

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS
MEZCLAS ASFÁLTICAS, EN CONDICIONES CRONOLÓGICAS DE
SATURACIÓN**

POR:

GEINNY GIMENA VILLA MERCADO

Tesis de Grado presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar al Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Gestión 2014

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VIAS

DE COMUNICACIÓN

**VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS
MEZCLAS ASFÁLTICAS, EN CONDICIONES CRONOLÓGICAS DE
SATURACIÓN**

POR:

GEINNY GIMENA VILLA MERCADO

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

Gestión 2014

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Este trabajo lo dedico a mis padres por todo el apoyo esfuerzo y sacrificio brindado durante mi etapa de preparación, a todas las personas que ayudaron en la realización del mismo, y en especial a Dios por guiar mis pasos.

Índice

Advertencia

Dedicatoria

Página

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1.-Introduccion.....	1
1.2.-Revisión bibliográfica.....	3
1.3.-Diseño teórico.....	7
1.3.1.-Determinacion del problema.....	7
1.3.1.1.-Situacion problemica.....	7
1.3.2.-Objetivos del trabajo.....	10
1.3.2.1.-Objetivo general.....	10
1.3.2.2.-Objetivos específicos.....	10
1.3.3.-Hipotesis.....	11
1.3.3.1.-Tipo de estudio.....	11
1.3.3.2.- Elementos de la hipótesis.....	11
1.3.4.-Diseño metodológico.....	11
1.3.4.1.-Unidad de estudio y decisión muestral.....	11
1.3.4.1.1.-Unidad de estudio.....	11
1.3.4.1.2.-Poblacion.....	12
1.3.4.1.3.-Muestra.....	12
1.3.4.1.4.-Muestreo.....	12
1.3.4.2.- Métodos y técnicas de procedimientos.....	12
1.3.4.2.1.-Método experimental.....	12
1.3.4.3.-Procedimiento.....	13
1.3.4.3.1.-Agregados pétreos.....	13
1.3.4.3.2.-Cementos asfálticos.....	14
1.3.4.3.3.-Mezclas asfálticas método Marshall.....	15
1.3.4.3.4.-Laminas de cemento asfaltico.....	16
1.3.4.3.-Diseño de la mezcla asfáltica.....	16

	Página
1.3.4.4.-Tratamiento estadístico.....	20
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACION TEÓRICA	
2.1.-Introducción.....	22
2.2.-Componetes de las mezclas asfálticas.....	24
2.2.1.-Agregado pétreo.....	24
2.2.1.1.-Importancia del agregado en una mezcla asfáltica.....	24
2.2.1.2.-Clasificación de los agregados.....	25
2.2.1.2.1.-Según origen de los agregados.....	25
2.2.1.2.1.1.- Agregados naturales.....	25
2.2.1.2.1.2.-Agregados procesados.....	26
2.2.1.2.1.3.-Agregados sintéticos.....	26
2.2.1.3.- Clasificación de agregado.....	27
2.2.1.3.1.-Rocas sedimentarias.....	27
2.2.1.3.2.- Rocas ígneas.....	28
2.2.1.3.3.-Rocas metamórficas.....	28
2.2.1.4.-Propiedades de los agregados utilizados en mezclas asfálticas en caliente.....	29
2.2.1.4.1.-Gradación y tamaño máximo de partícula.....	31
2.2.1.4.2.-Limpieza.....	33
2.2.1.4.3.-Dureza.....	33
2.2.1.4.4.-Forma de partícula.....	33
2.2.1.4.5.-Textura superficial.....	34
2.2.1.4.6.-Capacidad de absorción.....	35
2.2.1.4.7.-Peso específico.....	35
2.2.1.4.8.-Afinidad con el asfalto.....	36
2.2.1.5.-Importancia del muestreo de agregado.....	37
2.2.2.-Cemento asfáltico.....	37
2.2.2.1.-Clasificación del Cemento Asfáltico (CA).....	38
2.2.2.1.1.-Sistema de clasificación por penetración.....	38
2.2.2.1.2 Sistema de clasificación por viscosidad.....	39
2.2.2.2.-Propiedades físicas del asfalto.....	39

	Página
2.2.2.2.1.- Adhesión y Cohesión.....	40
2.2.2.2.2.- Susceptibilidad Térmica.....	41
2.2.2.2.3.- Durabilidad.....	42
2.2.3.-Mezclas asfálticas.....	42
2.2.3.1.- Clasificación de las mezclas asfálticas.....	44
2.2.3.2.-Características de la mezcla asfáltica.....	47
2.2.3.3.- Propiedades de la mezcla asfáltica.....	50
2.2.3.4.-Metodología de diseño Marshall.....	57
2.2.3.4.1.-Consideraciones preliminares.....	57
2.2.3.4.2.-Valor de Estabilidad Marshall.....	59
2.2.3.4.3.-Valor de Fluencia Marshall.....	60
2.2.3.4.4.- Relaciones y Observaciones de los Resultados de los Ensayos.....	60
2.3.-Efectos del agua sobre mezcla asfáltica.....	61
2.3.1.-Definición.....	61
2.3.2.- Mecanismos de los daños producidos por el agua.....	63
2.3.3.-Modos de transporte del agua en mezclas bituminosas.....	67
2.3.4.-Manifestaciones en el firme de los daños producidos por el agua en las mezclas bituminosas.....	69
2.3.5.- Factores que influyen en los daños producidos por el agua.....	70
2.3.5.1.- Factores Internos.....	70
2.3.5.2 Factores Externos.....	75
2.4.-Ensayos de laboratorio para caracterización de materiales componentes de la mezcla asfáltica.....	77
2.4.1.-Ensayos para determinar las propiedades de los materiales pétreos.....	77
2.4.1.1.-Tamaño de partículas y graduación de los agregados (T27 AASHTO).....	77
2.4.1.2.- Resistencia al desgaste (T96 de AASHTO).....	79
2.4.1.3.-Durabilidad o resistencia al intemperismo T104 de AASHTO.....	80
2.4.1.4.-Densidad relativa y absorción.....	80
2.4.1.5.-Partículas Planas y Alargadas ASTM D 4791.....	81
2.4.1.6.-Equivalente de arena ASTM D 2419.....	81

	Página
2.4.1.7.-Requisitos que deben cumplir los agregados.....	81
2.4.1.7.1.- Agregado Grueso.....	81
2.4.1.7.2.-Agregado Fino.....	82
2.4.2.-Ensayos al Cemento Asfáltico.....	82
2.4.2.1.-Ductilidad (ASTM D113-07).....	82
2.4.2.2.-Viscosidad (ASTM D2170-95).....	83
2.4.2.3. Penetración (ASTM D5-06).....	84
2.4.2.4.-Punto de Inflamación (ASTM D92-05).....	85
2.4.2.5.-Peso Específico (ASTM D 70-86).....	86
2.4.2.6.-Punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola (ASTM D 36).....	87
2.4.3.-Mezclas asfálticas.....	88
2.4.3.1.-Diseño Marshall.....	88
2.4.3.3.2.-Preparacion de las muestras de ensayo.....	89
2.4.3.3.-Gravedad específica de la mezcla asfáltica compactada (Gmb).....	91
2.4.3.4.-Gravedad específica máxima (Gmm).....	91
2.4.3.5.-Vacíos del agregado mineral.....	91
2.4.3.6.-Resistencia de Mezclas Bituminosas al Flujo y estabilidad Plástico Utilizando el Aparato Marshall.....	92
2.4.3.7.-Desgaste de briquetas máquina de los Ángeles.....	92
2.4.3.8.-Ensayo de penetración al asfalto obtenido de las láminas de asfalto.....	93

CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1.-Caracterizacion de los agregados.....	94
3.1.1.-Granulometria (ASTM C-71).....	94
3.1.1.1.-Objetivo.....	94
3.1.1.2.-Equipo.....	94
3.1.1.3.-Procedimiento.....	95
3.1.1.4.-Cálculo.....	96
3.1.2.-Peso específico y absorción agregados.....	101
3.1.2.1.- Gravedad específica en agregados finos (ASTM C-128).....	105

	Página
3.1.2.1.1.-Procedimiento.....	105
3.1.2.1.2.-Calculos.....	106
3.1.2.2.-Gravedad específica en agregados gruesos, ASTM-C-127.....	107
3.1.3.-Equivalente de arena (ASTM D 2419).....	110
3.1.3.1.- Fundamento.....	110
3.1.3.2.-Equipos de laboratorio.....	110
3.1.3.3.- Procedimiento de ensayo.....	111
3.1.3.4.- Cálculo e informe.....	113
3.1.4.-Ensayo de Abrasión por Medio de la Máquina de Los Ángeles (ASTM C-131 y ASTM C-535).....	114
3.1.4.1.- Objetivo.....	114
3.1.4.2.- Equipos de laboratorio.....	114
3.1.4.3.- Material y carga abrasiva a utilizar.....	114
3.1.4.4.- Procedimiento de ensayo.....	115
3.1.4.5.- Cálculos.....	116
3.1.5.-Porcentaje de caras Fracturadas (ASTM D 5821-95).....	117
3.1.5.1.- Objetivo.....	117
3.1.5.2.- Definiciones.....	117
3.1.5.3.- Equipos de laboratorio.....	118
3.1.5.4.- Preparación de la muestra.....	118
3.1.5.5.- Procedimiento.....	119
3.1.5.6.- Cálculo y resultados.....	120
3.2.-Caracterización del cemento asfáltico.....	121
3.2.1.-Penetración.....	121
3.2.1.1.- Introducción.....	121
3.2.1.2.- Definición.....	121
3.2.1.3.- Equipos.....	122
3.2.1.4.- Preparación de la muestra.....	123
3.2.1.5 Condiciones de ensayo.....	124
3.2.1.6.- Ensayo.....	124
3.2.1.7.- Reporte.....	126

	Página
3.2.2.-Viscosidad (ASTM D2170-95).....	127
3.4.2.1 <i>Objetivo</i>	127
3.4.2.2 <i>Equipo y materiales</i>	127
3.4.2.3 <i>Procesamiento</i>	127
3.4.2.3.- <i>Calculo</i>	129
3.2.3.-Peso específico (ASTM: D 70-76).....	130
3.2.3.1.- <i>Alcance</i>	130
3.2.3.2.- <i>Gravedad específica</i>	130
3.2.3.3.- <i>Herramientas</i>	130
3.2.3.4.-. <i>Procedimiento</i>	131
3.2.3.5.- <i>Determinación</i>	132
3.2.4.-Punto de ablandamiento (ASTM: D 36-89).....	133
3.2.4.1.- <i>Alcance</i>	133
3.2.4.2.- <i>Significado y utilización</i>	133
3.2.4.3.- <i>Herramientas</i>	134
3.2.4.4.- <i>Procedimiento</i>	134
3.2.4.4.- <i>Reporte</i>	136
3.2.5.-Ductilidad (ASTM: D 113-79).....	136
3.2.5.1.- <i>Alcance</i>	136
3.2.5.2.- <i>Significado y utilización</i>	137
3.2.5.3.- <i>Herramientas</i>	137
3.2.5.4.- <i>Procedimiento</i>	138
3.2.5.5.- <i>Reporte</i>	140
3.2.6.-Punto de inflamación.....	140
3.2.6.1.- <i>Alcance</i>	140
3.2.6.2.- <i>Definiciones</i>	140
3.2.6.3.- <i>Resumen del método</i>	141
3.2.6.4.- <i>Significado y utilización</i>	141
3.2.6.5.- <i>Herramientas</i>	141
3.2.6.6.- <i>Pruebas</i>	142

	Página
3.2.6.7.- Procedimiento.....	142
3.2.6.8.- Determinación y reporte.....	143
3.3.-Diseño de la mezcla asfáltica.....	144
3.3.1.-Selección del tipo de mezcla o granulometría.....	144
3.3.2.-Dosificación de los agregados.....	145
3.3.3.- Diseño de la mezcla con asfaltos 85-100 usando el procedimiento del ensayo Marshall (ASTM D-1559).....	147
3.3.3.1.-Preparación de las probetas.....	147
3.3.3.2.-Procedimiento del ensayo.....	152
3.3.3.2.1.- Determinación gravedad Específica Bulk.....	152
3.3.3.2.2.-Determinación de la densidad máxima teórica.....	156
3.3.3.2.3.-Ensayo de Estabilidad y flujo.....	158
3.3.3.3.-Determinación del porcentaje óptimo de asfalto.....	162
3.3.3.3.1.-Contenido de vacíos.....	162
3.3.3.3.2.-Vacíos del agregado mineral.....	163
3.3.3.3.3.-Porcentaje de vacíos llenos de asfalto.....	165
3.3.3.3.4.-El procedimiento para determinar contenido óptimo de cemento asfáltico.....	167
3.4.-Influencia del agua en la resistencia al desgaste de las mezclas asfáltica.....	170
3.4.1.-Mezclas asfálticas acondicionadas a temperatura mínima.....	170
3.4.1.1.-Grupo húmedo temperatura mínima.....	170
3.4.1.2.-Grupo seco temperatura mínima.....	171
3.4.1.3.-Datos y cálculos.....	172
3.4.1.4.-Resultados.....	175
3.4.2.-Mezclas asfálticas acondicionadas a temperatura media.....	177
3.4.2.1.-Grupo húmedo temperatura media.....	177
3.4.2.2.-Grupo seco temperatura media.....	178
3.4.2.3.-Datos y cálculos.....	179
3.4.2.4.-Resultados.....	181
3.4.3.-Mezclas asfálticas acondicionadas a temperatura máxima.....	183

	Página
3.4.3.1.-Grupo húmedo temperatura máxima	183
3.4.2.2.-Grupo seco temperatura máxima.....	184
3.4.1.3.-Datos y cálculos.....	185
3.4.1.4.-Resultados.....	187
3.4.4.-Resumen general de resultados de los tres grupos acondicionados....	189
3.5.-Influencia del agua sobre la densidad de las mezclas asfálticas.....	191
3.5.1.-Variacion de la densidad según la temperatura de acondicionamiento.....	191
3.5.2.-Resultados y graficas de variacion de densidades.....	195
3.5.2.1.- Variacion de densidad a Temperatura minima.....	195
3.5.2.2.-Variacion de densidad a Temperatura media.....	196
3.5.2.3.- Variacion de densidad temperatura maxima.....	197
3.6.-Influencia del agua sobre el cemento asfáltico.....	198
3.6.1.- Láminas de cemento asfáltico sumergidas a Temperatura mínima....	200
3.6.1.1.-Datos y resultados.....	201
3.6.2. Láminas de cemento asfáltico sumergidas a Temperatura media.....	202
3.6.2.1.-Datos y resultados.....	203
3.6.3.- Láminas de cemento asfáltico sumergidas a Temperatura máxima...	204
3.6.1.1.-Datos y resultados.....	205
3.6.4.-Resumen general.....	206
CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
4.1.-Conclusiones.....	208
4.2.-Recomendaciones.....	210

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

Anexo 1.-Factores de corrección de estabilidad según volumen y altura

Anexo 2.-Carta de Viscosidad - temperatura del cemento asfáltico

Anexo 3.-Carta presentada al laboratorio del SEDECA

Indice de tablas

	Página
Tabla N°1 Numero de mezclas a ser evaluadas según temperatura y tiempo.....	18
Tabla N°2 Clasificación de las rocas.....	29
Tabla N°3 Requisitos para clasificar el asfalto según especificación ASTM D 946-82.13.....	39
Tabla N° 4 Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA).....	49
Tabla n° 5 Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento.....	51
Tabla N° 6 Causas y efectos de un poco durabilidad.....	53
Tabla N° 7 Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga.....	54
Tabla N°8 Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento.....	55
Tabla N° 9 Causas y efectos de la permeabilidad.....	56
Tabla N°10 Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad.....	57
Tabla N° 11 Criterio de diseño Marshall.....	58
Tabla N°12 Graduaciones propuestas para mezclas cerradas.....	78
Tabla N°13 Peso de agregado y N° de esferas para agregados gruesos hasta 1 ½ ASTM C131.....	79
Tabla N°14 Serie de tamices.....	94
Tabla N°15 Cantidad mínima requerida para el agregado grueso.....	95
Tabla N°16 Cantidad mínima requerida para el agregado fino.....	95
Tabla N°17 Granulometría tamaño máximo nominal ¾”.....	97
Tabla N°18 Granulometría tamaño máximo nominal 3/8”.....	99
Tabla N° 19 Granulometría agregado fino.....	100
Tabla N°20 Datos y resultados de la gravedad específica y absorción.....	107
Tabla N°21 Valores de gravedad específica y absorción del agregado grueso.....	109
Tabla N°22 Datos y resultados de equivalente de arena.....	114
Tabla N°23 Métodos para determinar la cantidad de material ASTM C 131.....	115
Tabla N° 24 Datos y resultados del desgaste por medio máquina de los Ángeles...	117
Tabla N°25 Pesos requeridos según Tamaño Máximo Nominal para el ensayo de porcentaje de caras fracturadas.....	118
Tabla N° 26 Datos y resultados de porcentaje de caras fracturadas.....	121
Tabla N°27 Cargas según temperatura y tiempo para el ensayo de penetración.....	124

	Página
Tabla N°28 Lectura registradas durante el ensayo de penetración.....	126
Tabla N° 29 Viscosidad Saybolt asfalto convencional 85-100.....	129
Tabla N°30 Datos y resultados del peso específico de cemento asfáltico.....	133
Tabla N°31 Resultados Punto de ablandamiento.....	136
Tabla N°32 Resultados de la ductilidad del cemento asfáltico.....	140
Tabla N°33 Resultados del punto de destello e inflamación.....	143
Tabla N° 34 Graduaciones propuestas para mezclas cerradas ASTM D3515 graduación seleccionada Tamaño Máximo Nominal ¾”.....	144
Tabla N° 35 Combinación de agregados para el diseño de la mezcla asfáltica tamaño máximo nominal ¾”.....	146
Tabla N°36 Dosificación para el contenido de gigante asfáltico de 4.5%.....	148
Tabla N° 37 Densidades Bulk para cada Briqueta de Prueba.....	155
Tabla N°38 Valores de densidad máxima teórica.....	158
Tabla N°39 Estabilidad y flujo de las briquetas ensayadas.....	161
Tabla N°40 Contenido de vacíos según porcentaje de asfalto.....	163
Tabla N° 41 Contenido de vacíos V.A.M. según porcentaje de asfalto.....	165
Tabla N° 42 Vacíos llenos de Asfalto (VFA) para distintos % C.A.....	166
Tabla N°43 Diseño de la mezcla asfáltica Método Marshall.....	168
Tabla N°44 Curvas de diseño de la mezcla asfáltica método Marshall Tamaño Máximo Nominal ¾”.....	169
Tabla N°45 Valores de % de desgaste grupo húmedo y seco temperatura mínima.....	175
Tabla N°46 Índice de conservación de resistencia.....	176
Tabla N°47 Valores de índice de conservación de resistencia y resistencia al desgaste temperatura Media.....	180
Tabla N°48 Valores de % de desgaste grupo húmedo y seco temp. Media.....	181
Tabla N° 49 Índice de conservación de resistencia en función del tiempo y temperatura. Media.....	182
Tabla N°50 Valores de resistencia al desgaste e índice de conservación de resistencia según tiempo y temperatura máxima.....	186
Tabla N°51 % de desgaste para temperatura máxima grupo húmedo y seco.....	187
Tabla N° 52 Índice de conservación de resistencia temperatura Máxima.....	188

	Página
Tabla N°53 Índice de resistencia conservada para las tres temperaturas.....	190
Tabla N°54 Variacion de a densidad en funcion del tiempo y temperatura Minima.....	192
Tabla N°54 Variacion de a densidad en funcion del tiempo y temperatura Media...	193
Tabla N°55 Variacion de a densidad en funcion del tiempo y temperatura Maxima.....	194
Tabla N° 57 % de perdida de densidad temperatura minima.....	195
Tabla N° 58 Perdida de densidad en funcion de tiempo y temperatura media.....	196
Tabla N°59 Perdida de densidad en funcion de tiempo y temperatura máxima.....	197
Tabla N°60 Lecturas de penetración en función tiempo y temperatura mínima.....	201
Tabla N° 61 Lecturas de penetración en función tiempo y temperatura media.....	203
Tabla N°62 Lecturas de penetración en función tiempo y temperatura máxima.....	205
Tabla N°63 Lecturas de penetración para distintos tiempos y temperaturas.....	207

Índice de figuras

	Página
Figura N°1 Esquema de la metodología para las mezclas asfálticas.....	17
Figura N°2 Esquema metodológico de las láminas de cemento asfáltico.....	17
Figura N°3 Propiedades en los agregados.....	30
Figura N° 4 Acción desenvuelta del agua.....	41
Figura N° 5 Ilustracion de VMA en una probeta compactada.....	48
Figura N°6 Desprendimiento del ligante del agregado.....	61
Figura N° 7 Estructura dañada por la humedad.....	62
Figura N°8 Presencia de agua en el agregado.....	64
Figura 9 Afinidad entre el asfalto y agregados.....	64
Figura 10 Ensayo de ductilidad.....	83
Figura N°11 Ensayo de Viscosidad.....	84
Figura N°12 Ensayo de penetración.....	85
Figura N°13 Punto de inflamación.....	86
Figura N°14 Esquema peso específico.....	87
Figura N° 15 Equipo de punto de ablandamiento.....	88
Figura N°16 a) Juego de tamices b) Análisis granulométrico.....	96
Figura N°17 Porcentajes de material retenidos en cada tamiz.....	96
Figura N°18 Esquema de peso y volumen de la partícula de agregado.....	101
Figura N°19 Esquema de Relaciones entre las Diferentes Gravedades Específicas de una partícula de agregado.....	102
Figura N°20 Poros impermeables en el agregado.....	103
Figura N°21 Figura N° Poros impermeables y permeables en el agregado.....	103
Figura N°22 Vacíos impermeables y permeables en el agregado.....	104
Figura N° 23 a) Saturación del agregado b) Verificación de la humedad.....	105
Figura N°24 a) Matraz con muestra y agua b) Muestra antes de entrar en el horno.....	106
Figura N°25 a) Muestra seleccionada b) Saturación de la muestra.....	108
Figura N°26 a) Muestra superficialmente b) Peso sumergido.....	108
Figura N° 27 a) Equipo de irrigación b) Material introducido a la probeta.....	112
Figura N°28 a) Agitar de 90ciclos b) Probetas después de la agitación.....	112

Página

Figura N°29 a) Material para el desgaste b) Material con carga abrasión.....	115
Figura N°30 a) Material desgastado b) Material lavado y secado en el horno.....	116
Figura N°31 Esquema de una particular fracturada con una fractura.....	118
Figura N°32 a) Partículas inspección visual b) Muestra utilizada.....	119
Figura N°33 a) Selección por caras fracturadas b) Peso de partículas naturales...	120
Figura N°34 a) Muestras sumergidas b) Control de tiempo para penetración 5s....	125
Figura N°35 a) Aguja penetrando en la muestra b) Lectura en el penetrómetro....	126
Figura N°36 a) Asfalto que cae a 135°C b) Control de tiempo.....	129
Figura N°37 a) Vaciado del asfalto al picnómetro b) Enfriado del asfalto.....	131
Figura N°38 a) Picnómetro lleno de asfalto y agua b) Picnómetro con agua.....	132
Figura N°39 a) Anillos con vaselina y talco b) Anillo con asfalto enfriando.....	135
Figura N°40 a) Vaso precipitado sometido a calor b) El asfalto se desprende de los anillos.....	136
Figura N°41 a) Briquetas con vaselina y talco b) Briquetas llenas de asfalto.....	138
Figura N°42 a) Briquetas en el equipo b) briquetas en proceso de extensión.....	139
Figura N°43 a) El material comienza a calentar b) Se aplica la llama a la copa.....	143
Figura N°44 a) Material separado por tamices b) Bolsas con 1200gr.....	149
Figura N°45 a) Peso del agregado b) peso agregado y asfalto 1200gr.....	150
Figura N°46 a) Mezclado de muestra b) Compactación con martillo.....	151
Figura N°47 a) Extracción de la briqueta b) briquetas para el contenido óptimo....	152
Figura N°48 a) Peso de la briqueta seca b) Briquetas sumergidas.....	153
Figura N°49 a) Briqueta saturada Superficialmente seca b) briqueta sumergida....	153
Figura N°50 a) Briquetas sumergidas baño maría 60°C b) Rotura de briquetas a carga constante.....	159
Figura N°51 a) Mezclas asfálticas enumeradas b) Briquetas sumergidas en agua...	170
Figura N°52 a) Briquetas en la máquina de los Ángeles a) Briquetas desgastada..	171
Figura N°53 a) Briquetas grupo seco b) Briquetas mínima temperatura.....	171
Figura N°54 Grupo de briquetas desgastadas para la temperatura mínima.....	172
Figura N°55 Briquetas sumergidas en agua a temperatura media 17°C.....	177
Figura N°56 Briquetas grupo seco enumeradas para cada etapa a temperatura media 17°C.....	178

	Página
Figura N°57 Grupo seco y Húmedo a temperatura media.....	179
Figura N°58 a) Mezclas asfálticas para cada periodo b) Briquetas sumergidas en agua y sometidas a temperatura máxima 40°C.....	184
Figura N°59 a) Briquetas grupo seco b) Briquetas grupo seco expuestas a máxima temperatura.....	185
Figura N°60 Colocado del C.A. en la lámina metálica.....	199
Figura N°61 Láminas de cemento asfáltico previo al acondicionamiento.....	199
Figura N°62 Calentado de lámina y extracción del cemento asfáltico.....	200
Figura N°63 Muestras sumergidas a temperatura Mínima.....	200
Figura N° 64 Láminas de C.A sumergidas a temperatura media.....	202
Figura N°65 Láminas acondicionadas a temperatura máxima.....	204

Indice de graficas

	Página
Gráfica N°1 Curva granulométrica grava tamaño máximo nominal $\frac{3}{4}$ ".....	98
Gráfica N°2 Curva granulométrica grava tamaño máximo nominal $\frac{3}{8}$ ".....	99
Gráfica N°3 Curva granulométrica agregado fino.....	100
Gráfica N°4 Análisis combinado de comprobación.....	147
Gráfica N°5 % De desgaste temperatura mínima grupo seco y húmedo.....	176
Gráfica N°6 Tiempo vs % de resistencia conservada temperatura mínima.....	177
Gráfica N° 7 Tiempo vs porcentaje de desgaste temperatura media.....	182
Gráfica N°8 Indice de conservación de resistencia Temperatura Media.....	183
Gráfica N°9 Tiempo vs porcentaje de desgaste temperatura máxima.....	188
Gráfica N°10 Indice de conservación de resistencia en función del tiempo temperatura máxima.....	189
Gráfica N°11 Indice de resistencia conservada de las tres temperaturas.....	190
Gráfica N°12 Variación de la densidad en función del tiempo y la temperatura media.....	196
Gráfica N°13 Variación de la densidad en función del tiempo y la temperatura media.....	197
Gráfica N°14 Variación de la densidad en función del tiempo y la temperatura máxima.....	198
Gráfica N°15 Penetración en función de tiempo y temperatura mínima.....	202
Gráfica N°16 Penetración en función de tiempo y temperatura media.....	204
Gráfica N°17 Penetración en función de tiempo y temperatura máxima.....	206
Gráfica N°18 Penetración a distintas temperaturas y tiempo.....	207