

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



“ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL CEMENTO ASFÁLTICO
CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE POLIETILENO DE ALTA
DENSIDAD (HDPE)”

Por:

ALEJANDRO ESTEBAN CONDORI SOLIZ

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

SEMESTRE II -2023

TARIJA-BOLIVIA

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

“ANÁLISIS DE LA CONSISTENCIA DEL CEMENTO ASFÁLTICO
CON ADICIÓN DE RESIDUOS DE POLIETILENO DE ALTA
DENSIDAD (HDPE)”

Por:

ALEJANDRO ESTEBAN CONDORI SOLIZ

SEMESTRE II -2023

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

A mi madre Maria Esther Soliz que es la que me impulsó y animó en el tiempo que realicé mis estudios, siempre orando y pensando en sus hijos deseándole siempre lo mejor y que puedan cumplir sus sueños, y a mi padre Edmar Esteban Condori que a pesar de no lograr su sueño de ser ingeniero sus hijos sí pudieron, se lo dedico en agradecimiento por todos los años de sacrificio que hizo, para que su hijo pueda salir profesional.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO

	Página
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN	2
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.4.1. Situación problemica.....	3
1.4.2. Delimitación del tiempo.....	4
1.4.3. Delimitación del espacio	4
1.4.4. Formulación del problema	4
1.5. OBJETIVOS	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivo específicos	4
1.5.3. Hipótesis.....	5
1.5.4. Conceptualización de variable	5
1.5.5. Alcance.....	5

CAPÍTULO II

ESTADO DE CONOCIMIENTO

	Página
2.1. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1.1. Cemento asfáltico.....	6
2.1.2. Refinación del petróleo	6
2.1.3. Composición química del cemento asfáltico.....	7

2.1.3.1. Asfáltenos.....	7
2.1.3.2. Máltenos.....	7
2.1.4. Propiedades físicas - mecánicas del asfalto	7
2.1.4.1. Consistencia	7
2.1.4.2. Endurecimiento y envejecimiento.....	8
2.1.4.3. Durabilidad.....	8
2.1.4.4. Adhesión y cohesión	8
2.1.4.5. Susceptibilidad a la temperatura	8
2.1.5. Ensayos para medir la consistencia de los cementos asfálticos	9
2.1.5.1. Viscosidad.....	9
2.1.5.2. Penetración.....	10
2.1.6. Ensayo de punto de ablandamiento.....	11
2.1.7. Ensayo de ductilidad	12
2.1.8. Ensayos para determinar la pureza del cemento asfáltico.....	12
2.1.9. Ensayos de seguridad	13
2.1.9.1. Punto de inflamación.....	13
2.1.9.2. Ensayo de peso específico.....	14
2.1.10. Influencia de los componentes químicos del asfalto en sus propiedades.....	14
2.1.11. Control de las temperaturas de aplicación del cemento asfáltico	16
2.2. CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO.....	16
2.2.1. Principales modificadores utilizados en el cemento asfáltico.....	17
2.2.2. Estructura de los asfaltos modificados	19
2.3. POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.....	19
2.3.1. Composición química del polietileno.....	20

2.3.2. Aplicaciones y usos.....	20
2.3.3. Características técnicas de una tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) ...	21
2.3.4. Normas de referencias.....	21
2.4. DEFINICIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	22
2.4.1. Mezcla asfáltica en caliente	22
2.4.2. Diseño de una mezcla asfáltica	23
2.4.3. Método Marshall	23
2.4.4. Preparación de muestras de ensayo.....	24
2.4.5. Procedimiento del ensayo	25
2.4.6. Ensayos de estabilidad y fluencia	25
2.4.7. Criterios de diseño normalizado	25
2.4.8. Requisitos del agregado pétreo	28
2.5. MARCO NORMATIVO.....	29
2.5.1. Normativa sobre cementos asfálticos vigente (ABC).....	29
2.5.2. Norma ASTM	29
2.6. MARCO REFERENCIAL.....	31
2.7. ANÁLISIS DEL APORTE TEÓRICO.....	33

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Página
3.1. CRITERIOS DEL DISEÑO METODOLÓGICO	34
3.1.1. Unidad de muestra	34
3.1.2. Población.....	34
3.1.3. Muestra.....	34
3.1.4. Tamaño de la muestra	34

3.1.5. Control y validación interna.....	35
3.1.6. Caracterización de materiales	38
3.1.6.1. Criterios de extracción	38
3.2. CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO.....	39
3.2.1. Ensayo de penetración (ASTM D5 / AASHTO T49-97).....	41
3.2.2. Ensayo de viscosidad Saybolt Furol (ASTM D 88 /AASHTO T 72).....	42
3.2.3. Ensayo de ductilidad (ASTM D 113 / AASHTO T 51-00)	43
3.2.4. Punto de inflamación mediante la copa abierta de Cleveland (ASTM D 1310- 01 / AASHTO T 79-96).....	44
3.2.5. Punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola (ASTM D 36 / AASHTO T 53-96).....	45
3.2.6. Peso específico (ASTM D 71 / AASHTO T 229-97)	46
3.2.7. Ensayo de pérdida de masa (ASTM D 175 / AASHTO T 179-05)	48
3.3. GRANULOMETRÍA DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.....	48
3.3.1. Cálculos operacionales con el residuo de polietileno de alta densidad.....	50
3.3.2. Cemento asfáltico con adición de residuos de (HDPE)	51
3.4. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE AGREGADOS	60
3.4.1. Granulometría (ASTM E-40).....	60
3.4.2. Peso específico (ASTM E-127)	66
3.4.3. Ensayo de abrasión por medio de la máquina de los Ángeles (ASTM C-131).....	67
3.4.4. Equivalente de arena (ASTM D-2419)	68
3.5. DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA MÉTODO MARSHALL	70
3.5.1. Descripción de la investigación	70
3.5.2. Contenido mínimo de cemento asfáltico.....	70
3.5.3. Dosificación de la mezcla asfáltica	70

3.5.4. Contenido óptimo de cemento asfáltico.....	71
3.5.5. Preparación de las muestras de ensayo	71
3.5.6. Mezcla asfáltica convencional con el contenido óptimo.....	74
3.5.7. Mezcla asfáltica modificada con el contenido óptimo.....	75

CAPÍTULO IV

PROCESAMIENTO Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1. ORGANIZACIÓN DE RESULTADOS.....	76
4.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.....	80
4.2.1. Datos de los ensayos de penetración al 1% de polietileno de alta densidad.....	80
4.2.2. Cálculos de medidas de tendencia central.....	82
4.2.3 Prueba de ajuste de bondad Smirnov Kolmogorov	82
4.3. ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	85
4.4. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL AL 1% DE (HDPE).....	86
4.4.1. Cálculos de medidas de tendencia central.....	89
4.4.2. Prueba de ajustes de bondad Smirnov Kolmogorov	89
4.5. ESTADÍSTICA INFERENCIAL.....	92
4.6. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE CEMENTO ASFÁLTICO NORMAL Y EL MODIFICADO.....	94
4.6.1. Penetración.....	94
4.6.2. Viscosidad Saybolt Furol	95
4.6.3. Ductilidad.....	96
4.6.4. Punto de inflamación.....	97
4.6.5. Punto de ablandamiento	98

4.6.6. Pérdida de masa.....	99
4.6.7. Recuperación elástica.....	100
4.6.8. Índice de penetración	101
4.7. ESPECIFICACIÓN TÉCNICA	101
4.7.1. Concepto de objeto de investigación.....	101
4.7.2. Materiales y equipo	102
4.7.2.1. Materiales utilizados en la investigación	102
4.7.2.2. Equipo utilizado para la investigación	102
4.7.3. Procedimiento y rango de medición.....	104
4.7.3.1. Modificación del cemento asfáltico	104
4.7.3.2. Medición de la variable.....	104
4.7.4. Forma de cubicación	105
4.7.5. Costo por unidad de cubicación	106
4.8. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO BETUFLEX Y EL MODIFICADO CON RESIDUOS DE (HDPE).....	107
4.8.1. Penetración (ASTM D-5).....	109
4.8.2. Punto de inflamación (ASTM D-92).....	110
4.8.3. Punto de ablandamiento (ASTM D-36)	111
4.8.4. Pérdida de masa (ASTM D-1754).....	112
4.8.5. Recuperación elástica (ASTM D-6084).....	113
4.9. ANÁLISIS DE COMPARACIÓN DE LA MEZCLAS ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y MEZCLA ASFÁLTICA MODIFICADA	114
4.9.1. Estabilidad.....	117
4.9.2. Densidad.....	117
4.9.3. Relación betumen vacíos.....	118

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. CONCLUSIONES	119
5.2. RECOMENDACIONES	121

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXOS A	GRANULOMETRÍA DEL RESIDUOS DE POLIETILENO
ANEXOS B	CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO 85-100
ANEXOS C	CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO CON ADICIÓN DEL POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD AL (0,5%, 1%, 2%, 4%)
ANEXOS D	PORCENTAJE ÓPTIMO (1%) DEL RESIDUO DE POLIETILENO (HDPE) PARA ADICIONAR AL CEMENTO ASFÁLTICO
ANEXOS E	CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS
ANEXOS F	DOSIFICACIÓN DEL DISEÑO DEL MÉTODO MARSHALL
ANEXOS G	REGISTRO FOTOGRÁFICO
ANEXOS H	FICHAS TÉCNICAS DE CEMENTO ASFÁLTICOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1: Variable dependiente y variable independiente.....	5
Tabla 2.1: Clasificación de los polímeros.....	17
Tabla 2.2: Ficha técnica de los tubos HDPE	21
Tabla 2.3: Ensayos para los agregados gruesos y finos.....	26
Tabla 2.4: Ensayos para los agregados gruesos y finos.....	27
Tabla 2.5: Requisito de calidad del material pétreo para carpetas asfálticas de granulometría densa.	28
Tabla 2.6: Requisito de granulometría del material pétreo para carpeta asfáltica de granulometría densa.....	28
Tabla 2.7: Ensayos de caracterización del cemento asfáltico.....	30
Tabla 2.8: Ensayos de caracterización del cemento asfáltico.....	31
Tabla 3.1: Cálculo de muestra estratificada.....	35
Tabla 3.2: Caracterización del cemento asfáltico.....	41
Tabla 3.3: Resultado del ensayo de penetración del cemento asfáltico.....	42
Tabla 3.4: Resultados del ensayo de viscosidad Saybolt Furol	43
Tabla 3.5: Resultados del ensayo de ductilidad.....	44
Tabla 3.6: Resultados del ensayo de punto de inflamación.....	45
Tabla 3.7: Resultados del ensayo de punto de ablandamiento	46
Tabla 3.8: Resultados del ensayo de peso específico	47
Tabla 3.9: Resultados del ensayo de pérdida de masa.....	48
Tabla 3.10: Granulometría del residuo de polietileno de alta densidad	49
Tabla 3.11: Ensayos de caracterización en varios porcentajes para encontrar el óptimo.....	50
Tabla 3.12: Resultados del cemento asfáltico con la adición de varios porcentajes de (HDPE)	51
Tabla 3.13: Resultados del ensayo de penetración al 0,5% de (HDPE).....	52
Tabla 3.14: Resultados del ensayo de penetración al 1% de (HDPE).....	52
Tabla 3.15: Resultados del ensayo de penetración al 2% de (HDPE).....	52
Tabla 3.16: Resultados del ensayo de penetración al 4% de (HDPE).....	53

Tabla 3.17:	Resultados del ensayo de viscosidad Saybolt Furol al 0,5% de (HDPE)...	53
Tabla 3.18:	Resultados del ensayo de viscosidad Saybolt Furol al 1% de (HDPE).....	53
Tabla 3.19:	Resultados del ensayo de viscosidad Saybolt Furol al 2% de (HDPE).....	53
Tabla 3.20:	Resultados del ensayo de viscosidad Saybolt Furol al 4% de (HDPE).....	54
Tabla 3.21:	Resultados del ensayo de ductilidad al 0,5% de (HDPE).....	54
Tabla 3.22:	Resultados del ensayo de ductilidad al 1% de (HDPE).....	54
Tabla 3.23:	Resultados del ensayo de ductilidad al 2% de (HDPE).....	54
Tabla 3.24:	Resultados del ensayo de ductilidad al 4% de (HDPE).....	55
Tabla 3.25:	Resultados del ensayo de punto de inflamación al 0,5% de (HDPE).....	55
Tabla 3.26:	Resultados del ensayo de punto de inflamación al 1% de (HDPE).....	55
Tabla 3.27:	Resultados del ensayo de punto de inflamación al 2% de (HDPE).....	55
Tabla 3.28:	Resultados del ensayo de punto de inflamación al 4% de (HDPE).....	56
Tabla 3.29:	Resultados del ensayo de punto de ablandamiento al 0,5% de (HDPE)	56
Tabla 3.30:	Resultados del ensayo de punto de ablandamiento al 1% de (HDPE)	56
Tabla 3.31:	Resultados del ensayo de punto de ablandamiento al 2% de (HDPE)	56
Tabla 3.32:	Resultados del ensayo de punto de ablandamiento al 4% de (HDPE)	57
Tabla 3.33:	Resultados del ensayo de pérdida de masa al 0,5% de (HDPE).....	57
Tabla 3.34:	Resultados del ensayo de pérdida de masa al 1% de (HDPE).....	57
Tabla 3.35:	Resultados del ensayo de pérdida de masa al 2% de (HDPE).....	57
Tabla 3.36:	Resultados del ensayo de pérdida de masa al 4% de (HDPE).....	58
Tabla 3.37:	Resultados del ensayo de recuperación elástica al 0,5% de (HDPE)	58
Tabla 3.38:	Resultados del ensayo de recuperación elástica al 1% de (HDPE).....	58
Tabla 3.39:	Resultados del ensayo de recuperación elástica al 2% de (HDPE).....	58
Tabla 3.40:	Resultados del ensayo de recuperación elástica al 4% de (HDPE).....	59
Tabla 3.41:	Resultados del ensayo de índice de penetración al 0,5% de (HDPE)	59
Tabla 3.42:	Resultados del ensayo de índice de penetración al 1% de (HDPE)	59
Tabla 3.43:	Resultados del ensayo de índice de penetración al 2% de (HDPE)	59
Tabla 3.44:	Resultados del ensayo de índice de penetración al 4% de (HDPE)	60
Tabla 3.45:	Granulometría del agregado grueso (grava).....	60
Tabla 3.46:	Granulometría agregado grueso (gravilla)	61
Tabla 3.47:	Granulometría agregado fino.....	62

Tabla 3.48: Granulometría del Filler	63
Tabla 3.49: Método analítico para la combinación de los agregados.....	64
Tabla 3.50: Diseño para la dosificación de la probeta.....	65
Tabla 3.51: Resumen del resultado de peso específico Grava, Gravilla, Arena y Filler	67
Tabla 3.52: Resultado del ensayo del desgaste de los Ángeles de la grava	68
Tabla 3.53: Resultado del ensayo del desgaste de los Ángeles de la gravilla	68
Tabla 3.54: Resultado del equivalente de arena	69
Tabla 3.55: Contenido mínimo del cemento asfáltico	70
Tabla 3.56: Dosificación de la mezcla asfáltica	70
Tabla 3.57: Contenido óptimo de cemento asfáltico	74
Tabla 3.58: Dosificación de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de C.A.	74
Tabla 3.59: Resultado de las 9 probetas de la mezcla asfáltica convencional.....	75
Tabla 3.60: Dosificación de la mezcla asfáltica con el contenido óptimo de C.A.	75
Tabla 3.61: Resultado de las 9 probetas de la mezcla asfáltica modificada.....	75
Tabla 4.1: Resultados de la caracterización del cemento asfáltico 85-100.....	76
Tabla 4.2: Resultados de la caracterización del cemento asfáltico modificado	76
Tabla 4.3: Resultados de los ensayos de penetración del cemento modificado del valor óptimo 1% seleccionado	78
Tabla 4.4: Resultado del ensayo de viscosidad Saybolt Furol del cemento modificado del valor óptimo 1% seleccionado	79
Tabla 4.5: Datos del ensayo de penetración al 1% de (HDPE)	80
Tabla 4.6: Cálculo de la frecuencia absoluta y relativa	80
Tabla 4.7: Resultados de los cálculos de medidas de tendencia central de los ensayos de penetración óptimo 1%	82
Tabla 4.8: Métodos para el cálculo de la probabilidad empírica.....	82
Tabla 4.9: Función de distribución acumulada normal	83
Tabla 4.10: Tabla de valor crítico del estadístico	84
Tabla 4.11: Cálculo de error medido de la media.....	85
Tabla 4.12: Cálculo del rango de confianza	85
Tabla 4.13: Prueba de hipótesis por el método T de Student	85

Tabla 4.14: Datos del ensayo de Viscosidad Saybolt Furol al 1% de (HDPE)	86
Tabla 4.15: Cálculo de la frecuencia absoluta y frecuencia relativa	87
Tabla 4.16: Resultados de los cálculos de las medidas de tendencia central de los ensayos de viscosidad Saybolt Furol al 1%.....	89
Tabla 4.17: Métodos para calcular la probabilidad empírica	89
Tabla 4.18: Función de distribución acumulada Normal	90
Tabla 4.19: Tabla del valor crítico estadístico.....	91
Tabla 4.20: Cálculo de error medido de la media.....	92
Tabla 4.21: Cálculo del rango de confianza	92
Tabla 4.22: Prueba de hipótesis por el método de T Student	92
Tabla 4.23: Guía técnica del cemento asfáltico modificado investigado	105
Tabla 4.24: Análisis de precios unitarios del cemento asfáltico modificado	106
Tabla 4.25: Guía técnica del cemento asfáltico modificado investigado	107
Tabla 4.26: Ficha técnica del cemento asfáltico Betuflex 60/85	108
Tabla 4.27: Datos de los ensayos de los cementos asfálticos	108
Tabla 4.28: Resultado de las 9 probetas de mezcla asfáltica convencional	114
Tabla 4.29: Resultados de las 9 probetas de mezcla asfáltica modificada con residuos de (HDPE).....	115

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1: Equipo viscosímetro	10
Figura 2.2: Ensayo de penetración.....	10
Figura 2.3: Ensayo de punto de ablandamiento	11
Figura 2.4: Ensayo de ductilidad	12
Figura 2.5: Equipo de punto de inflamación cuchara de Cleveland	14
Figura 2.6: Logotipo del polietileno de alta densidad.....	19
Figura 2.7: Composición química del polietileno	20
Figura 2.8: Tubería de polietileno de alta densidad.....	22
Figura 3.1: Ubicación de la planta de agregados y de asfalto La Pintada.....	38
Figura 3.2: Cemento asfáltico almacenado en la planta la pintada.....	39
Figura 3.3: Ficha técnica del cemento asfáltico 85-100 Multinsa	40
Figura 3.4: Medición de la penetración en el cemento asfáltico.....	42
Figura 3.5: Preparación del viscosímetro Saybolt Furol.....	43
Figura 3.6: Desarmado de las briquetas y colocado al ductilímetro	44
Figura 3.7: Registro de la temperatura del cemento asfáltico.....	45
Figura 3.8: Medición de la temperatura del ensayo de intervalos pequeños	46
Figura 3.9: Control de temperatura del ensayo de peso específico.....	47
Figura 3.10: Llenado de los platillos de película delgada con muestras de cemento asfáltico	48
Figura 3.11: Tamizado del residuo de polietileno de alta densidad.....	50
Figura 3.12: Pesado de muestras del residuo de polietileno en diferentes porcentajes.....	51
Figura 3.13: Ensayo de peso específico del agregado fino	66
Figura 3.14: Agregado grueso reposando 24 hrs para el ensayo de peso específico	66
Figura 3.15: Ensayo de peso específico del Filler	67
Figura 3.16: Ensayo del desgaste de los Ángeles	68
Figura 3.17: Ensayo de equivalente de la arena.....	69
Figura 3.18: Mezclado del agregado con el cemento asfáltico	72
Figura 3.19: Compactado de 25 golpes por cada capa.....	72

Figura 3.20: Extracción de la briqueta del molde	73
Figura 3.21: Reposo de las briquetas según su dosificación.....	73
Figura 4.1: Justificación de la elección del porcentaje de 1% de (HDPE).....	77
Figura 4.2: Determinación del histograma y polígono de frecuencia.....	81
Figura 4.3: Determinación de la curva de frecuencia acumulada.....	81
Figura 4.4: Área de rechazo de la hipótesis	86
Figura 4.5: Determinación del histograma y polígono de frecuencia.....	88
Figura 4.6: Determinación de la curva de frecuencia acumulada.....	88
Figura 4.7: Área de rechazo de la hipótesis	93
Figura 4.8: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de penetración.....	94
Figura 4.9: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de viscosidad Saybolt Furol.....	95
Figura 4.10: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de ductilidad	96
Figura 4.11: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de punto de inflamación	97
Figura 4.12: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de punto de ablandamiento	98
Figura 4.13: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de pérdida de masa	99
Figura 4.14: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de recuperación elástica.....	100
Figura 4.15: Comparación del cemento asfáltico de referencia con el modificado con el ensayo de índice penetración	101
Figura 4.16: Comparación de los datos de penetración	109
Figura 4.17: Comparación de los datos de punto de inflamación.....	110
Figura 4.18: Comparación de los datos de punto de ablandamiento	111
Figura 4.19: Comparación de los datos de pérdida de masa.....	112
Figura 4.20: Comparación de los datos de recuperación elástica	113

Figura 4.21: Gráficas de la mezcla asfáltica convencional con él % óptimo de cemento asfáltico	114
Figura 4.22: Gráficas de la mezcla asfáltica modificada con el porcentaje óptimo de cemento asfáltico	115
Figura 4.23: Comparación de los resultados de estabilidad.....	117
Figura 4.24: Comparación de los resultados de la densidad	117
Figura 4.25: Comparación de los resultados de RBV	118