

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



**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
CONVENCIONALES Y MODIFICADAS EN RELACIÓN A SU
COMPORTAMIENTO A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS”**

POR:

QUISPE RODRIGUEZ ERIKA VIVIAN

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

SEMESTRE 1-2021

TARIJA-BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS
CONVENCIONALES Y MODIFICADAS EN RELACIÓN A SU
COMPORTAMIENTO A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS”**

Por:

QUISPE RODRIGUEZ ERIKA VIVIAN

SEMESTRE I-2021

TARIJA – BOLIVIA

.....
M.Sc.Ing. Aurelio Jose Navia Ojeda

DECANO a.i

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGIA**

.....
M.Sc.Ing.Deysi Beatriz Arancibia Marquez

VICEDECANA a.i.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGIA**

TRIBUNAL:

.....
M.Sc.Ing.Marcelo Segovia Cortez

.....
M.Sc.Ing.Weimar A. Mejía Mogrovejo

.....
M.Sc. Ing.Eusebio Ortega Alvarado

ADVERTENCIA

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

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres y hermanas por motivarme siempre y darme las fuerzas para cumplir mis objetivos.

AGRADECIMIENTOS

A dios por darme la vida y permitir que llegue a cumplir este anhelado objetivo.

A mis padres David Quispe y Margarita Rodríguez y hermanos por el amor que me brindaron sus sacrificios y su amistad.

A la universidad Autónoma Juan Misael Saracho por acogerme en todo este tiempo de formación académica.

A todos mis docentes que cariñosa y desinteresadamente me impartieron todos sus conocimientos.

PENSAMIENTO

El que tiene fe en sí mismo no necesita
que los demás crean en el (Miguel de
Unamuno)

ÍNDICE

CAPÍTULO I

DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

	Pág.
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 SITUACIÓN PROBLÉMICA.....	2
1.2.1 Problema.....	2
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA INVESTIGACIÓN....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	4
1.6 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	4
1.6.1 Hipótesis.....	4
1.7 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	4
1.7.1 Variables independientes:.....	4
1.7.2 Variables dependientes:.....	5
1.8 IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	6
1.9 UNIDADES DE ESTUDIO Y DECISIÓN MUESTRAL.....	6
1.9.1 Unidad de estudio.....	6
1.9.2 Población.....	7
1.9.3 Muestra.....	7
1.9.4 Selección de las técnicas de muestreo.....	7
1.9.5 Justificación de factibilidad: recursos, insumos y medios utilizables.....	7
1.10 MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS.....	8

1.10.1	Método inductivo	8
1.10.2	Técnica experimental	8
1.11	ALCANCE	9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

	Pág.	
2.1	EL ASFALTO	11
2.2	EL POLÍMERO	13
2.3	ADHESIVIDAD A LOS ÁRIDOS	13
2.4	REOLOGÍA DEL ASFÁLTO	14
2.5	MEZCLAS ASFÁLTICAS	14
2.6	DISEÑO DE UNA MEZCLA ASFÁLTICA	15
2.7	COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	15
2.8	MEZCLAS MODIFICADAS	18
2.9	ASFALTOS MODIFICADOS CON POLÍMEROS	19
2.10	TIPOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	20
2.11	DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS MÉTODO MARSHALL	20
2.12	ENSAYO TENSION INDIRECTA	21
2.13	EFEECTO DEL AGUA EN LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	22
2.13.1	El clima	23
2.14	MARCO REFERENCIAL	23
2.15	MARCO CONCEPTUAL	24
2.15.1	Agregado grueso	24
2.15.2	Agregado fino	24
2.15.3	Cemento asfáltico	24

2.15.4	Propiedades	24
2.15.5	Fluencia	24
2.15.6	Estabilidad	24
2.15.7	Resistencia a la Tensión Indirecta AASTHO T 283	25
2.16	MARCO NORMATIVO	25

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

	Pág.	
3.1	CRITERIOS A UTILIZARSE.....	27
3.1.1	Criterio de selección de banco de materiales	27
3.1.2	Criterios de los ciclos de saturación de las muestras	28
3.1.3	Criterios de selección de asfalto	28
3.1.4	Criterio para el número de ensayos a realizarse	29
3.2	MUESTRA	31
3.3	MUESTREO	31
3.4	LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	31
3.4.1	Cemento asfáltico	31
3.4.2	Ensayo de los agregados	33
3.4.3	Ensayo de granulometría (AASHTO T-27) (ASTM C-136)	33
3.4.4	Ensayo de desgaste por medio de la Máquina de los Ángeles	35
	(AASHTO T-96) (ASTM C-131).	
3.4.5	Ensayo de durabilidad por el método de los sulfatos para determinar	41
	la desintegración (AASHTO T-104) (ASTM C-88).	
3.4.6	Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados	44
	gruesos (AASHTO T-85) (ASTM C-127).	

3.4.7	Ensayo de peso específico y absorción de agua del agregado fino (AASHTO T-84) (ASTM C-128).	49
3.4.8	Ensayo de equivalente de arena (AASHTO T-176) (ASTM D-2419)	54
3.4.9	Ensayo de porcentaje de caras fracturadas (ASTM D-5821-95)	59
3.4.10	Ensayo determinación de partículas laminares, chatas y alargadas (ASTM-4791).	60
3.4.11	Ensayo de viscosidad Saybolt-Furol (AASHTO T-84) (ASTM E-102)	62
3.4.12	Ensayo de penetración (AASHTO T49-97) (ASTM D-5)	66
3.4.13	Ensayo punto de inflamación (AASHTO T-48) (ASTM D-92)	68
3.4.14	Ensayo peso específico del asfalto AASHTO T-43 (ASTM D-70)	70
3.4.15	Ensayo punto de ablandamiento AASHTO T-53 (ASTM D-36)	72
3.4.16	Ensayo de ductilidad (ASTM D 113 AASHTO T 51-00)	73

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Pág.
4.1	RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN..... 76
4.1.1	Agregados pétreos 76
4.1.2	Cemento asfáltico 77
4.2	DOSIFICACIÓN DE MATERIALES PÉTREOS 78
4.3	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL 85-100. 80
4.3.1	Diseño de la mezcla asfáltica por el método Marshall (ASTM D-159) 80
4.4	ENSAYO DE VISCOSIDAD VS TEMPERATURA PARA LA ELABORACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CONVENCIONALES. 86
4.5	DESARROLLO DE LA ELABORACIÓN DE LAS BRIQUETAS 87
4.6	ENSAYO DE MARSHALL 90

4.7	PROCESO DE CÁLCULO DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE.....	92
	LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL 85-100.	
4.7.1	Briquetas.....	92
4.7.2	Altura de las briquetas.....	92
4.7.3	Base de mezcla y agregado.....	93
4.7.4	Peso de briqueta en el aire.....	93
4.7.5	Peso de briqueta en el aire saturado superficialmente seco (S.S.S.)	94
4.7.6	Peso de briqueta sumergida en el agua.....	94
4.7.7	Volumen de la briqueta.....	94
4.7.8	Densidad de la briqueta.....	95
4.7.9	Densidad real de la briqueta.....	95
4.7.10	Densidad máxima teórica de la briqueta.....	95
4.7.11	Porcentaje de vacíos.....	95
4.7.12	Porcentaje de vacíos de la mezcla (Vv).....	95
4.7.13	Porcentaje de vacíos de los agregados (VAM).....	95
4.7.14	Porcentaje de vacíos llenos de asfalto (RBV).....	96
4.7.15	Estabilidad y fluencia.....	96
4.8	RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA	99
	ASFÁLTICA CONVENCIONAL 85-100.	
4.9	RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA MEZCLA	105
	ASFÁLTICA MODIFICADA BETUFLEX 60-85.	
4.10	PREPARACIÓN DE BRIQUETAS CON EL PORCENTAJE ÓPTIMO	110
4.11	DESARROLLO DEL TENSIÓN INDIRECTA AASTHO T-283.....	118
4.11.1	Identificación de las briquetas.....	120
4.11.2	Resistencia a Tensión Indirecta.....	121
4.11.3	Cálculo del índice de resistencia conservada	124

4.12	RESULTADOS DEL DISEÑO DEL ENSAYO A TENSION INDIRECTA.	125
4.13	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL Y MODIFICADA EN COSTO.	127
4.14	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICO-RESISTENTES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS CONVENCIONALES Y MODIFICADA EN RELACIÓN A SU COMPORTAMIENTO A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS.	132
4.15	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS DEL ENSAYO MARSHALL.	133
4.16	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL Y MODIFICADO EN RELACIÓN A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS.	135
4.17	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS DEL ENSAYO A TENSION INDIRECTA.	137
4.18	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA ESTABILIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO CONVENCIONAL Y MODIFICADO EN RELACIÓN A DIFERENTES HUMEDADES Y TEMPERATURAS.	139
4.19	RESULTADOS DE LAS VARIABLES	141
4.19.1	Variable independiente	141
4.19.2	Variable dependiente	141
4.19.3	Resultados de la variable independiente y dependiente	142
4.20	VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS	145

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1	CONCLUSIONES 146

5.2	RECOMENDACIONES.....	147
-----	----------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA

- Anexo A Planilla de caracterización de los agregados
- Anexo B Planilla de caracterización de
- Anexo C Planillas de dosificación
- Anexo D Planillas Marshall
- Anexo E Evaluación de daño por humedad y temperatura
- Anexo F Ensayos a tensión indirecta
- Anexo G Especificaciones técnicas
- Anexo H Planillas de costos

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1. Representación de los volúmenes en una briqueta compactada de mezcla asfáltica.	17
Figura N° 2. (a) Configuración de carga y (b) rotura del ensayo de tracción indirecta.	22
Figura N° 3. Ubicación de la comunidad de San Mateo.	27
Figura N° 4. Ubicación de la Chancadora Garzón.	28
Figura N° 5. Tamizando la muestra por los tamices 3/4", 1/2" y 3/8".	36
Figura N° 6. Vaciado en una bandeja la muestra hasta obtener un peso retenido de 2500 gr.	36
Figura N° 7. En una bandeja 2500 gr de peso retenido del tamiz 1/2" y en la otra de 3/8".	37
Figura N° 8. Máquina de los ángeles donde introducimos las muestras de las 2 bandejas.	37
Figura N° 9. Una vez terminado las 500 revoluciones, hacemos girar la máquina para que salga la muestra desgastada.	38
Figura N° 10. Muestra en la bandeja de la máquina de los ángeles.	38
Figura N° 11. Tamizando la muestra en el tamiz N°12.	38
Figura N° 12. Lavando la muestra para luego meter al horno.	39
Figura N° 13. Colocando las muestras en los recipientes para posteriormente colocar el sulfato de sodio.	41
Figura N° 14. Secado la muestra saturada.	44
Figura N° 15. Introduciendo la muestra al canastillo para luego obtener el peso de la muestra saturada con superficie seca.	45
Figura N° 16. Introduciendo el canastillo con la muestra en agua.	45
Figura N° 17. Equilibrando la balanza con las pesas para obtener el peso sumergido.	46

Figura N° 18. Vaciando la muestra saturada en una bandeja para luego meter al horno.	46
Figura N° 19. Obtención del peso seco de la muestra.	47
Figura N° 20. Muestra saturada y puesta en una bandeja grande.	50
Figura N° 21. Secando la muestra de arena con secadora.	50
Figura N° 22. Introduciendo la muestra en el cono en 3 capas con 25 golpes y enrasando.	50
Figura N° 23. Obteniendo el peso de la muestra, vaciando la muestra en el matraz.	51
Figura N° 24. Llenando de agua el matraz con la muestra.	51
Figura N° 25. Agitando el matraz y vaciando en un plato toda la muestra.	52
Figura N° 26. La muestra en el plato listo para meter al horno y pesarla posteriormente.	52
Figura N° 27. Obtención del peso seco de la muestra.	52
Figura N° 28. Probetas y materiales para el ensayo.	55
Figura N° 29. Mediante un embudo vierto la muestra de arena en las probetas hasta el límite que indica la probeta.	55
Figura N° 30. Las probetas con el defloculante.	55
Figura N° 31. Agitando la probeta con el defloculante.	56
Figura N° 32. Las tres probetas después de la mezcla.	56
Figura N° 33. Llenamos con agua las 3 probetas hasta el límite superior.	56
Figura N° 34. Mezclando toda la muestra con agua y el defloculante.	57
Figura N° 35. Introduciendo el pisón para compactar.	57
Figura N° 36. Verificando como quedo después del apisonamiento.	58
Figura N° 37. Separando las muestras para la realizar el ensayo.	59
Figura N° 38. Equipo de viscosidad saybolt-furol.	62
Figura N° 39. Controlando con el termómetro que la temperatura llegue a 50°C.	63
Figura N° 40. Los corchos puestos en el tubo de viscosidad.	63

Figura N° 41. Poniendo los 2 frascos recibidor.....	64
Figura N° 42. El cemento asfáltico en el tubo de viscosidad.....	64
Figura N° 43. Se retiró el tapón de corcho y se controla el tiempo hasta que llegue a .. la marca de aforo.	65
Figura N° 44. Equipo de penetración.....	66
Figura N° 45. Muestras del residuo.....	67
Figura N° 46. Baño de agua a 25°C.....	67
Figura N° 47. Punto de inflamación en proceso de ejecución.....	69
Figura N° 48. Soporte de anillos.....	73
Figura N° 49. Armado de los moldes y colocado de glicerina con maicena.....	73
Figura N° 50. Colocar el cemento asfáltico en los moldes dejando por 30 minutos..... secando.	74
Figura N° 51. Enrasar y posteriormente dejarlo en el agua por 30 minutos.....	74
Figura N° 52. Encender el equipo y ver cuánto es la marcación en la regla cuando caiga al estirarse el ligante del cemento asfáltico.	75
Figura N° 53. Se realiza el pesaje de los agregados para la muestra a ensayar.....	88
Figura N° 54. Se realiza el mezclado homogéneo de la muestra.....	89
Figura N° 55. Calentamiento de los moldes para realizar el ensayo.....	89
Figura N° 56. Preparación de los moldes para el compactado.....	90
Figura N° 57. Extracción de la briqueta mediante un gato hidráulico.....	90
Figura N° 58. Midiendo las alturas de las briquetas con un vernier.....	91
Figura N° 59. Determinando el peso de las briquetas.....	92
Figura N° 60. Ensayo Marshall de estabilidad y fluencia.....	92
Figura N° 61. Porcentaje de asfalto vs densidad de la Briqueta.....	101
Figura N° 62. Porcentaje de asfalto vs vacíos de la mezcla (Vv).....	101
Figura N° 63. Porcentaje de asfalto vs R.B.V.....	102

Figura N° 64. Porcentaje de asfalto vs V.A.M.....	102
Figura N° 65. Porcentaje de asfalto vs estabilidad.....	103
Figura N° 66. Porcentaje de asfalto vs fluencia.....	103
Figura N° 67. Porcentaje de asfalto vs densidad de la Briqueta.....	107
Figura N° 68. Porcentaje de asfalto vs vacíos de la mezcla (Vv).....	108
Figura N° 69. Porcentaje de asfalto vs R.B.V.....	108
Figura N° 70. Porcentaje de asfalto vs V.A.M.....	109
Figura N° 71. Porcentaje de asfalto vs estabilidad.....	109
Figura N° 72. Porcentaje de asfalto vs fluencia.....	110
Figura N° 73. Equipos para realizar el ensayo.....	120
Figura N° 74. Ruptura de la briqueta.....	121

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico N° 1. Curva granulométrica del agregado.....	35
Gráfico N° 2. Granulometría combinada y faja de trabajo.	79
Gráfico N° 3. Gráfica del ensayo de viscosidad vs temperatura.....	86
Gráfico N° 4. Comparación de costo de una mezcla asfáltica convencional 85-100.... y una mezcla asfáltica modificada BETUFLEX 60-85.	132
Gráfico N° 5. Tiempo vs estabilidad CA 85-100.....	134
Gráfico N° 6. Tiempo vs estabilidad CA BETUFLEX 60-85	135
Gráfico N° 7. Comparación de la estabilidad.....	136
Gráfico N° 8. Tiempo vs resistencia compresión CA 85-100.....	138
Gráfico N° 9. Tiempo vs resistencia compresión CA BETUFLEX 60-85.	139
Gráfico N°10. Comparación de la resistencia a compresión.....	140

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Operacionalización de variables	5
Tabla N° 2. Normas aplicadas para los agregados, cemento asfáltico y de ensayos.	26
Tabla N° 3. Variaciones del porcentaje de cemento asfáltico para obtener el porcentaje óptimo.	29
Tabla N° 4. Total de briquetas fabricadas para la evaluación del daño por humedad. ...	30
Tabla N° 5. Especificación técnica del cemento asfáltico convencional 85-100.....	32
Tabla N° 6. Especificación técnica del cemento asfáltico modificado 40-70.....	33
Tabla N° 7. Planilla de resultados de las granulometrías de la grava, gravilla y arena . del ensayo 1.	34
Tabla N° 8. Tabla de los agregados gruesos y el N° de esferas para el desgaste de los ángeles.	39
Tabla N° 9. Datos del ensayo de desgaste para la grava 3/8".....	40
Tabla N° 10. Datos del ensayo de desgaste para la gravilla 3/4".....	40
Tabla N° 11. Datos del ensayo de durabilidad para el agregado grueso.....	42
Tabla N° 12. Resultados del ensayo de durabilidad para agregado grueso.....	43
Tabla N° 13. Datos del ensayo de durabilidad para agregado fino.....	43
Tabla N° 14. Resultados del ensayo de durabilidad para agregado fino.....	43
Tabla N° 15. Datos del ensayo de peso específico de la grava 3/4".....	47
Tabla N° 16. Resultados del ensayo de peso de la grava 3/4".....	48
Tabla N° 17. Datos del ensayo se realiza para la gravilla de 3/4".....	49
Tabla N° 18. Resultados del ensayo de peso específico de la gravilla 3/4".....	49
Tabla N° 19. Datos del ensayo peso específico del agregado fino.....	53
Tabla N° 20. Resultados del ensayo de peso específico para agregado fino.	54
Tabla N° 21. Datos del ensayo de equivalente de arena.....	58

Tabla N° 22. Resultados del ensayo equivalente de arena	59
Tabla N° 23. Datos de ensayo de caras fracturadas.	59
Tabla N° 24. Resultados del ensayo de caras fracturadas	60
Tabla N° 25. Datos del ensayo partículas laminares	60
Tabla N° 26. Resultados del ensayo	61
Tabla N° 27. Datos del ensayo chatas alargadas.	61
Tabla N° 28. Resultados del ensayo chatas y alargadas	61
Tabla N° 29. Datos del ensayo de viscosidad del cemento asfáltico convencional	65
85-100.	
Tabla N° 30. Datos del ensayo de penetración del cemento asfáltico 85-100.....	68
Tabla N° 31. Datos del ensayo de penetración del cemento asfáltico BETUFLEX	68
60-85.	
Tabla N° 32. Datos del ensayo de punto de inflamación-cemento asfáltico 85-100.	69
Tabla N° 33. Datos del ensayo de punto de inflamación-cemento asfáltico.....	70
BETUFLEX 60-85.	
Tabla N° 34. Datos del ensayo de peso específico cemento asfáltico 85-100.	70
Tabla N° 35. Datos del ensayo de peso específico cemento asfáltico BETUFLEX	71
60-85.	
Tabla N° 36. Datos obtenidos del ensayo punto de ablandamiento	72
cemento asfáltico 85-100.	
Tabla N° 37. Datos obtenidos del ensayo punto de ablandamiento	72
cemento asfáltico BETUFLEX 60-85.	
Tabla N° 38. Datos del ensayo de ductilidad del cemento asfáltico 85-100.	75
Tabla N° 39. Datos del ensayo de ductilidad del cemento asfáltico BETUFLEX	75
60-85.	
Tabla N° 40. Resultados de los ensayos de caracterización de los agregados pétreos. ..	76

Tabla N° 41. Resultados de los ensayos de caracterización del cemento asfáltico 77 85-100.	77
Tabla N° 42. Resultados de los ensayos de caracterización del cemento asfáltico 77 BETUFLEX 60-85 .	77
Tabla N° 43. Requisitos de graduación para la mezcla..... 78	78
Tabla N° 44. Dosificación de materiales pétreos..... 79	79
Tabla N° 45. Dosificación con cemento asfáltico de 4,5%..... 81	81
Tabla N° 46. Dosificación con cemento asfáltico de 5,0%..... 82	82
Tabla N° 47. Dosificación con cemento asfáltico de 5,5%..... 83	83
Tabla N° 48. Dosificación con cemento asfáltico de 6,0%..... 84	84
Tabla N° 49. Dosificación con cemento asfáltico de 6,0%..... 85	85
Tabla N° 50. Variaciones de temperatura y viscosidad 86	86
Tabla N° 51. Alturas medidas de cada briqueta 93	93
Tabla N° 52. Peso al aire de las briquetas 94	94
Tabla N° 53. Peso briqueta saturada superficialmente seca..... 94	94
Tabla N° 54. Peso briqueta sumergida en agua..... 94	94
Tabla N° 55. Datos del ensayo de estabilidad y fluencia..... 96	96
Tabla N° 56. Estabilidad real..... 96	96
Tabla N° 57. Alturas promedio y factor de corrección por altura..... 97	97
Tabla N° 58. Estabilidad corregida..... 97	97
Tabla N° 59. Corrección de fluencia..... 98	98
Tabla N° 60. Resultados de la estabilidad y fluencia..... 98	98
Tabla N° 61. Resultados del diseño de la mezcla asfáltica convencional 85-100. 99	99
Tabla N° 62. Resultados del diseño de la mezcla asfáltica convencional 85-100. 103	103
Tabla N° 63. Resultados del diseño óptimo de la mezcla asfáltica convencional 103 85-100.	103

Tabla N° 64. Porcentaje en la mezcla total	104
Tabla N° 65. Resultados del diseño de la mezcla asfáltica convencional.....	105
BETUFLEX 60-85.	
Tabla N° 66. Resultados del diseño de la mezcla asfáltica modificada BETUFLEX...	109
60-85.	
Tabla N° 67. Resultados del diseño óptimo de la mezcla asfáltica modificada.....	110
BETUFLEX 60-85.	
Tabla N° 68. Porcentaje en la mezcla total	110
Tabla N° 69. Dosificación con el contenido óptimo de asfalto de 5,96%.....	111
Tabla N° 70. Datos obtenidos del ensayo Marshall con porcentaje óptimo de asfalto .	112
85-100.	
Tabla N° 71. Resultados de las mezclas asfálticas con tiempos de saturación	113
utilizando el asfalto 85-100.	
Tabla N° 72. Datos obtenidos del ensayo Marshall con porcentaje óptimo	115
de asfalto BETUFLEX 60-85 .	
Tabla N° 73. Resultados de las mezclas asfálticas con tiempos de saturación	116
utilizando el asfalto BETUFLEX 60-85.	
Tabla N° 74 Nomenclatura de las briquetas utilizando cemento asfáltico 85-100.	121
Tabla N° 75. Datos del ensayo T. Indirecta utilizando asfalto 85-100.	122
Tabla N° 76. Datos del ensayo T. Indirecta utilizando asfalto BETUFLEX 60-85.....	123
Tabla N° 77. Desarrollo del ensayo a Tensión Indirecta.....	124
Tabla N° 78. Resultados del ensayo T. Indirecta, cemento asfáltico 85-100.....	125
Tabla N° 79. Resultados del ensayo T. Indirecta, cemento asfáltico BETUFLEX.....	126
60-85.	
Tabla N° 80. Precios unitarios de mezcla asfáltica convencional 85-100	127
Tabla N° 81. Precios unitarios de mezcla asfáltica modificada BETUFLEX 60-85. ...	129

Tabla N° 82. Costo unitario de las mezclas asfálticas.....	131
Tabla N° 83. Especificaciones del método Marshall.	132
Tabla N° 84. Resultados del ensayo Marshall, cemento asfáltico 85-100.	132
Tabla N° 85. Resultados del ensayo Marshall, cemento asfáltico BETUFLEX 60-85 .	133
Tabla N° 86. Resultados del ensayo a Tensión Indirecta, cemento asfáltico 85-100. ..	137
Tabla N° 87. Resultados del ensayo a Tensión Indirecta, cemento asfáltico.....	138
BETUFLEX 60-85.	
Tabla N° 88. Resultados de las variables método Marshall.....	142
Tabla N° 89. Resultados de las variables método Tensión Indirecta.	144