

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS
ASFÁLTICAS DISEÑADAS CON ASFALTOS MODIFICADOS
CON CERA DE SOYA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS ECOLÓGICAS”**

Por:

LELYS SILVIA ROMERO APARICIO

SEMESTRE I - 2019

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS
ASFÁLTICAS DISEÑADAS CON ASFALTOS MODIFICADOS
CON CERA DE SOYA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
CARRETERAS ECOLÓGICAS”**

Por:

LELYS SILVIA ROMERO APARICIO

Proyecto de Grado presentado 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

ADVERTENCIA

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

A mis padres María y Ermeregildo, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica como en la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

AGRADECIMIENTO:

*A mi Dios creador por iluminar mis pasos,
y agradezco sinceramente la
colaboración y el tiempo brindado por el
docente en la realización del presente
trabajo, el Ingeniero Marcelo Segovia.*

PENSAMIENTO

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como la oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein

ÍNDICE DE CONTENIDO

Advertencia

Dedicatoria

Agradecimiento

Pensamiento

Resumen

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Planteamiento del problema	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema	3
1.4. Objetivos de la investigación	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Definición de variables independientes y dependientes.....	5
1.6.1. Variable independiente	5
1.6.2. Variable dependiente	5
1.6.3. Operacionalización de variables	5
1.7. Diseño metodológico.....	6
1.7.1. Componentes.....	6
1.7.1.1. Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.7.2. Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.7.2.1. Método	7

1.7.2.2. Técnicas	8
1.7.2.3. Descripción de los instrumentos para la obtención de datos	12
1.7.2.4. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información	15
1.8. Alcance de la investigación.....	16

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

	Página
2.1. Mezcla asfáltica.....	17
2.1.1. Funcionalidad de las mezclas asfálticas.....	18
2.1.2. Propiedades de las mezclas asfálticas	19
2.1.3. Clasificación de las mezclas asfálticas	21
2.1.4. Diseño de las mezclas asfálticas	24
2.1.4.1. Metodología	24
2.1.4.2. Especificaciones de la metodología	25
2.1.4.3. Descripción del método Marshall	29
2.2. Las mezclas asfálticas tibias.....	34
2.2.1. Beneficios de la mezcla tibia	35
2.2.2. Estudio de las mezclas semicalientes en el laboratorio	39
2.2.3. Recomendaciones para utilizar mezclas semicalientes.....	39
2.2.4. Estado mundial y tendencias futuras.....	39
2.2.5. Métodos para producir mezclas tibias.....	40
2.3. Cera de soya	41
2.3.1. Proceso agroindustrial de la cera de soya	42
2.3.2. Usos de la cera de soya	43
2.3.3. Propiedades de la cera de soya.....	43
2.4. Carreteras ecológicas.....	43
2.4.1. Crean asfalto ecológico para la construcción de carreteras	45

CAPÍTULO III

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
3.1. Elección del tipo de mezcla y forma de trabajo	46
3.2. Materiales empleados en el estudio.....	46
3.3. Caracterización de los materiales usados en el estudio.....	48
3.3.1. Caracterización de agregados y filler.....	48
3.3.1.1. Granulometría (ASTM E 40 – AASHTO T27-99). A0506	49
3.3.1.2. Peso específico y absorción de los agregados.....	53
3.3.1.3. Desgaste mediante la máquina de Los Ángeles (ASTM E 131 AASHTO T96-99). A0511.....	54
3.3.1.4. Caras fracturadas de agregado grueso.....	55
3.3.1.5. Durabilidad de agregados mediante el método de sulfatos (ASTM E 88 AASHTO T104-99). A0516	56
3.3.1.6. Equivalente de arena	57
3.3.2. Caracterización del cemento asfáltico	59
3.3.3. Caracterización de la cera de soya	67
3.4. Diseño Marshall de las mezclas asfálticas	68
3.4.1. Mezcla convencional	69
3.4.2. Mezclas elaboradas con asfalto modificado	76
3.4.2.1. Mezclas asfálticas tibias elaboradas a 110°C.....	77
3.4.2.2. Mezclas asfálticas tibias elaboradas a 120°C.....	97
3.4.2.3. Mezclas asfálticas tibias elaboradas a 135°C.....	117
3.5. Comparación de los resultados obtenidos	137
3.5.1. Comparación de los resultados de los agregados utilizados	137
3.5.2. Comparación según la caracterización del cemento asfáltico convencional y el modificado	138
3.6. Análisis de resultados.....	145
3.6.1. Porcentaje óptimo de asfalto.....	145

3.6.2.	Porcentaje de vacíos totales de la mezcla	146
3.6.3.	Densidad de las mezclas de trabajo	147
3.6.4.	Vacíos en agregado mineral – VAM	147
3.6.5.	Relación betún vacíos – RBV	148
3.6.6.	Estabilidad Marshall	149
3.6.7.	Flujo de las mezclas de trabajo	150
3.6.8.	Análisis de costos.....	152

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página	
4.1.	Conclusiones	158
4.2.	Recomendaciones.....	161

Bibliografía

ANEXOS

ANEXO I IMÁGENES

ANEXO II PLANILLAS DE CÁLCULO

ANEXO III DOCUMENTOS DE RESPALDO

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1: Operacionalización de variables	5
Tabla 2: Datos nivel de confianza 95%.....	8
Tabla 3: Planilla de muestreo	9
Tabla 4: Plan de ensayos en general	10
Tabla 5: Clasificación de mezclas asfálticas	23
Tabla 6: Gradaciones propuestas para mezclas cerradas	26
Tabla 7: Criterios del Instituto de asfalto para diseño Marshall	27
Tabla 8: Porcentaje mínimo de VMA	28
Tabla 9: Requisitos en agregado grueso.....	30
Tabla 10: Requisitos en agregado grueso.....	30
Tabla 11: Propiedades de la cera de soya.....	43
Tabla 12: Caracterización de los agregados	48
Tabla 13: Granulometría – agregado grueso.....	50
Tabla 14: Granulometría – agregado fino (arena).....	51
Tabla 15: Granulometría – filler cemento.....	52
Tabla 16: Peso específico del agregado grueso.....	53
Tabla 17: Peso específico del agregado fino (arena)	54
Tabla 18: Grados de ensaye (Definidos por sus rangos de tamaño, en mm)	55
Tabla 19: Desgaste de Los Ángeles – agregado grueso	55
Tabla 20: Caras fracturadas – agregado grueso	56

Tabla 21: Durabilidad mediante método de sulfatos – grava.....	57
Tabla 22: Durabilidad mediante método de sulfatos – arena.....	57
Tabla 23: Equivalente de arena.....	58
Tabla 24: Resumen de resultados obtenidos de la caracterización de los agregados..	58
Tabla 25: Viscosidad según la temperatura y porcentaje de cera	60
Tabla 26: Caracterización del cemento asfáltico	61
Tabla 27: Caracterización del cemento asfáltico 85/100	62
Tabla 28: Caracterización del cemento asfáltico modificado	63
Tabla 29: Caracterización del cemento asfáltico modificado	64
Tabla 30: Caracterización del cemento asfáltico modificado	65
Tabla 31: Caracterización del cemento asfáltico modificado	66
Tabla 32: Resumen de los resultados obtenidos de la caracterización del cemento asfáltico convencional y modificado con cera de soya.....	67
Tabla 33: Caracterización de la cera de soya	68
Tabla 34: Caracterización de la cera de soya	68
Tabla 35: Granulometría mezcla convencional.....	70
Tabla 36: Materiales para el diseño Marshall	71
Tabla 37: Resultados obtenidos del ensayo Marshall – mezcla convencional.....	72
Tabla 38: Valores obtenido de gráficos para el diseño Marshall - mezcla convencional.....	76
Tabla 39: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla convencional.....	76
Tabla 40: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 1% de cera de soya.....	77

Tabla 41: Valores obtenido de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	81
Tabla 42: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	81
Tabla 43: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 2% de cera de soya.....	82
Tabla 44: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	86
Tabla 45: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	86
Tabla 46: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 3% de cera de soya.....	87
Tabla 47: Valores obtenido de gráficos para el diseño Marshall – mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	91
Tabla 48: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con cemento modificado 3% de cera de soya.....	91
Tabla 49: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 4% de cera de soya.....	92
Tabla 50: Valores obtenido de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	96
Tabla 51: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	96
Tabla 52: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 1% de cera de soya.....	97
Tabla 53: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	101

Tabla 54: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	101
Tabla 55: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 2% de cera de soya.....	102
Tabla 56: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	106
Tabla 57: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	106
Tabla 58: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 3% de cera de soya.....	107
Tabla 59: Valores obtenido de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	111
Tabla 60: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	111
Tabla 61: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 4% de cera de soya.....	112
Tabla 62: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	116
Tabla 63: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	116
Tabla 64: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 1% de cera de soya.....	117
Tabla 65: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	121
Tabla 66: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	121

Tabla 67: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 2% de cera de soya.....	122
Tabla 68: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	126
Tabla 69: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	126
Tabla 70: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 3% de cera de soya.....	127
Tabla 71: Valores obtenido de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	131
Tabla 72: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	131
Tabla 73: Resumen de propiedades de la mezcla con asfalto modificado con 4% de cera de soya.....	132
Tabla 74: Valores obtenidos de gráficos para el diseño Marshall - mezcla con cemento modificado 4% de cera de soya.....	136
Tabla 75: Valores con porcentaje óptimo de cemento asfáltico para el diseño Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	136
Tabla 76: Comparación de las características de los agregados	137
Tabla 77: Peso específico de los tipos de asfaltos.....	139
Tabla 78: Punto de inflamación de los tipos de asfalto.....	139
Tabla 79: Ductilidad de los diferentes tipos de asfalto	140
Tabla 80: Penetración de los diferentes tipos de asfalto	141
Tabla 81: Viscosidad de los diferentes tipos de asfalto	142
Tabla 82: Punto de ablandamiento de los diferentes asfaltos	143

Tabla 83: Resumen de resultado de caracterización del asfalto.....	144
Tabla 84: Resumen de resultado de las propiedades (110°C).....	151
Tabla 85: Resumen de resultado de las propiedades (120°C).....	151
Tabla 86: Resumen de resultado de las propiedades (135°C).....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Curva granulométrica – agregado grueso.....	50
Figura 2: Curva granulométrica – agregado fino (arena).....	51
Figura 3: Granulometría – filler cemento.....	52
Figura 4: Temperatura – Viscosidad.....	60
Figura 5: Viscosidad - % cera de soya.....	60
Figura 6: Curva granulométrica – mezcla convencional.....	71
Figura 7: Curva densidad Marshall – mezcla convencional	73
Figura 8: Curva estabilidad Marshall – mezcla convencional	73
Figura 9: Vacíos de la mezcla – mezcla convencional	74
Figura 10: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla convencional	74
Figura 11: Relación betún vacíos – mezcla convencional	75
Figura 12: Curva de fluencia – mezcla convencional	75
Figura 13: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	78
Figura 14: Estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	78
Figura 15: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	79
Figura 16: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	79
Figura 17: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	80

Figura 18: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya..	80
Figura 19: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	83
Figura 20: Curva de estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	83
Figura 21: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	84
Figura 22: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	84
Figura 23: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	85
Figura 24: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	85
Figura 25: Densidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	88
Figura 26: Estabilidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	88
Figura 27: Vacíos de la mezcla - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	89
Figura 28: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	89
Figura 29: Relación betún y vacíos - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	90
Figura 30: Curva de fluencia - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya...	90
Figura 31: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	93

Figura 32: Estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	93
Figura 33: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	94
Figura 34: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 4 % de cera de soya.....	94
Figura 35: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	95
Figura 36: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya ..	95
Figura 37: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	98
Figura 38: Estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	98
Figura 39: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	99
Figura 40: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	99
Figura 41: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	100
Figura 42: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya	100
Figura 43: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	103
Figura 44: Curva de estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	103
Figura 45: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	104

Figura 46: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soja.....	104
Figura 47: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soja.....	105
Figura 48: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soja.....	105
Figura 49: Densidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soja.....	108
Figura 50: Estabilidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soja.....	108
Figura 51: Vacíos de la mezcla - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soja.....	109
Figura 52: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soja.....	109
Figura 53: Relación betún y vacíos - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soja.....	110
Figura 54: Curva de fluencia - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soja.....	110
Figura 55: Densidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soja.....	113
Figura 56: Estabilidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soja.....	113
Figura 57: Vacíos de la mezcla - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soja.....	114
Figura 58: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soja.....	114

Figura 59: Relación betún y vacíos - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	115
Figura 60: Curva de fluencia - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.	115
Figura 61: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	118
Figura 62: Estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	118
Figura 63: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	119
Figura 64: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	119
Figura 65: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	120
Figura 66: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 1% de cera de soya.....	120
Figura 67: Densidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	123
Figura 68: Curva de estabilidad Marshall – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	123
Figura 69: Vacíos de la mezcla – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	124
Figura 70: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	124
Figura 71: Relación betún vacíos – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	125

Figura 72: Curva de fluencia – mezcla con asfalto modificado 2% de cera de soya.....	125
Figura 73: Densidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	128
Figura 74: Estabilidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	128
Figura 75: Vacíos de la mezcla - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	129
Figura 76: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	129
Figura 77: Relación betún y vacíos - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	130
Figura 78: Curva de fluencia - mezcla con asfalto modificado 3% de cera de soya.....	130
Figura 79: Densidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	133
Figura 80: Estabilidad Marshall - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	133
Figura 81: Vacíos de la mezcla - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	134
Figura 82: Porcentaje de vacíos en el agregado mineral - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	134
Figura 83: Relación betún y vacíos - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	135
Figura 84: Curva de fluencia - mezcla con asfalto modificado 4% de cera de soya.....	135

Figura 85: Peso específico – tipo de asfalto.....	139
Figura 86: Punto de inflamación – Tipo de cemento asfáltico.....	140
Figura 87: Ductilidad – Tipos de asfalto.....	141
Figura 88: Penetración – Tipos de asfalto.....	142
Figura 89: Viscosidad – Tipos de asfalto.....	143
Figura 90: Punto de ablandamiento – Tipos de asfalto.....	144
Figura 91: Comparación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico	145
Figura 92: Comparación de vacíos totales para las mezclas de trabajo con porcentaje de asfalto óptimo.....	146
Figura 93: Comparación de densidad para las mezclas de trabajo con porcentaje de asfalto óptimo.....	147
Figura 94: Comparación de vacíos en agregado mineral para las mezclas de trabajo con porcentaje de asfalto óptimo.....	148
Figura 95: Comparación de relación betún vacíos para las mezclas de trabajo con porcentaje de asfalto óptimo.....	148
Figura 96: Comparación de estabilidad para las mezclas de trabajo con porcentaje de asfalto óptimo.....	149
Figura 97: Comparación de flujo para las mezclas asfálticas de trabajo con porcentaje de asfalto óptimo.....	150

ÍNDICE DE IMÁGENES

	Página
Imagen 1: Puesta en obra de la mezcla asfáltica	17
Imagen 2: Clasificación de mezclas asfálticas por rango de temperaturas.	22
Imagen 3: Diseño de las briquetas según método Marshall	32
Imagen 4: Prueba de comparación de MAC y MAT	35
Imagen 5: Reducción de emisiones en la producción de mezcla en planta	36
Imagen 6: Reducción de la viscosidad utilizando aditivos orgánicos.....	37
Imagen 7: Reducción de las temperaturas de colocación y compactación	38
Imagen 8: Fruto de soya.....	42
Imagen 9: Proceso agroindustrial de la cera de soya	42
Imagen 10: Carreteras ecológicas	44
Imagen 11: Ubicación, Secretaría de Obras y Servicios Públicos – Alcaldía Municipal de Tarija.....	47
Imagen 12: Cera de soya	47