

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACION**



**“COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE EN
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON LAS PROPIEDADES MARSHALL”**

Por:

JUAN PABLO CAMINO ACUÑA

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

**Semestre II – 2022
Tarija – Bolivia**

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

**“COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE EN
MEZCLAS ASFÁLTICAS CON LAS PROPIEDADES MARSHALL”**

Por:

JUAN PABLO CAMINO ACUÑA

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

**Semestre II – 2022
Tarija – Bolivia**

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud, perseverancia y constancia en lograr mis objetivos. A mi Madre Ninfa Acuña Ortega, mi querida esposa Rosa María Dávila Estrada, mis Hijos Josué Jhoaniel Camino Dávila, Sheila Valeria Camino Dávila, Juan Pablo Camino Dávila, que son mi razón de ser, gracias por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, valores y motivación constante a ser una persona de bien y también por su amor incondicional. Y a mis familiares por estar ahí en los momentos difíciles brindándome su apoyo.

ÍNDICE GENERAL
CAPÍTULO I
DISEÑO TEORICO Y METODOLOGICO

	Pág.
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática.....	3
1.3.2. Problema.....	4
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Señalamiento de variables de la hipótesis.....	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente.....	6
1.7. Población y muestras.....	6
1.8. Operacionalización de variables.....	6
1.8.1. Variable independiente.....	6
1.8.2. Variable dependiente.....	7
1.9. Procedimiento de aplicación.....	8
1.10. Alcance del trabajo.....	10

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

	Pág.
2.1. Fundamentación teórica.....	12
2.1.1. Pavimento asfáltico.....	12
2.2. Definición de pavimentos.....	12
2.2.1. Estructura de los pavimentos.....	13
2.2.2. Características de un pavimento.....	13
2.3. Tipos de pavimentos.....	14
2.3.1. Pavimento rígidos de concretos.....	14
2.3.2. Pavimento flexible o asfálticos.....	14
2.3.2.1. Duración de un pavimento flexible.....	15
2.3.2.2. Características de un pavimento flexible.....	15
2.4. Cemento asfáltico.....	15
2.4.1. Características del cemento asfáltico.....	16
2.4.2. Propiedades químicas del cemento asfáltico.....	16
2.4.3. Propiedades físicas del asfalto.....	17
2.4.3.1. Durabilidad.....	17
2.4.3.2. Adhesión y cohesión.....	18
2.4.3.3. Susceptibilidad a la temperatura.....	18
2.4.3.4. Endurecimiento y envejecimiento.....	18
2.4.4. Aplicación y transporte.....	18
2.4.5. Obtención del cemento asfáltico.....	19
2.5. Agregados pétreos.....	20
2.5.1. Definición de agregados.....	20
2.5.2. Importancia del agregado en una mezcla asfáltica.....	20
2.5.3. Tipos de agregados.....	20
2.5.3.1. Clasificación de agregados.....	21
2.5.3.2. Propiedades de los agregados.....	22
2.6. Gradación del agregado.....	24

2.7. Mezclas asfálticas.....	25
2.8. Compactación de las mezclas asfálticas.....	28
2.8.1. Influencia de la compactación de las mezclas asfálticas.....	31
2.8.2. Influencia de la temperatura.....	32
2.9. Métodos de diseño.....	33
2.9.1. Método Marshall.....	33
2.9.2. Trafico TPDA.....	38
2.9.3. Método de Hubbard Field.....	38
2.9.4. Método de Hveem.....	38
2.9.5. Método para determinar la densidad máxima de mezclas asfálticas sin compactar (Método de RICE).....	40

CAPÍTULO III

CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y ANÁLISIS

	pág.
3.1. Selección de materiales.....	47
3.1.1. Materiales pétreos.....	47
3.1.2. Cemento asfáltico.....	48
3.2. Caracterización de los agregados.....	48
3.2.1. Análisis granulométrico por tamizado.....	48
3.2.2. Método para determinar la densidad real y neta y la absorción de aguas en áridos gruesos.....	52
3.2.3. Método para determinar la densidad real y neta y la absorción de aguas en áridos finos.....	54
3.2.4. Método para determinar equivalente de arena.....	56
3.2.5. Método de prueba estándar para determinar el porcentaje de partículas fracturadas en agregado grueso.....	58
3.2.6. Determinación del peso unitario de los agregados.....	59
3.2.7. Método para determinar el desgaste mediante la máquina de los ángeles.....	61

3.3. Caracterización del cemento asfáltico.....	65
3.3.1. Ensayo de penetración.....	65
3.3.2. Método para determinar la densidad.....	66
3.3.3. Ensayo para determinar el punto de inflamación y combustión mediante la copa abierta de Cleveland.....	67
3.3.4. Método para determinar la película delgada en horno 32 mm.....	69
3.3.5. Ensayo del punto de ablandamiento con el anillo y la bola.....	70
2.3.6. Ensayo para determinar la ductilidad.....	71
3.3.7. Ensayo de viscosidad saybolt-furol a 50 °C.....	73
3.4. Diseño granulométrico – método Marshall.....	74
3.4.1. Metodología.....	74
3.4.2. Procedimiento de ensayo realizado el laboratorio.....	79
3.4.3. Determinación de la densidad, estabilidad y fluencia Marshall.....	82
3.4.4. Determinación del porcentaje óptimo de betumen.....	101
3.4.5. Elaboración de briquetas Marshall.....	105
3.5. Gravedad específica máxima teórica o densidad máxima medida (Dmm)” Ensayo Rice“.....	107
3.5.1. Resultados obtenidos del ensayo Rice.....	109
3.5.1.1 Densidad máxima a 35 golpes.....	109
3.5.1.2 Densidad máxima a 50 golpes.....	110
3.5.1.3 Densidad máxima a 75 golpes.....	111

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

	Pág.
4.1. Análisis de los resultados obtenidos utilizando el método Rice.....	112
4.1.1. Densidad máxima teórica medida (método rice) en mezclas asfálticas...	112
4.1.2. Densidad máxima teórica obtenida mediante el método Marshall.....	115
4.1.3. Procedimiento de la adición de mezcla flexible en caliente con distintos	

porcentajes de asfalto.....	116
4.2. Determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico para 35 golpes.....	117
4.2.1. Gráficas de las propiedades Marshall de los pavimentos asfálticos.....	118
4.2.2. Resultados obtenidos con porcentaje óptimo de asfalto para mezcla asfáltica (35 golpes).....	121
4.2.3. Determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico para 50 Golpes.....	121
4.2.4. Gráficas de las propiedades Marshall de los pavimentos asfálticos.....	122
4.2.5. Resultados obtenidos con porcentaje óptimo de asfalto para mezcla asfáltica a 50 golpes.....	126
4.2.6. Determinación del contenido óptimo de cemento asfáltico para 75 Golpes.....	126
4.2.7. Gráficas de las propiedades Marshall de los pavimentos asfálticos.....	127
4.2.8. Resultados obtenidos con porcentaje óptimo de asfalto para mezcla asfáltica a 75 golpes.....	131
4.3. Comparación de los métodos de diseño Marshall y Rice.....	131
4.3.1. Comparación de los métodos de diseño Marshall y Rice 35 golpes.....	135
4.3.2. Resultados obtenidos con porcentaje óptimo de asfalto para mezcla asfáltica con el método Rice (35 golpes).....	138
4.3.3. Comparación de los métodos de diseño Marshall y Rice 50 golpes.....	139
4.3.4. Resultados obtenidos con porcentaje óptimo de asfalto para un pavimento Asfáltico (método Rice).....	142
4.3.5. Comparación de los métodos de diseño Marshall y Rice 75 golpes.....	143
4.3.6. Resultados obtenidos con porcentaje óptimo de asfalto para un pavimento Asfáltico (método Rice).....	146

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
5.1. Conclusiones.....	148
5.2. Recomendaciones.....	149

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS I

Caracterización de los agregados pétreos

ANEXO II

Caracterización del cemento asfáltico

ANEXO III

Determinación del contenido de betumen

ANEXO IV

Determinación de la densidad máxima teórica rice

ANEXO V

Ensayos de estabilidad

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 2.1 Propiedades Químicas del Cemento Asfáltico (85-100).....	17
Tabla N° 2.2 Requisitos granulométricos.....	24
Tabla N° 2.3 Clasificación de las mezclas asfálticas.....	27
Tabla N° 2.4 Criterios de diseño para mezclas Marshall.....	38
Tabla N° 2.5 Tamaño de la muestra de ensayo.....	44
Tabla N° 2.6 Densidad del agua.....	46
Tabla N°3.1 Resultado de granulometría del agregado grueso.....	49
Tabla N°3.2 Resultado de granulometría del agregado grueso gravilla.....	50
Tabla N°3.3 Curva granulométrica agregado fino.....	50
Tabla N°3.4 Resultados densidad real del agregado grueso.....	53

Tabla N°3.5 Resultados densidad real del agregado grueso.....	54
Tabla N°3.6 Resultados densidad real del agregado fino.....	56
Tabla N°3.7 Resultados densidad real del agregado fino.....	58
Tabla N°3.8 Caras fracturadas 3/4" - 1/2".....	59
Tabla N°3.9 Caras fracturadas 1/2" - 3/8".....	59
Tabla N°3.10 Resultados peso unitario grava.....	61
Tabla N°3.11 Resultados peso unitario gravilla.....	61
Tabla N° 3.12 Resultados peso unitario arena.....	61
Tabla N°3.13 Según el tamaño de material que se tenía.....	63
Tabla N°3.14 Según la gradación y peso de la muestra.....	63
Tabla N°3.15 Resultados del desgaste de los ángeles.....	63
Tabla N°3.16 Según el tamaño de material que se tenía.....	64
Tabla N°3.17 Según la gradación y peso de la muestra.....	64
Tabla N°3.18 Según la gradación y peso de la muestra.....	64
Tabla N°3.19 Calculo del ensayo del penetrometro.....	66
Tabla N°3.20 Calculo de la densidad especifica.....	67
Tabla N°3.21 Resultados del ensayo de punto de inflamación.....	68
Tabla N°3.22 Resultados del ensayo de película delgada.....	70
Tabla N°3.23 Resultados del ensayo del punto de ablandamiento.....	71
Tabla N°3.24 Resultados del ensayo de ductilidad.....	73
Tabla N°3.25 Resultados del ensayo de la viscosidad fuold.....	74
Tabla N°3.26 Dosificación granulométrica método Marshall.....	75
Tabla N°3.27 Dosificación formada granulométrica método Marshall.....	76
Tabla N°3.28 Datos para dosificación de testigos de 4.5 % de betún.....	77
Tabla N°3.29 Datos para dosificación de testigos de 5 % de betún.....	77
Tabla N°3.30 Datos para dosificación de testigos de 5.5 % de betún.....	78
Tabla N°3.31 Datos para dosificación de testigos de 6 % de betún.....	78
Tabla N°3.32 Datos para dosificación de testigos de 6.5 % de betún.....	78
Tabla N°3.33 Datos para dosificación de testigos de 7 % de betún.....	79
Tabla N°3.34 Cantidad de cemento asfaltico y agregado pétreo.....	79
Tabla N°3.35 Peso específico de los agregados.....	87

Tabla N°3.36	Peso específico de los agregados el total.....	88
Tabla N°3.37	Peso específico de ligante asfáltico.....	88
Tabla N°3.38	Promedio de pesos específicos “Bulk”.....	89
Tabla N°3.39	Tabla de resultados obtenidos de la práctica por el método Marshall a 35 golpes.....	90
Tabla N°3.40	Resumen de los resultados del ensayo Marshall a 35 golpes.....	93
Tabla N°3.41	Tabla de resultados obtenidos de la practica por el método Marshall a 50 golpes.....	94
Tabla N°3.42	Resumen de resultados del ensayo Marshall a 50 golpes.....	97
Tabla N°3.43	Tabla de resultados obtenidos de la practica por el método Marshall a 75 golpes.....	98
Tabla N°3.44	Resumen de los resultados del ensayo Marshall a 75 golpes.....	101
Tabla N°3.45	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico para 35 golpes.....	103
Tabla N°3.46	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico para 50 golpes.....	104
Tabla N°3.47	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico para 75 golpes.....	105
Tabla N°3.48	Dosificación mezcla flexible con porcentaje óptimo de C.A.....	105
Tabla N°3.49	Dosificación de mezclas asfálticas flexible con porcentaje óptimo de C.A.....	106
Tabla N°3.50	Densidad máxima Rice promedio para 35 golpes.....	109
Tabla N°3.51	Densidad máxima Rice promedio para 50 golpes.....	110
Tabla N°3.52	Densidad máxima Rice promedio para 75 golpes.....	111
Tabla N°4.1	Cuadro de resultados de la densidad medida Rice.....	113
Tabla N°4.2	Resumen de los resultados de las densidades determinadas con el método Rice.....	113
Tabla N°4.3	Resumen de los resultados de las densidades determinadas con el método Marshall.....	115
Tabla N°4.4	Valores tomados en cuenta para el contenido óptimo de asfalto.....	115
Tabla N°4.5	Resumen de resultados obtenidos de las gráficas para porcentajes óptimos de asfalto.....	121
Tabla N°4.6	Valores tomados en cuenta para el contenido óptimo de asfalto.....	122
Tabla N°4.7	Resumen de resultados obtenidos de las gráficas para porcentajes	

óptimos de asfalto.....	126
Tabla N°4.8 Valores tomados en cuenta para el contenido óptimo de asfalto.....	127
Tabla N°4.9 Resumen de resultados obtenidos de las gráficas para porcentajes óptimos de asfalto.....	131
Tabla N°4.10 Densidad máxima teórica compactado y sin compactar a 35 golpes.....	132
Tabla N°4.11 Densidad máxima teórica compactado y sin compactar a 50 golpes.....	133
Tabla N°4.12 Densidad máxima teórica compactado y sin compactar a 75 golpes.....	133
Tabla N°4.13 Datos Vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	136
Tabla N°4.14 Datos, V.A.M Vs. % C.A.....	137
Tabla N°4.15 Datos, vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	138
Tabla N°4.16 Resumen de obtenidos de las gráficas para porcentajes óptimos de Asfalto.....	138
Tabla N°4.17 Datos Vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	139
Tabla N°4.18 Datos, V.A.M Vs. % C.A.....	140
Tabla N°4.19 Datos, vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	141
Tabla N°4.20 Resumen de obtenidos de las gráficas para porcentajes óptimos de Asfalto.....	142
Tabla N°4.21 Datos Vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	143
Tabla N°4.22 Datos, V.A.M Vs. % C.A.....	144
Tabla N°4.23 Datos, vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	145
Tabla N°4.24 Resumen de obtenidos de las gráficas para porcentajes óptimos de Asfalto.....	146
Tabla N°4.25 Comparación de los dos métodos Marshall y Rice.....	147

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfica N°3.1 Curva granulométrica agregado grueso.....	50
Gráfica N°3.2 Curva granulométrica agregado gravilla.....	51
Gráfica N°3.3 Curva granulométrica agregado fino.....	52
Gráfica N°3.4 Curva de diseño granulométrica método Marshall.....	76
Gráfica N°3.5 Gráfica densidad vs porcentaje de C.A. (35 golpes).....	91
Gráfica N°3.6 Gráfica de estabilidad vs porcentaje de C.A. (35 golpes).....	91
Gráfica N°3.7 Gráfica fluencia vs porcentaje de C.A. (35 golpes).....	91
Gráfica N°3.8 Gráfica V.A.M. vs porcentaje de C.A. (35 golpes).....	92
Gráfica N°3.9 Gráfica de R.B.V. vs porcentaje de C.A. (35 golpes).....	92
Gráfica N°3.10 Gráfica de % de vacíos en la mezcla vs porcentaje de C.A (35 golpes).	92
Gráfica N°3.11 Gráfica densidad vs porcentaje de C.A. (50 golpes).....	95
Gráfica N°3.12 Gráfica de estabilidad vs porcentaje de C.A. (50 golpes).....	95
Gráfica N°3.13 Gráfica fluencia vs porcentaje de C.A. (50 golpes).....	95
Gráfica N°3.14 Gráfica V.A.M. vs porcentaje de C.A. (50 golpes).....	96
Gráfica N°3.15 Gráfica de R.B.V. vs porcentaje de C.A. (50 golpes).....	96
Gráfica N°3.16 Gráfica de % de vacíos en la mezcla vs porcentaje de C.A (50 golpes).	96
Gráfica N°3.17 Gráfica densidad vs porcentaje de C.A. (75 golpes).....	99
Gráfica N°3.18 Gráfica de estabilidad vs porcentaje de C.A. (75 golpes).....	99
Gráfica N°3.19 Gráfica fluencia vs porcentaje de C.A. (75 golpes).....	99
Gráfica N°3.20 Gráfica V.A.M. vs porcentaje de C.A. (75 golpes).....	100
Gráfica N°3.21 Gráfica de R.B.V. vs porcentaje de C.A. (75 golpes).....	100
Gráfica N°3.22 Gráfica de % de vacíos en la mezcla vs porcentaje de C.A (75golpes).....	100
Gráfica N°3.23 Gráficas generadas para la obtención del cemento asfaltico optimo....	109
Gráfica N°3.24 Gráficas generadas para la obtención del cemento asfaltico optimo....	101
Gráfica N°3.25 Gráficas generadas para la obtención del cemento asfaltico optimo....	111
Gráfico N°4.1 Curva, Peso específico “Bulk” Vs. % de asfalto.....	118
Gráfico N°4.2 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	118

Gráfico N°4.3 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	119
Gráfico N°4.4 Curva, % de vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	119
Gráfico N°4.5 Curva, estabilidad Vs. % de asfalto.....	120
Gráfico N°4.6 Curva, flujo Vs. % de asfalto.....	120
Gráfico N°4.7 Curva, Peso específico “Bulk” Vs. % de asfalto.....	122
Gráfico N°4.8 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	123
Gráfico N°4.9 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	123
Gráfico N°4.10 Curva, % de vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	124
Gráfico N°4.11 Curva, estabilidad Vs. % de asfalto.....	125
Gráfico N°4.12 Curva, flujo Vs. % de asfalto.....	125
Gráfico N°4.13 Curva, Peso específico “Bulk” Vs. % de asfalto.....	127
Gráfico N°4.14 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	128
Gráfico N°4.15 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	128
Gráfico N°4.16 Curva, % de vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	129
Gráfico N°4.17 Curva, estabilidad Vs. % de asfalto.....	130
Gráfico N°4.18 Curva, flujo Vs. % de asfalto	130
Gráfico N°4.19 Curva Vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	135
Gráfico N°4.20 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	136
Gráfico N°4.21 Curva, % de vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	137
Gráfico N°4.22 Curva Vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	139
Gráfico N°4.23 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	140
Gráfico N°4.24. Curva, % de vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	141
Gráfico N°4.25. Curva Vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	143
Gráfico N°4.26 Curva, vacíos con aire Vs. % de asfalto.....	144
Gráfico N°4.27 Curva, % de vacíos llenos de asfalto Vs. % de asfalto.....	145

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°2.1 Textura superficial de los pavimentos.....	12
Figura N°2.2 Comportamiento visco elástico del cemento asfáltico.....	16
Figura N°2.3 Proceso de compactación in situ.....	28
Figura N°2.4 Comportamiento de compactación con distintas mezclas asfálticas.....	32
Figura N°2.5 Influencia de la temperatura de compactación con respecto al trabajo de compactación.....	32
Figura N°2.6 Máquina de Marshall.....	33
Figura N°2.7 (a) La DMT en mezcla asfáltica (b) volumen considerado en la determinación de la densidad real de los agregados y ligante asfáltico....	40
Figura N°2.8 Vacíos o espacios entre las películas de ligante asfáltico o entre los Grumos.....	41
Figura N°2.9 Equipo para el ensayo de densidad Rice.....	42
Figura N°2.10 Equipo para el ensayo de densidad Rice.....	42
Figura N°3.1 Chancadora para la provisión de materiales.....	47
Figura N°3.2 Cuarteador metálico para separación mecánica.....	48
Figura N°3.3 Juego de tamices.....	49
Figura: N°3.4 Pesaje del material en el tamiz N° 4.....	52
Figura: N°3.5 Muestra saturada grava gravilla.....	53
Figura: N°3.6 Peso de la muestra dentro del agua y uso del cesto.....	53
Figuras N°3.7 Muestra sumergida en 24 horas y secado superficial con secadora.....	54
Figuras N°3.8 Verificación de la condición de la muestra saturada superficial seca.....	55
Figuras N° 3.9 Matraz + muestra + agua.....	55
Figuras N°3.10 Peso del matraz con muestra y agua, secado del material en horno.....	55
Figura N°3.11 Determinación del equivalente de arena.....	57
Figura N°3.12 muestra + agua + solvente, medición del equivalente de arena.....	57
Figura N°3.13 Peso y muestra de las partículas fracturadas.....	58
Figura N°3.14 Peso de la muestra, apisonado de la muestra.....	60
Figura N° 3.15 Enrasado de las partículas grava, gravilla, arena.....	60

Figura N°3.16 Material que se obtuvo después del desgaste.....	62
Figura N° 3.17 Maquina y material de los ángeles.....	62
Figura N°3.18 Colocado del cemento asfáltico en el recipiente.....	65
Figura N°3.19 Equipo y medición del punto de penetración.....	65
Figura N°3.20 Recipientes más material para determinar el peso específico.....	66
Figura N°3.21 Peso de la muestra, muestra sumergida paño maría.....	67
Figura N°3.22 Equipo del punto de inflamación por el vaso de Cleveland.....	68
Figura N°3.23 Medición de la temperatura cuando existen centellas de luz.....	68
Figura N°3.24 Material y taras para determinar la película delgada.....	69
Figura N°3.25 Horno con capacidad de determinar temperaturas.....	69
Figura N°3.26 Equipo para determinar la densidad específica.....	70
Figura N°3.27 Material sumergido en baño maría para determinar temperaturas.....	71
Figura N°3.28 Material y equipo para determinar la ductilidad.....	72
Figura N°3.29 Equipo para determinar la ductilidad.....	72
Figura N°3.30 Observación del punto de ductilidad.....	72
Figura N°3.31 Material y equipo para determinar la viscosidad fuold.....	73
Figura N°3.32 Material y control de la temperatura de la viscosidad fuold.....	74
Figura N°3.33 Preparación y peso de la muestra.....	80
Figura N°3.34 Preparación de la muestra.....	80
Figura N°3.35 Homogenización de la mezcla y control de la temperatura.....	80
Figura N°3.36 Preparación y colocación de material en las briquetas.....	81
Figura N°3.37 Equipo y compactación de briquetas.....	81
Figura N°3.38 Briquetas con los porcentajes de asfalto propuesto.....	82
Figura N°3.39 Inmersión de briquetas en baño maría.....	83
Figura N°3.40 Peso briqueta sumergido.....	83
Figura N°3.41 Medición de briquetas.....	84
Figura N°3.42 Briqueta sumergida a 60°C.....	84
Figura N°3.43 Mordaza y calibración del dial de Mashall.....	85
Figura N°3.44 Equipo Mashall.....	85
Figura N°3.45 Briqueta deformada.....	85
Figura N°3.46 Peso del picnómetro a capacidad vacío y lleno.....	108

