

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



**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS
ASFÁLTICAS EN TEMPLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y
UTILIZANDO DESECHO DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) y
POLIESTIRENO (PS) COMO ADITIVOS”**

Por:

COLQUE HUARAYO JUAN MIGUEL

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 I-2019

TARIJA – BOLIVIA

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

**“ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS
ASFÁLTICAS EN TEMPLADO CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y
UTILIZANDO DESECHO DE POLICLORURO DE VINILO (PVC) y
POLIESTIRENO (PS) COMO ADITIVOS”**

Por:

COLQUE HUARAYO JUAN MIGUEL

SEMESTRE I-2019

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

.....
M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO
FACULTAD DE CIENCIAS
TEGNOLOGÍA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANO
FACULTAD DE CIENCIAS Y
TEGNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Marcelo Segovia
Cortez
(TRIBUNAL 1)

.....
Ing. Mabel Zambrana
Velasco
(TRIBUNAL 2)

.....
Ing. Mejia Mogrovejo
Weimar Adolfo
(TRIBUNAL 3)

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

Dedicatoria:

Infinitas gracias a Dios mi padre que sin su ayuda no hubiera podido llegar hasta donde llegue, por toda la fuerza que me dio para lograr superar cada desafío en este camino de la vida y por el cuidado que me diste Dios mío.

A mis padres Simon Colque y Ines Huarayo les debo tanto que ni una vida alcanzaría para pagarles tanto sacrificio que hicieron para que sea la persona que soy.

A mis hermana Maria Ines Colque gracias por tanto amor incondicional y apoyo que me brindaste.

Al doctor Marcos Oliva por la confianza que puso en mi persona.

Al Ingeniera Trinidad Baldiviezo, Moises Diaz y a los técnico Fernando Colque y Carlos Subia, por sus conocimientos brindados para que esta investigación se haga posible.

A todos mis compañeros de estudios que en cada desafío nos volvimos más amigos gracias por sus consejos, apoyo y amistad brindada que nunca los olvidare enserio muchas gracias.

A mi casa de estudios la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por permitirme culminar mis estudios y a todos los Docentes que compartieron sus experiencias y conocimientos en todos estos años.

Agradecimiento:

A mi Padre Celestial, Creador del Universo, porque con amor eterno me ha amado y me atrajo con bondad hacia sus brazos de misericordia. Gracias por tus ricas bendiciones Señor, todos los días de mi existencia.

Pensamiento:

“Pedid, y os darán; buscad y hallaréis; llamad, y os abrirán. Porque todo el que pide, recibe; el que busca, halla; y al que llama, le abren.”

Jesucristo

Advertencia.
Dedicatoria.
Agradecimiento.
Pensamiento.
Resumen.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	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	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivo específico	5
1.5. HIPÓTESIS.....	6
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES Y DEPENDIENTES... 6	
1.6.1. Identificación de variables	6
1.6.2. Conceptualización y operacionalización de las variables	6
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	7
1.7.1. Componentes.....	7
1.7.1.1. Unidad de estudio	7
1.7.1.2. Población.....	7
1.7.1.3. Muestra	7
1.7.1.4. Muestreo	8
1.7.2. Métodos y técnicas empleadas.....	8
1.7.2.1. Definición, selección y/o elaboración de los métodos y técnicas	8
en función del objeto y los objetivos	
1.7.2.2. Descripción de los instrumentos para la obtención de datos	9
1.7.2.3. Procedimiento de aplicación	11

1.7.3.	Procedimiento para el análisis y interpretación de la información	13
1.7.3.1.	Tratamiento de los datos (empleo de la estadística)	13
1.8.	ALCANCE.....	16

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS

	Pág.	
2.1.	PAVIMENTO FLEXIBLE	19
2.1.1.	Definición	19
2.1.2.	Componentes.....	19
2.1.3.	Características	23
2.2.	MEZCLA ASFÁLTICA	24
2.2.1.	Definición	24
2.2.2.	Clasificación	25
2.2.3.	Componentes.....	27
2.2.3.1.	Asfalto.....	28
2.2.3.2.	Agregados	28
2.2.4.	Características.....	28
2.2.5.	Propiedades.....	31
2.3.	MEZCLA ASFÁLTICA TEMPLADA CON EMULSIÓN	33
2.3.1.	Mezcla asfáltica templada.....	33
2.3.1.1.	Generalidades.....	33
2.3.1.2.	Definición	33
2.3.1.3.	Antecedentes.....	34
2.3.2.	Propiedades mecánicas de los polímeros.....	35
2.3.2.1.	Beneficios de la mezcla tibia	38
2.3.2.2.	Estudios comparativos sobre las ventajas de las mezclas tibias	42
2.3.2.3.	Métodos para producir mezclas tibias.....	50
2.3.3.	Emulsión	55
2.3.3.1.	Definición	55
2.3.3.2.	Tipos de emulsión.....	56

2.3.3.3. Empleo de las emulsiones.....	61
2.3.3.4. Empleo de las emulsiones asfálticas tradicionales con..... aditivos químicos	62
2.3.3.5. Propiedades básicas de las emulsiones	63
2.4. MATERIALES MODIFICADORES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS....	65
2.5. MÉTODO MARSHALL	72

CAPÍTULO III

MEZCLAS ASFÁLTICAS CON EMULSIÓN ASFÁLTICA Y UTILIZANDO EL POLICLORURO DE VINILO (PVC) Y POLIESTIRENO (PS) COMO ADITIVOS

	Pág.
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	85
3.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE LA MEZCLA.....	89
3.2.1. Características del banco de materiales	89
3.3. MATERIALES ADICIONANTES A LA MEZCLA ASFÁLTICA POR VÍA HÚMEDA (PVC Y PS)	91
3.3.1. Dosificación de los polímeros.....	94
3.4. CARACTERÍSTICAS DE LA EMULSIÓN.....	95
3.5. MUESTREO DE LOS MATERIALES.....	96
3.6. ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS	99
3.6.1.1. Ensayos de los agregados.....	99
3.6.1.2. Ensayos de granulometría (ASTM C136 AASHTO T 27).....	100
3.6.1.3. Ensayos de equivalente de arena (ASTM D 2419 AASHTO T 176-00).....	105
3.6.1.4. Ensayo de peso unitario de los agregados (ASTM C29	111
AASHTO T 19 M-00)	
3.6.1.5. Ensayo de peso específico de agua del agregado fino (ASTM E 128	116
AASHTO T 84-00)	
3.6.1.6. Ensayo de peso específico y absorción de agua en el agregado grueso.....	123
(ASTM E 127 AASHTO T 85)	
3.6.1.7. Ensayo de desgaste por medio de la máquina de los Ángeles	128

(ASTM E 131 AASHTO T 96)

3.6.1.8.	Ensayo de determinación de partículas laminares, chatas y alargadas (AASHTO D791)	134
3.7.	ENSAYOS DE CARACTERIZACIÓN DE LA EMULSIÓN ASFÁLTICA	136
3.7.1.	Ensayo de viscosidad saybolt- furol (ASTM D 244 AASHTO T-72).....	136
3.7.2.	Método de residuo por destilación (ASTM D 6997 ASTHTO T 59-97).....	140
3.8.	ENSAYO AL RESIDUO DE DESTILACION	143
3.8.1.	Ensayo de penetración (ASTM D5 AASHTO T 49-97).....	143
3.8.2.	Ensayo de ductilidad (ASTM D 113 AASHTO T 51-00)	146
3.8.3.	Ensayo para determinar la densidad real o peso específico del residuo de la emulsión o ligante asfaltico (ASTM D71-94 AASHTO T229-97)	149
3.9.	DOSIFICACIÓN	153
3.9.1.	Determinación de proporción de emulsión	157
3.9.2.	Determinación de las cantidades de agregado y de emulsión.....	158
3.10.	PROCEDIMIENTO DE LA MEZCLA CONVENCIONAL.....	159
3.10.1.	Resumen de los datos obtenidos en el ensayo mashall	169
3.10.2.	Cálculos y resultados de las muestras	172
3.10.3.	Determinación del peso volumétrico	176
3.11.	DETERMINACIÓN DE LA ESTABILIDAD Y FLUENCIA	177
3.12.	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.....	177
3.12.1.	Evaluación del peso volumétrico	177
3.12.2.	Evaluación de la estabilidad.....	183
3.12.3.	Evaluación de la fluencia	184
3.13.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	185
3.13.1.	Análisis y resultados de las propiedades mecánicas	185
3.13.2.	Análisis de justificar el tipo de tráfico y carretera para la aplicación..... de este tipo de mezcla	193
3.13.3.	Análisis de definir la ventaja y desventajas	194
3.14.	COMPARACIÓN DE COSTOS DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	196
	DISEÑADAS CON REFERENCIA AL COSTO DE MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL	

3.15.	VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	200
-------	-----------------------------------	-----

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Pág.
4.1.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 209
4.1.1.	Conclusiones..... 209
4.1.2.	Recomendaciones 210

Bibliografía

- Anexo A Planilla de caracterización de los agregados
- Anexo B Planilla de caracterización de la emulsión asfáltica
- Anexo C Planillas de dosificación
- Anexo D Planillas Marshall
- Anexo E Peso volumétrico

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Estructura típica de un pavimento asfáltico flexible	19
Figura 2. Sección donde se pueden apreciar las capas del pavimento flexible	20
Figura 3. Distribución de cargas en un pavimento asfáltico.....	24
Figura 4. Clasificación de las mezclas asfálticas por su temperatura de fabricación.	26
Figura 5. Desarrollo sostenible	34
Figura 6. Reducciones registradas en las emisiones de planta en la..... producción de mezcla.	39
Figura 7. Colocación de mezcla asfáltica en caliente y mezcla asfáltica tibia	40
Figura 8. Compactación de mezcla asfáltica tibia	40
Figura 9. Niveles de emisión de CO ₂ en tres momentos de medida en la planta de asfalto.	45
Figura 10. Niveles de emisión de CO y NO _x en tres momentos de medida en la..... planta de asfalto	46
Figura 11. Niveles de emisión de SO ₂ y polvo en tres momentos de medida en la..... planta de asfalto.	46
Figura 12. Emisiones en la planta asfáltadora	47
Figura 13. Emisiones PAH según resultados del estudio	49
Figura 14. Rangos de temperatura para producción de mezclas asfálticas.....	50
Figura 15. Apariencia del aditivo granulado sasobit	52
Figura 16. Sistema de inyección del asfalto en forma de espuma	53
Figura 17. Sistema de doble envuelta – Shell WAM foam	54
Figura 18. Etapas para producir mezcla tibia basada en emulsión	55
Figura 19. Diagrama esquemático de una emulsión.....	55
Figura 20. Emulsión aniónica.....	56
Figura 21. Glóbulo de cemento asfáltico cubierto de moléculas del agente..... emulsionante.	57
Figura 22. Situación del glóbulo de asfalto en la emulsión aniónica terminada	57

Figura 23. Esquema sumersión de los radicales en el glóbulo de asfalto.....	59
Figura 24. Estructura molecular del emulsificante	61
Figura 25. Proceso de mezclado de una emulsión asfáltica con aditivos químicos	62
Figura 26. Materiales modificadores	66
Figura 27. Estudio de las diferentes investigaciones	67
Figura 28. Materiales utilizados para modificar asfaltos	68
Figura 29. Materiales utilizados para modificar asfaltos	69
Figura 30. Configuración Sp para los átomos de carbono de la cadena	69
principal de la molécula de polietileno.	
Figura 31. Estructura física de los polímeros	70
Figura 32. Curva viscosidad-temperatura para cementos asfálticos.....	75
Figura 33. Curva estabilidad vs. porcentaje de asfalto	82
Figura 34. Curva de peso unitario vs. porcentaje de asfalto	82
Figura 35. Curva porcentaje de vacíos en la mezcla vs. porcentaje de asfalto.....	83
Figura 36. Curva flujo vs. porcentaje de asfalto.....	83
Figura 37. Curva porcentaje de vacíos en el agregado vs. porcentaje de asfalto	84
Figura 38. Mapa político del estado plurinacional de Bolivia.....	86
Figura 39. Mapa político del departamento de Tarija.....	87
Figura 40. Mapa de la provincia Cercado.....	87
Figura 41. Ubicación de la comunidad de San Mateo	88
Figura 42. Ubicación de la chancadora Garzón.....	88
Figura 43. Ubicación de acopio de materiales.....	89
Figura 44. Chancadora Garzón	90
Figura 45. Oficinas de la chancadora Garzón.....	90
Figura 46. Equipo y maquinaria.	91
Figura 47. Recolección de los materiales adiconantes Policloruro de Vinilo (PVC)...	92
y Poliestireno (PS).	
Figura 48. Capital Industrial	92
Figura 49. Equipos de trituración	93
Figura 50. Materiales triturados de PVC y PS.....	93
Figura 51. Tamizado del Policloruro de Vinilo (PVC).....	94

Figura 52. Características de la emulsión asfáltica.....	96
Figura 53. Acopio de la grava.....	97
Figura 54. Acopio de la gravilla	97
Figura 55. Acopio de la arena.....	98
Figura 56. Muestreo del material.....	98
Figura 57. Obteniendo la muestra de emulsión convencional.....	99
Figura 58. Sacando una muestra de las bolsas con una cuchara para ponerlas	101
en la bandeja y pesarlas en la balanza.	
Figura 59. Juego de tamices por donde se introducirá la muestra	101
Figura 60. Tamizado a detalle la muestra para luego obtener el peso retenido.....	102
en el tamiz.	
Figura 61. Probetas y materiales para el ensayo.....	106
Figura 62. Mediante un embudo vierto la muestra de arena en las probetas.....	106
hasta el límite que indica la probeta	
Figura 63. Las probetas con el defloculante	107
Figura 64. Agitando la probeta con el defloculante.....	107
Figura 65. Las tres probetas después de la mezcla	108
Figura 66. Llenamos con agua las 3 probetas hasta el límite superior	108
Figura 67. Mezclando toda la muestra con agua y el defloculante.....	109
Figura 68. Introduciendo el pisón para compactar	109
Figura 69. Verificando como quedo después del apisonamiento	110
Figura 70. Materiales molde de 3 L, varilla y la muestra de arena para realizar.....	112
el ensayo.	
Figura 71. Volumen suelto de arena.....	112
Figura 72. Obtención del peso de la arena.....	112
Figura 73. Materiales: molde de 10 L, varilla y la muestra de grava para	113
realizar el ensayo	
Figura 74. Volumen suelto de la grava.....	113
Figura 75. Volumen compactado de la grava	113
Figura 76. Enrazando con la varilla para la obtención del peso	114
Figura 77. Muestra saturada y puesta en una bandeja grande	117

Figura 103. Los corchos puestos en el tubo de viscosidad	137
Figura 104. Poniendo los 2 frascos recibidor	138
Figura 105. La emulsión en el tubo de viscosidad.....	138
Figura 106. Se retiró el tapón de corcho y se controla el tiempo hasta que	139
llegue a la marca de aforo.	
Figura 107. Obtención del peso del destilador de aleación de aluminio	140
Figura 108. Vaciando 200 gr de emulsión en el destilador de aleación de aluminio	140
Figura 109. Armandó el equipo para el ensayo	141
Figura 110. Encendido del fuego en el destilador	141
Figura 111. Proceso de destilación	142
Figura 112. Equipo de penetración.....	143
Figura 113. Muestras del residuo.....	144
Figura 114. Baño de agua a 25°C	144
Figura 115. Proceso de penetración.....	145
Figura 116. Llenar de agua el equipo del ductilemetro a una temperatura de 25°C.....	146
Figura 117. Armar los moldes y colocar glicerina con maicena	146
Figura 118. Colocar el residuo de la emulsión en los moldes dejando.....	147
por 30 minutos secando.	
Figura 119. Enrasar y posteriormente dejarlo en el agua por 30 minutos	147
Figura 120. Colocando los moldes en el ductilometro después de los 30 min en agua .	148
Figura 121. Encender el equipo y ver cuánto es la marcación en la regla.....	148
cuando caiga al estirarse el residuo de emulsión	
Figura 122. Limpieza de los vasos precipitados	149
Figura 123. Determinar la masa de los vasos precipitados limpio y seco	149
Figura 124. Sumergir el picnómetro con agua destilada en agua por 30 minutos.....	150
Figura 125. Retire el vaso precipitado y luego proceder a secarlo y pesarlo.....	150
Figura 126. Se debe llenar el vaso precipitado del ligante asphaltico.....	151
previamente calentado y dejarlo por 30 minutos.	
Figura 127. Luego se procede agregar el agua destilada hasta los 50 ml	151
y se deja por 30 minutos en agua y luego procedemos a pesarlo.	
Figura 128. Graduaciones propuestas para mezclas cerradas.....	154

Figura 129. Contenido óptimo de emulsión asfáltica	157
Figura 130. Pesando la cantidad de agregados	165
Figura 131. Pesando la cantidad de emulsión.....	168
Figura 132. Realizando el colocado a las briquetas.....	169
Figura 133. Midiendo las alturas de las briquetas con un vernier	176
Figura 134. Determinando el peso de las briquetas	176
Figura 135. Rotura de briquetas.....	177

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variable independiente.....	6
Tabla 2. Variables dependientes.....	7
Tabla 3. Valores de exposición	48
Tabla 4. Clasificación de las mezclas asfálticas por temperatura	51
Tabla 5. Clasificación de emulsiones asfálticas	60
Tabla 6. Planilla de resultado de la granulometría del agregado grueso (grava)	102
Tabla 7. Planilla de resultado de la granulometría del agregado grueso (gravilla) ..	103
Tabla 8. Planilla de resultado de la granulometría del agregado fino (arena)	104
Tabla 9. Datos del ensayo de equivalente de arena.....	110
Tabla 10. Resultados del ensayo equivalente de arena	111
Tabla 11. Datos del ensayo de peso unitario de la arena suelto	114
Tabla 12. Datos del ensayo de peso unitario de la arena compactado	114
Tabla 13. Datos del peso unitario de la gravilla 3/4”	115
Tabla 14. Resultados del ensayo de gravilla 3/4”	115
Tabla 15. Datos del peso unitario de la grava 3/4”	116
Tabla 16. Resultados del ensayo de gravilla 3/4”	116
Tabla 17. Datos del ensayo peso específico del agregado fino	121
Tabla 18. Resultados del ensayo de peso específico para agregado fino	123
Tabla 19. Datos del ensayo de peso específico de la grava 3/4”	127
Tabla 20. Resultados del ensayo de peso de la grava 3/4"	128
Tabla 21. Datos del ensayo se realiza para la gravilla de 3/4”	128
Tabla 22. Resultados del ensayo de peso específico de la gravilla 3/4”	128
Tabla 23. Tabla de los agregados gruesos y el N° de esferas para el desgaste	133
de los ángeles.	
Tabla 24. Datos del ensayo de desgaste para la grava 3/8"	133
Tabla 25. Datos del ensayo de desgaste para la gravilla 3/4”	134
Tabla 26. Datos del ensayo partículas laminares	134
Tabla 27. Resultados del ensayo	135

Tabla 28.	Datos del ensayo chatas alargadas	135
Tabla 29.	Resultados del ensayo chatas y alargadas	135
Tabla 30.	Datos del ensayo de viscosidad de la emulsión convencional	139
Tabla 31.	Resultados del ensayo de destilación de la emulsión..... asfáltica convencional.	142
Tabla 32.	Datos del ensayo de penetración del residuo de la emulsión asfáltica..... Convencional.	145
Tabla 33.	Datos del ensayo de ductilidad del residuo de la emulsión asfáltica	148
Tabla 34.	Datos del ensayo de peso específico o densidad relativa del	152
	residuo de la emulsión asfáltica convencional.	
Tabla 35.	Resultados de los ensayos de caracterización de los agregados.....	152
Tabla 36.	Resultados de los ensayos de caracterización de la..... emulsión convencional.	153
Tabla 37.	Contenido de agregados en granulometría formada.....	155
Tabla 38.	Granulometría formada	155
Tabla 39.	Granulometría formada	158
Tabla 40.	Contenidos de agregados y emulsión convencional.....	158
Tabla 41.	Resumen de la planilla Marshall convencional	160
Tabla 42.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 1% PVC y PS	160
Tabla 43.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 2% PVC y PS	161
Tabla 44.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 3% PVC y PS	161
Tabla 45.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 4% PVC y PS	162
Tabla 46.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 5% PVC y PS	162
Tabla 47.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 6% PVC y PS	163
Tabla 48.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 7% PVC y PS	163
Tabla 49.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 8% PVC y PS	164
Tabla 50.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 9% PVC y PS	164
Tabla 51.	Contenidos de agregados y emulsión adicionando el 10% PVC y PS	165

Tabla 52.	Resumen de la planilla Marshall con polímeros	165
Tabla 53.	Lectura de los datos del ensayo Marshall para la obtención del contenido óptimo de emulsión asfáltica.	170
Tabla 54.	Lectura de los datos del ensayo Marshall para la obtención del contenido óptimo de polímero.	171
Tabla 55.	Altura de la briqueta.....	172
Tabla 56.	Peso de la briqueta.....	172
Tabla 57.	Peso de la briqueta saturada superficialmente seco	173
Tabla 58.	Peso de la briqueta sumergido.....	173
Tabla 59.	Lectura del dial, obtenidas del ensayo Marshall	174
Tabla 60.	Factores de corrección.....	175
Tabla 61.	Valores reales del ensayo Marshall corregido.....	175
Tabla 62.	Fluencia corregida	175
Tabla 63.	Datos de alturas medidas de cada briqueta.....	178
Tabla 64.	Resultados de alturas promedios de cada briqueta.....	179
Tabla 65.	Datos de diámetros medidos de cada briqueta	179
Tabla 66.	Resultados de diámetros promedios de cada briqueta.....	179
Tabla 67.	Datos promedios de cada briqueta	180
Tabla 68.	Datos de pesos de cada briqueta.....	180
Tabla 69.	Datos de pesos y volúmenes de cada briqueta	180
Tabla 70.	Resultados de peso volumétrico de cada briqueta.....	181
Tabla 71.	Resultado de peso volumétrico para un contenido de 78,83 ml de emulsión convencional.	181
Tabla 72.	Resultados del peso volumétrico de emulsión convencional	182
Tabla 73.	Resultados del peso volumétrico de mezcla asfáltica con..... emulsión y adición de PVC y PS.	182
Tabla 74.	Resultados de estabilidad de emulsión convencional	183
Tabla 75.	Estabilidad de una mezcla asfáltica con emulsión y	184

adición de PVC y PS.

Tabla 76.	Resultados de fluencia de emulsión convencional	185
Tabla 77.	Fluencia de una mezcla asfáltica con emulsión y adición..... de PVC y PS	185
Tabla 78.	Producción de mezcla asfáltica en caliente	192
Tabla 79.	Producción de mezcla asfáltica templada.....	192
Tabla 80.	Clasificación técnica de carreteras	193
Tabla 81.	Precios unitarios de mezcla asfáltica templada con	196
	emulsión convencional.	
Tabla 82.	Precios unitarios de mezcla asfáltica templada con emulsión..... y adición del PVC y PS.	197
Tabla 83.	Costo unitario de las mezclas asfálticas	198
Tabla 84.	Resultado de peso volumétrico para un contenido de 120 ml de	201
	Emulsión convencional.	
Tabla 85.	Validación peso volumétrico de emulsión convencional.....	201
Tabla 86.	Resultado de peso volumétrico para un contenido de 120 ml.....	202
	de emulsión con adición de los polímeros.	
Tabla 87.	Validación peso volumétrico en función de los polímeros	203
Tabla 88.	Resultado de estabilidad para un contenido de 120 ml de emulsión.....	204
Tabla 89.	Validación estabilidad en función de la emulsión.....	204
Tabla 90.	Resultado de la estabilidad para un contenido de 120 ml	205
	de emulsión en función del contenido de polímeros.	
Tabla 91.	Validación de la estabilidad en función de la emulsión y el	205
	porcentaje de polímero.	
Tabla 92.	Resultado de fluencia para un contenido de 120 ml de emulsión	206
Tabla 93.	Validación de la fluencia en función de la emulsión	207
Tabla 94.	Resultado de la fluencia para un contenido de 120 ml.....	208
	de emulsión en función del porcentaje de polímeros.	

Tabla 95. Validación de la fluencia en función de la emulsión 208

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Dosificación de los polímeros utilizados para la mezcla.....	95
Gráfico 2. Curva granulométrica del agregado grueso (grava)	103
Gráfico 3. Curva granulométrica del agregado grueso (gravilla)	104
Gráfico 4. Curva granulométrica del agregado fino (arena).....	105
Gráfico 5. Curva de la granulometría formada.....	156
Gráfico 6. Análisis curva peso volumétrico vs. % emulsión convencional.....	186
Gráfico 7. Análisis curva peso volumétrico vs. % mezcla asfáltica con emulsión y adición de PVC y PS	187
Gráfico 8. Análisis curva estabilidad vs. % emulsión convencional	188
Gráfico 9. Análisis curva estabilidad vs. % mezcla asfáltica con emulsión..... y adición de PVC y PS.	189
Gráfico 10. Análisis curva fluencia vs. % emulsión convencional	190
Gráfico 11. Análisis curva fluencia vs. % mezcla asfáltica con..... emulsión y adición de PVC y PS.	197
Gráfico 12. Comparación de costo de una mezcla convencional y una adicionada con PVC y PS.	199
Gráfico 13. Validación de curva peso volumétrico vs. % emulsión convencional ..	200
Gráfico 14. Validación de curva peso volumétrico vs. % polímeros	202
Gráfico 15. Validación de la estabilidad vs. % emulsión asfáltica.....	203
Gráfico 16. Validación de estabilidad vs. % polímeros.....	204
Gráfico 17. Validación de la fluencia vs. % emulsión asfáltica	206
Gráfico 18. Validación de la fluencia vs. % polímeros	207