

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CARBONATO DE CALCIO COMO
FILLER EN LAS PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS”**

Por:

ELMER RODRIGO OILO FLORES

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

SEMESTRE II - 2024

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL CARBONATO DE CALCIO COMO
FILLER EN LAS PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS”**

Por:

ELMER RODRIGO OILO FLORES

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

SEMESTRE II - 2024

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

A mis padres Juan Oilo Flores y Patricia Pascuala Flores Espinoza por su apoyo incondicional y demostrarme que en la vida todo es posible con voluntad y esfuerzo.

A mi querida abuela Albina Espinoza que me guía y cuida desde el cielo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	2
1.3 Diseño teórico	3
1.3.1 Planteamiento del problema.....	3
1.3.1.1 Situación problemática.....	3
1.3.1.2. Problema	3
1.3.2. Objetivos	4
1.3.2.1. Objetivo general.....	4
1.3.2.2. Objetivos específicos	4
1.3.3. Hipótesis.....	4
1.3.4. Definición de variables independientes y dependientes.....	4
1.3.4.1. Variables independientes	4
1.3.4.2. Variables dependientes.....	5
1.3.4.3 Conceptualización y operabilidad de variables.....	5
1.4. Diseño metodológico	6
1.4.1. Componentes.....	6
1.4.1.1. Unidad de estudio.....	6
1.4.1.2. Población.....	7
1.4.1.3. Muestra.....	7
1.4.1.4. Muestreo.....	7
1.4.2 Métodos y técnicas empleadas	7

1.4.2.1 Experimentales	7
1.4.3 Técnicas de muestreo	7
1.4.3.1. Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.4.4. Factibilidad de recursos y medios utilizados	9
1.4.5. Ensayos de laboratorio a realizarse	10
1.4.5.1. Caracterización de los agregados	10
1.4.5.2. Caracterización del asfalto	11
1.4.5.3. Ensayos a la mezcla asfáltica	11
1.5. Productos esperados con el procedimiento.	12
1.5.1 Resultados esperados	12
1.6. Alcance de la investigación.....	13

CAPÍTULO II

MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
2.1. Generalidades	14
2.1.1. Antecedentes de asfaltos	14
2.1.2. Definición de mezcla asfáltica	15
2.1.3. Clasificación de mezcla asfáltica	16
2.1.4. Propiedades mecánicas.....	18
2.1.5. Características y comportamiento de la mezcla asfáltica.....	21
2.1.5.1. Densidad.....	21
2.1.5.2. Porcentaje de vacíos de aire	22
2.1.5.3. Vacíos en el agregado mineral (V.A.M)	22
2.1.5.4. Contenido de asfalto.....	23
2.1.5.5. Relación betún – vacíos (R.B.V).....	24

2.2. Componentes de las mezclas asfálticas.....	25
2.2.1. Cemento asfáltico.....	25
2.2.1.1. Ensayos realizados al asfalto para determinar sus propiedades	26
2.2.1.2. Especificaciones de las propiedades del cemento asfáltico.	27
2.2.2. Agregados pétreos.....	29
2.2.2.1. Clasificación de los agregados pétreos	29
2.2.2.2. Propiedades de los agregados pétreos	29
2.2.2.3. Ensayos realizados a los agregados pétreos.....	30
2.2.2.4. Especificaciones que deben cumplir los agregados	32
2.3. Filler	33
2.3.1. Efecto del filler como componente de las mezclas asfálticas	33
2.3.2. Influencia del filler en las propiedades de las mezclas asfálticas	34
2.3.3. Carbonato de calcio como filler	35
2.3.3.1 Propiedades físicas del carbonato de calcio	35
2.3.3.2. Beneficios del carbonato de calcio en una mezcla asfáltica	36
2.3.4. Ensayos realizados al filler.....	37
2.3.5. Especificaciones del filler	37
2.4. Diseño de mezclas asfálticas por el método Marshall	37
2.4.1. Propósito del método Marshall	38
2.4.2. Descripción general.....	38
2.4.3. Especificaciones de la metodología	40
2.4.5. Ensayos realizados a las mezclas asfálticas compactadas.....	43
2.4.6. Lineamientos generales para ajustar las mezclas de prueba.	44
2.5. Marco referencial	46
2.6. Análisis del investigador	47

CAPÍTULO III

INFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN

	Página
3.1. Descripción de criterios.....	48
3.1.1. Criterio de selección de banco de materiales	48
3.1.2. Criterio del uso del carbonato de calcio como filler	48
3.1.3. Criterio de la variación del porcentaje de filler.....	48
3.1.4. Criterio del uso de cemento asfáltico	48
3.1.5. Criterio del uso del carbonato de calcio como filler	49
3.2. Levantamiento de la información.....	51
3.2.1. Ubicación de la fuente de los materiales a utilizarse	51
3.2.2. Ensayos realizados a los agregados.....	54
3.2.2.1. Ensayo de granulometría (AASHTO T-27; ASTM C-136).....	54
3.2.2.1.1 Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos	54
3.2.2.2 Ensayo de desgaste mediante la máquina de los ángeles (AASHTO T-96; ASTM C-131)	60
3.2.2.3 Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados gruesos (AASHTO T-85; ASTM C-127).....	64
3.2.2.4. Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados fino (AASHTO T-84; ASTM C-128).....	68
3.2.2.5. Ensayo de peso unitario agregados (AASHTO T-19; ASTM C-29)	71
3.2.2.6. Ensayo equivalente de arena (AASHTO T-176; ASTM D-2419).....	76
3.2.2.7. Ensayo porcentaje caras fracturadas (ASTM D-5821)	78
3.2.3. Ensayos Realizados al filler	81

3.2.3.1. Ensayo de peso específico del filler convencional y modificado (carbonato de calcio) (AASHTO T-100; ASTM D-854).....	81
3.2.4. Ensayos realizados al cemento asfáltico	86
3.2.4.1. Ensayo de penetración (AASHTO T-49-97; ASTM D-5).....	86
3.2.4.2. Ensayo de punto de inflamación mediante la copa de Cleveland (AASHTO T-79-96; ASTM D-1310-01).....	87
3.2.4.3. Ensayo peso específico del cemento asfáltico (AASHTO T-229-97; ASTM D-71-94).....	88
3.2.4.4. Ensayo punto de ablandamiento (AASHTO T-53-96; ASTM D-36)	90
3.2.4.5. Ensayo de ductilidad (AASHTO T-51-00; ASTM D-113).....	91
3.3. Resultados del levantamiento de información	93
3.3.1. Agregados pétreos.....	93
3.3.2. Cemento asfáltico.....	93

CAPÍTULO IV

DISEÑO MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
4.1. Ensayos para la elaboración de mezclas asfálticas.	95
4.1.1. Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall.....	95
4.1.2. Franja granulométrica para mezclas asfálticas.....	95
4.1.3. Porcentajes de filler aplicados a la investigación.....	96
4.1.4. Curva Granulométrica aplicada para el método Marshall.....	96
4.1.4.1. Combinación de tres agregados	96
4.1.5. Determinación del contenido de asfalto.	102
4.1.5.1. Cálculo del contenido mínimo de asfalto método instituto del asfalto	102
4.1.6. Dosificación con diferentes porcentajes de filler	103

4.1.7. Procedimiento para la fabricación de briquetas	104
4.2. Ensayos de control de resultados de las mezclas asfálticas (briquetas).....	108
4.2.1. Determinación de la densidad, % vacíos total	108
4.2.2. Determinación de la estabilidad y fluencia	111
4.3. Resultados obtenidos del ensayo Marshall para mezclas asfálticas con diferentes porcentajes de filler	114
4.4. Determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico	117
4.5. Ensayos realizados a mezclas asfálticas convencionales y modificadas con carbonato de calcio.....	124
4.5.1. Dosificación con el contenido óptimo de cemento asfáltico.....	124
4.5.2. Resultados método Marshall para cada porcentaje filler con su contenido óptimo de cemento asfáltico	125
4.6. Análisis de resultados del método Marshall	131
4.6.1. Densidad vs porcentaje de Filler	131
4.6.2. Estabilidad vs porcentaje de filler	132
4.6.3. Fluencia vs porcentaje de filler	133
4.6.4. % Vacíos de agregado mineral (V.A.M) vs porcentaje de filler	134
4.6.5. Relación betumen vacíos R.B.V (%) vs porcentaje de filler.....	135
4.6.6. % Vacíos vs porcentaje de filler.....	136
4.7. Determinación del contenido óptimo de carbonato de calcio	137
4.8. Análisis técnico de la mezcla asfáltica con carbonato de calcio como filler	140
4.9. Especificación técnica de mezclas asfáltica modificada con carbonato de calcio ..	142
4.9.1. Descripción	142
4.9.2. Materiales	142
4.9.3. Equipos y maquinaria.....	143
4.9.4. Ejecución.....	145

4.9.5. Medición	147
4.9.6. Pago.....	147
4.10. Análisis económico de la mezcla asfáltica convencional y modificada	148
4.10.1. Análisis del precio de producción de la mezcla asfáltica convencional	148
4.10.2. Análisis del precio de producción de la mezcla asfáltica modificada.....	151
4.10.3. Resultados del precio unitario de producción de las mezclas asfálticas	153

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones	154
5.2. Recomendaciones.....	157

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo I. Caracterización de los agregados.

Anexo II. caracterización del cemento asfáltico.

Anexo III. Diseño mezclas asfálticas método Marshall

Anexo IV. Cartas de Solicitud

Anexo V. Precio unitario cemento asfáltico PEN 85/100.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Operabilidad de variables independientes	5
Tabla 2: Operabilidad de variables dependientes.....	6
Tabla 3: Datos nivel confianza 95%	8
Tabla 4: Planilla de resultados muestreo estratificado por afijación proporcional.	9
Tabla 5: Productos esperados.....	12
Tabla 6: Historia del asfalto	15
Tabla 7: Clasificación de las mezclas asfálticas por su tipo de mezcla	17
Tabla 8: Causas y efectos de una poca durabilidad	20
Tabla 9: Causas y efectos de problemas en trabajabilidad.....	21
Tabla 10: Especificaciones de las propiedades del cemento asfáltico	28
Tabla 11: Serie de tamices utilizados para la granulometría.....	31
Tabla 12: Especificaciones que debe cumplir el agregado grueso.....	33
Tabla 13: Especificaciones que debe cumplir el agregado fino	33
Tabla 14: Granulometria que debe cumplir el filler de acuerdo con la norma ASTM	37
Tabla 15: Designación de la mezcla usando el tamaño máximo nominal de agregado ...	41
Tabla 16: Número de golpes en cada cara del espécimen de ensayo.....	42
Tabla 17: Requisitos para la mezcla asfáltica Marshall (AASHTO T-2459)	42
Tabla 18: Porcentajes mínimos de vacíos en el agregado mineral (V.A.M)	43
Tabla 19: Especificaciones técnicas del cemento asfáltico.....	49
Tabla 20: Ficha técnica carbonato de calcio CaCO_3	50
Tabla 21: Datos de las granulometrías de la Grava 3/4"	55
Tabla 22: Datos de las granulometrías de la Gravilla 3/8"	56
Tabla 23: Datos de las granulometrías de la arena.....	56
Tabla 24: Resultados granulometría promedio grava 3/4"	57
Tabla 25: Resultados granulometría promedio gravilla 3/8"	58
Tabla 26: Resultados granulometría promedio arena.....	59
Tabla 27: Datos del ensayo de desgaste de los ángeles para la grava 3/4"	61
Tabla 28: Datos del ensayo de desgaste de los ángeles para la gravilla 3/8"	63

Tabla 29: Datos del ensayo de peso específico agregado grueso grava 3/4"	65
Tabla 30: Resultados ensayo peso específico agregado grueso grava 3/4"	67
Tabla 31: Datos del ensayo de peso específico agregado grueso gravilla 3/8"	67
Tabla 32: Resultados ensayo peso específico agregado grueso gravilla 3/8"	68
Tabla 33: Datos obtenidos del ensayo peso específico agregado fino	69
Tabla 34: Resultados del ensayo de peso específico agregado fino.....	71
Tabla 35: Datos ensayo peso unitario suelto grava 3/4"	72
Tabla 36: Datos ensayo peso unitario compactado grava 3/4"	72
Tabla 37: Resultados ensayo peso unitario grava 3/4"	74
Tabla 38: Datos ensayo peso unitario suelto gravilla 3/8"	74
Tabla 39: Datos ensayo peso unitario compactado gravilla 3/8"	74
Tabla 40: Resultado ensayo peso unitario gravilla 3/8"	75
Tabla 41: Datos ensayo peso unitario suelto arena	75
Tabla 42: Datos ensayo peso unitario compactado arena	75
Tabla 43: Resultados ensayo peso unitario arena	76
Tabla 44: Datos ensayo equivalente arena	77
Tabla 45: Resultados ensayo equivalente arena.....	78
Tabla 46: Datos ensayo porcentaje caras fracturadas grava 3/4"	79
Tabla 47: Resultados ensayo porcentaje caras fracturadas grava 3/4"	80
Tabla 48: Resultados ensayo porcentaje caras fracturadas gravilla 3/8"	80
Tabla 49: Datos calibración frasco volumétrico	83
Tabla 50: Datos ensayo peso específico del filler convencional.....	84
Tabla 51: Resultados ensayo peso específico filler convencional	84
Tabla 52: Datos ensayo peso específico del filler modificado (CaCO ₃).....	85
Tabla 53: Resultados ensayo peso específico filler modificado	85
Tabla 54: Datos ensayo penetración cemento asfáltico	87
Tabla 55: Resultados ensayo punto de inflamación	88
Tabla 56: Datos ensayo peso específico cemento asfáltico	89
Tabla 57: Resultados ensayo peso específico cemento asfáltico	90
Tabla 58: Resultados ensayo punto de ablandamiento	91
Tabla 59: Resultados ensayo ductilidad cemento asfáltico.....	92

Tabla 60: Resultados de la caracterización de los agregados pétreos.....	93
Tabla 61: Resultados de los ensayos de caracterización del cemento asfáltico.....	94
Tabla 62: Resumen de la granulometría formada	96
Tabla 63: Porcentaje que pasa de los agregados grueso y fino	97
Tabla 64: Combinación de agregados resultante	98
Tabla 65: Distribución granulométrica para 2% filler	99
Tabla 66: Distribución granulométrica para 3% filler	100
Tabla 67: Distribución granulométrica para 5% filler	101
Tabla 68: Dosificación para 2% filler	103
Tabla 69: Dosificación para 3% filler	104
Tabla 70: Dosificación para 5% filler	104
Tabla 71: Resultados ensayo Marshall con 2% filler.....	114
Tabla 72: Resultados ensayo Marshall con 3% filler.....	115
Tabla 73: Resultados ensayo Marshall con 5% filler.....	116
Tabla 74: Resultado contenido optimo cemento asfáltico	123
Tabla 75: Dosificaciones para cada porcentaje de Filler con contenido óptimo de cemento asfáltico.....	124
Tabla 76: Resultado densidad y % Vacíos para el 1% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	125
Tabla 77: Resultado estabilidad y fluencia para el 1% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	125
Tabla 78: Resultado densidad y % Vacíos para el 2% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	126
Tabla 79: Resultado estabilidad y fluencia para el 2% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	126
Tabla 80: Resultado densidad y % Vacíos para el 3% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	127
Tabla 81: Resultado estabilidad y fluencia para el 3% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	127
Tabla 82: Resultado densidad y % Vacíos para el 4% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	128

Tabla 83: Resultado estabilidad y fluencia para el 4% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	128
Tabla 84: Resultado densidad y % Vacíos para el 5% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	129
Tabla 85: Resultado estabilidad y fluencia para el 5% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	129
Tabla 86: Resultado densidad y % Vacíos para el 6% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	130
Tabla 87: Resultado estabilidad y fluencia para el 6% de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	130
Tabla 88: Densidad vs porcentaje de filler.....	131
Tabla 89: Estabilidad vs porcentaje de filler.....	132
Tabla 90: Fluencia vs porcentaje de filler.....	133
Tabla 91: V.A.M vs porcentaje de filler.....	134
Tabla 92: Relación Betumen Vacíos vs porcentaje de filler.....	135
Tabla 93: % Vacíos vs porcentaje de filler.....	136
Tabla 94: Resultado contenido óptimo de carbonato de calcio como filler.....	137
Tabla 95: Dosificación final con el porcentaje óptimo de filler.....	140
Tabla 96: Resultado densidad y % Vacíos con el contenido óptimo de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	140
Tabla 97: Resultado estabilidad y fluencia con el contenido óptimo de filler y contenido óptimo de cemento asfáltico.....	141
Tabla 98: Resultados obtenido con el contenido óptimo de filler.....	141
Tabla 99: Composición mezcla convencional.....	148
Tabla 100: Dosificación para 1 m ³ mezcla asfáltica convencional.....	149
Tabla 101: Precio de producción para 1m ³ de mezcla asfáltica convencional.....	150
Tabla 102: Composición mezcla modificada.....	151
Tabla 103: Dosificación para 1 m ³ mezcla asfáltica modificada.....	151
Tabla 104: Precio de producción para 1m ³ de mezcla asfáltica modificada.....	152
Tabla 105: Costo de producción de las mezclas asfálticas convencional y modificada	153

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Diagrama de componentes de una mezcla asfáltica	24
Figura 2: Carbonato de calcio	35
Figura 3: Imagen satelital zona de muestreo.....	52
Figura 4: Recolección de agregados pétreos.....	52
Figura 5: Ubicación empresa QUIMICA BASSE S.A.	53
Figura 6: Proceso de tamizado	55
Figura 7: Maquina de desgaste de los ángeles y material ensayado	61
Figura 8: Lavado agregado grueso – grava 3/4" (desgaste de los ángeles).....	62
Figura 9: Extracción agregado grueso-gravilla 3/8" de maquina desgaste de los ángeles.....	63
Figura 10: Agregado utilizado para el ensayo peso específico	65
Figura 11: Ensayo peso específico agregado grueso.....	65
Figura 12: Peso específico agregado fino	69
Figura 13: Verificación de la humedad de la muestra.....	69
Figura 14: Peso unitario suelto agregado grueso	72
Figura 15: Ensayo equivalente de arena.....	77
Figura 16: Procedimiento ensayo equivalente de arena.....	77
Figura 17: Ensayo caras fracturadas agregado grueso grava 3/4"	78
Figura 18: Ensayo caras fracturadas agregado grueso gravilla 3/8"	80
Figura 19: Ensayo calibración frasco volumétrico.....	82
Figura 20: Realización ensayo peso específico filler convencional.....	84
Figura 21: Realización ensayo peso específico filler carbonato de calcio.....	85
Figura 22: Ensayo de penetración	87
Figura 23: Realización ensayo de punto de inflamación	88
Figura 24: Realización ensayo peso específico cemento asfáltico.....	89
Figura 25: Ensayo punto de ablandamiento	91
Figura 26: Ensayo ductilidad cemento asfáltico	92
Figura 27: Pesaje de agregado para elaboración de briquetas.....	105

Figura 28: Calentamiento del cemento asfáltico	105
Figura 29: Mezclado de materiales y control de temperatura	106
Figura 30: Preparacion del molde con la mezcla asfáltica	106
Figura 31: Compactado de la mezcla asfáltica.....	107
Figura 32: Extracción de la briqueta	107
Figura 33: Briquetas con distintos porcentajes de cemento asfáltico	108
Figura 34: Determinación peso seco briqueta.....	108
Figura 35: Determinación peso sumergido briqueta	109
Figura 36: Determinación peso superficialmente seco briqueta	109
Figura 37: Determinación de altura de la briqueta.....	111
Figura 38: Baño María a 60°C	112
Figura 39: Rotura de briquetas en el equipo Marshall	112
Figura 40: Briquetas después de la rotura.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1: Curva granulométrica grava 3/4"	58
Gráfica 2: Curva granulométrica gravilla 3/8"	59
Gráfica 3: Curva granulométrica arena	60
Gráfica 4: Curva de calibración del frasco volumétrico	83
Gráfica 5: Curva granulométrica para 2% filler.....	99
Gráfica 6: Curva granulométrica para 3% filler.....	100
Gráfica 7: Curva granulométrica para 5% filler.....	101
Gráfica 8: Curva densidad-cemento asfáltico (%) con 2% filler	117
Gráfica 9: Curva estabilidad-cemento asfáltico (%) con 2% filler	117
Gráfica 10: Curva fluencia-cemento asfáltico (%) con 2% filler.....	118
Gráfica 11: Curva V.A.M-cemento asfáltico (%) con 2% filler	118
Gráfica 12: Curva R.B.V-cemento asfáltico (%) con 2% filler	118
Gráfica 13: Curva % Vacíos-cemento asfáltico (%) con 2% filler	119
Gráfica 14: Curva densidad-cemento asfáltico (%) con 3% filler	119
Gráfica 15: Curva estabilidad-cemento asfáltico (%) con 3% filler	119
Gráfica 16: Curva fluencia-cemento asfáltico (%) con 3% filler.....	120
Gráfica 17: Curva V.A.M-cemento asfáltico (%) con 3% filler	120
Gráfica 18: Curva R.B.V-cemento asfáltico (%) con 3% filler	120
Gráfica 19: Curva % Vacíos-cemento asfáltico (%) con 3% filler	121
Gráfica 20: Curva densidad-cemento asfáltico (%) con 5% filler	121
Gráfica 21: Curva estabilidad-cemento asfáltico (%) con 5% filler	121
Gráfica 22: Curva fluencia-cemento asfáltico (%) con 5% filler.....	122
Gráfica 23: Curva V.A.M-cemento asfáltico (%) con 5% filler	122
Gráfica 24: Curva R.B.V-cemento asfáltico (%) con 5% filler	122
Gráfica 25: Curva % Vacíos-cemento asfáltico (%) con 5% filler	123
Gráfica 26: Densidad vs porcentaje de filler.....	131
Gráfica 27: Estabilidad vs porcentaje de filler	132
Gráfica 28: Fluencia vs porcentaje de filler	133

Gráfica 29: Vacíos de agregado mineral V.A.M (%) vs porcentaje de filler.....	134
Gráfica 30: R.B.V(%) vs porcentaje de filler.....	135
Gráfica 31: % Vacíos Mezcla total vs porcentaje de filler.....	136
Gráfica 32: Densidad en función al porcentaje óptimo de filler	138
Gráfica 33: Estabilidad en función al porcentaje óptimo de filler	138
Gráfica 34: Fluencia en función al porcentaje óptimo de filler	138
Gráfica 35: V.A.M en función al porcentaje óptimo de filler	139
Gráfica 36: R.B.V. en función al porcentaje óptimo de filler	139
Gráfica 37: Porcentaje de vacíos en función al porcentaje óptimo de filler	139
Gráfica 38: Comparación del costo de producción de las mezclas asfálticas	153