad.....	93
3.1.12.5.- Examen del residuo asfáltico.....	93
3.1.13.- Polímeros .....	93
<b>3.2.- CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS Y EMULSIÓN</b>	
<b>ASFÁLTICA.....</b>	<b>97</b>
3.2.1.- Selección de materiales .....	97
3.2.1.1.- Selección de los agregados .....	97

3.2.1.2.- Selección de la emulsión asfáltica.....	100
3.2.1.3.- Selección de los materiales plásticos.....	102
3.2.2.- Unidad de estudio.....	104
3.2.2.1.- Población.....	104
<b>3.3.- ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS.....</b>	<b>105</b>
3.3.1.- Cuarteo de muestras (ASTM C 702).....	106
3.3.2.- Peso unitario (ASTM E 30 AASHTO T19M-00).....	108
3.3.3.- Granulometría (ASTM E 40 AASHTO T27-99).....	112
3.3.4.- Peso específico.....	119
3.3.4.1.- Peso específico del agregado fino (ASTM E 128 AASHTO T84-00).....	119
3.3.4.2.- Peso específico del agregado grueso (ASTM E 127 AASHTO T85-91).....	122
3.3.5.- Desgaste de los Ángeles (ASTM E 131 AASHTO T96-99).....	125
3.3.6.- Equivalente de arena (ASTM D 2419 AASHTO T176-00).....	131
<b>3.4.- ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN</b>	
<b>ASFÁLTICA.....</b>	<b>134</b>
3.4.1.- Viscosidad Saybolt Furol (ASTM D 244 AASHTO T-72).....	134
3.4.2.- Método del residuo por destilación (ASTM D 6997 AASHTO T 59-97) .	136
3.4.3.- Punto de inflamación (ASTM D 1310-01 AASHTO T79-96).....	138
3.4.4.- Peso específico (ASTM D71-94 AASHTO T229-97).....	140
3.4.5.- Penetración (ASTM D5 AASHTO T49-97).....	141
<b>3.5.- FICHA TÉCNICA DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA BETUMIX</b>	
<b>CMS-2H.....</b>	<b>143</b>

#### **CAPÍTULO IV: APLICACIÓN PRÁCTICA; DISEÑO, ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS**

	<b>Página</b>
<b>4.1.- DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>144</b>
<b>4.2.- DOSIFICACIÓN.....</b>	<b>144</b>
4.2.1.- Determinación de proporciones de agregados.....	144
4.2.2.- Determinación de la proporción de emulsión.....	147

4.2.3.- Determinación de las cantidades de agregados y de la emulsión.....	148
4.2.4.- Determinación de las cantidades de agregados, emulsión y polímeros para mezcla en investigación .....	150
<b>4.3.- PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE MEZCLA.....</b>	<b>153</b>
<b>4.4.- EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.....</b>	<b>164</b>
4.4.1.- Evaluación del peso volumétrico .....	164
4.4.2.- Evaluación de la estabilidad.....	181
4.4.3.- Evaluación de la fluencia .....	186
<b>4.5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>189</b>
4.5.1.- Análisis de resultados de las propiedades mecánicas .....	189
4.5.1.1.- Análisis de resultados del peso volumétrico.....	189
4.5.1.2.- Análisis de resultados de la estabilidad .....	191
4.5.1.3.- Análisis de resultados de la fluencia .....	193
4.5.2.- Análisis de ahorro de energía y costo en la producción de mezcla asfáltica con emulsión en frío respecto a una mezcla asfáltica convencional .....	196
4.5.3.- Análisis comparativo de la mezcla asfáltica con emulsión en frío con polímeros vs la mezcla asfálticas convencional en caliente en costos.....	197
<b>4.6. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>199</b>
4.6.1.- Comparación de resultados del peso volumétrico.....	199
4.6.2.- Comparación de resultados de estabilidad .....	200
4.6.3.- Comparación de resultados de la fluencia.....	201
<b>4.7.- VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>203</b>

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
<b>5.1.-CONCLUSIONES.....</b>	<b>209</b>
<b>5.2.- RECOMENDACIONES.....</b>	<b>211</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>212</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1.1. Operacionalización de la variable independiente.....	7
Tabla 1.2. Operacionalización de la variable dependiente.....	8
Tabla 2.1. Historia del asfalto.....	22
Tabla 2.2. Temperaturas de aplicación del asfalto.....	31
Tabla 2.3. Grados estándar del filler mineral.....	33
Tabla 2.4. Valores recomendados para los V.A.M.....	42
Tabla 2.5. Causas y efectos de una poca durabilidad.....	48
Tabla 2.6. Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.....	49
Tabla 2.7. Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga.....	51
Tabla 3.1. Tabla de emulsiones catiónicas.....	65
Tabla. 3.2. Tabla de emulsiones aniónicas.....	67
Tabla 3.3. Tablas de emulsiones catiónicas brasileras.....	70
Tabla 3.4. Tabla de emulsiones aniónicas (ASTM).....	73
Tabla 3.5. Tabla de emulsiones catiónicas (ASTM).....	74
Tabla 3.6. Tipos de asfaltos en función al clima.....	79
Tabla 3.7. Temperaturas recomendadas para riego de asfalto.....	90
Tabla 3.8. Tabla de datos y resultados del peso unitario suelto (grava).....	110
Tabla 3.9. Tabla de datos y resultados del peso unitario varillado (grava).....	110

Tabla 3.10. Tabla de datos y resultados del peso unitario suelto (gravilla).....	110
Tabla 3.11. Tabla de datos y resultados del peso unitario varillado (gravilla).....	111
Tabla 3.12. Tabla de datos y resultados del peso unitario suelto (arena).....	111
Tabla 3.13. Tabla de datos y resultados del peso unitario varillado (arena).....	111
Tabla 3.14. Tabla de resultados de granulometría del agregado fino (arena).....	115
Tabla 3.15. Tabla de resultados de granulometría del agregado grueso (gravilla).....	116
Tabla 3.16. Tabla de resultados de granulometría del agregado grueso (grava).....	117
Tabla 3.17. Tabla de resultados del peso específico del agregado fino (arena).....	122
Tabla 3.18. Tabla de resultados del peso específico del agregado grueso (gravilla).....	125
Tabla 3.19. Tabla de resultados del peso específico del agregado grueso (grava)....	125
Tabla 3.20. Tabla de pesos del agregado grueso y N° de esferas para el desgaste de los Ángeles.....	127
Tabla 3.21. Tabla de datos del desgaste de los Ángeles (grava).....	129
Tabla 3.22. Tabla de resultados del desgaste de los Ángeles (grava).....	130
Tabla 3.23. Tabla de datos del desgaste de los Ángeles (gravilla).....	130
Tabla 3.24. Tabla de resultados del desgaste de los Ángeles (gravilla).....	130
Tabla 3.25. Tabla de datos y resultados de equivalente de arena.....	133
Tabla 3.26. Tabla de datos y resultados del ensayo de viscosidad Saybolt	



Furol de la emulsión “BETUMIX CMS-2H”.....	136
Tabla 3.27. Tabla de datos y resultados del ensayo de destilación de la emulsión asfáltica “BETUMIX CMS-2H”... ..	138
Tabla 3.28. Tabla de datos y resultados del ensayo de punto de inflamación del residuo de la emulsión asfáltica “BETUMIX CMS-2H”.....	140
Tabla 3.29. Tabla de datos y resultados del ensayo de peso específico al residuo de la emulsión asfáltica.....	141
Tabla 3.30. Tabla de datos y resultados del ensayo de penetración del residuo de la emulsión asfáltica.....	142
Tabla 3.31. Ficha técnica de la emulsión asfáltica “BETUMIX CMS-2H”... ..	143
Tabla 4.1. Contenido de agregados en granulometría formada.....	145
Tabla 4.2. Granulometría formada.....	146
Tabla 4.3. Resultados de contenidos de emulsión.....	148
Tabla 4.4. Contenido de agregados y emulsión para la mezcla asfáltica convencional.....	149
Tabla 4.5. Tabla de datos y resultados para la dosificación de briquetas con polímeros.....	152
Tabla 4.6. Tabla de datos y resultados para la dosificación de polímeros en relación a 50% para bolsas de leche y botellas de plástico para una briqueta de 1200 gramos.....	152
Tabla 4.7. Datos y resultados de las alturas promedio de las briquetas con	

polímeros.....	166
Tabla 4.8. Datos y resultados de las alturas promedio de las briquetas convencionales.....	167
Tabla 4.9. Datos y resultados de los diámetros promedio de las briquetas con polímeros.....	168
Tabla 4.10. Datos y resultados de los diámetros promedio de las briquetas convencionales.....	169
Tabla 4.11. Datos y resultados de los volúmenes calculados de las briquetas con polímeros.....	170
Tabla 4.12. Datos y resultados de los volúmenes calculados de las briquetas convencionales.....	171
Tabla 4.13. Datos de peso seco de cada briqueta con polímeros.....	172
Tabla 4.14. Datos de peso seco de cada briqueta convencional.....	173
Tabla 4.15. Datos de pesos y volúmenes de cada briqueta con porcentajes de polímeros.....	174
Tabla 4.16. Datos de pesos y volúmenes de cada briqueta convencional.....	175
Tabla 4.17. Resultados de peso volumétrico de cada briqueta con polímeros.....	176
Tabla 4.18. Resultados de peso volumétrico de cada briqueta convencional.....	177
Tabla 4.19. Resultados de peso volumétrico promedio de cada briqueta con porcentajes de polímeros.....	179

Tabla 4.20. Resultados de peso volumétrico promedio de cada briqueta convencional.....	180
Tabla 4.21. Resultados de la lectura dial de la estabilidad de mezcla con emulsión convencional.....	182
Tabla 4.22. Tabla de resultados de la estabilidad para la mezcla convencional.....	183
Tabla 4.21. Resultados de la lectura dial de la estabilidad de mezcla con emulsión con polímeros.....	184
Tabla 4.22. Tabla de resultados de la estabilidad para la mezcla asfáltica con polímeros.....	185
Tabla 4.23. Lectura dial y resultados de la fluencia de mezcla con emulsión convencional.....	187
Tabla 4.24. Lectura dial y resultados de la fluencia de mezcla con emulsión más polímeros.....	188
Tabla 4.25. Producción de mezcla asfáltica en caliente.....	196
Tabla 4.26. Producción de mezcla asfáltica en frío.....	196
Tabla 4.27. Análisis de precios unitarios de la mezcla asfáltica en caliente.....	197
Tabla 4.28. Análisis de precios unitarios de la mezcla asfáltica en frío.....	198
Tabla 4.29. Peso volumétrico en la mezcla asfáltica convencional.....	199
Tabla 4.30. Peso volumétrico en la mezcla asfáltica con polímeros.....	199
Tabla 4.31. Estabilidad en la mezcla asfáltica convencional.....	200

Tabla 4.32. Estabilidad en la mezcla asfáltica con polímeros.....	200
Tabla 4.33. Fluencia en la mezcla asfáltica convencional.....	201
Tabla 4.34. Fluencia en la mezcla asfáltica con polímeros.....	202

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfico 1.1. Procedimiento de aplicación.....	13
Gráfico 2.1. Refinación del petróleo.....	23
Gráfico 3.1. Posición de la molécula de emulsionante disociada con respecto al glóbulo de asfalto.....	62
Gráfico 3.2. Posición de la molécula de emulsionante disociada respecto al glóbulo de betún asfáltico.....	63
Gráfico 3.3. Molécula del agente emulsivo situado en la capa exterior del glóbulo de asfalto.....	81
Gráfico 3.4. Gráfico de dosificación de los polímeros utilizados para la mezcla.....	105
Gráfico 3.5. Curva granulométrica del agregado fino (arena).....	116
Gráfico 3.6. Curva granulométrica del agregado grueso (gravilla).....	117
Gráfico 3.7. Curva granulométrica del agregado grueso (grava).....	118
Gráfico 4.1.- Curva granulométrica formada.....	146
Gráfico 4.2. Contenido óptimo de emulsión asfáltica.....	147
Gráfico 4.3. Polímeros utilizados de acuerdo a sus características (Internacional- Colombia).....	150
Gráfico 4.4. Gráfico de dosificación de los polímeros utilizados para la mezcla.....	151
Gráfico 4.5. Análisis curva peso volumétrico vs % emulsión asfáltica.....	189

Gráfico 4.6. Análisis curva peso volumétrico vs % polímeros.....	190
Gráfico 4.7. Análisis curva estabilidad vs % emulsión asfáltica.....	191
Gráfico 4.8. Análisis curva estabilidad vs % polímeros.....	192
Gráfico 4.9. Análisis curva fluencia vs % emulsión asfáltica.....	193
Gráfico 4.10. Análisis curva fluencia vs % polímeros.....	194
Gráfico 4.11. Validación de curva peso volumétrico vs % emulsión asfáltica.....	203
Gráfico 4.12. Validación de curva peso volumétrico vs % polímeros.....	204
Gráfico 4.13. Validación de curva estabilidad vs % emulsión asfáltica.....	206
Gráfico 4.14. Validación de curva estabilidad vs % polímeros.....	207
Gráfico 4.15. Validación de curva fluencia vs % emulsión asfáltica.....	208
Gráfico 4.16. Validación de curva fluencia vs % contenido de polímeros.....	209