

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“EVALUACIÓN DE LIGANTES PARA MEZCLAS DE BAJA
TEMPERATURA”**

Por:

GABRIELA SIVILA ORTEGA

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

Gestión de 2014

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**

**“EVALUACIÓN DE LIGANTES PARA MEZCLAS DE
BAJA TEMPERATURA”**

Por:

GABRIELA SIVILA ORTEGA

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

Gestión de 2014

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi padre Milton Sivila Martínez y mi madre Ana María Romero Ortega, por ser unos buenos padres y haberme guiado en las diferentes etapas de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Mi mayor agradecimiento a Dios por darme sabiduría e inteligencia, a mi familia por siempre haberme acompañado y estar presente en los momentos importantes de mi vida.

ÍNDICE

ADVERTENCIA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Fundamentación teórica.....	2
1.2.1. Justificación.....	2
1.3. Diseño teórico.....	3
1.3.1. Determinación del problema.....	3
1.3.2. Objetivos del trabajo.....	5
1.3.3. Hipótesis.....	5
1.3.4. Definición de variables.....	6
1.3.5. Alcance.....	7
1.4. Diseño metodológico.....	9
1.4.1. Unidad de estudio y decisión muestral.....	9
1.4.2. Métodos, técnicas y procedimientos.....	10
1.4.3. Tratamiento estadístico.....	12

CAPÍTULO II

2. ASPECTOS GENERALES DE LOS LIGANTES ASFALTICOS Y MEZCLAS ASFALTICAS.....	14
2.1. Asfalto.....	14
2.1.1. Antecedentes.....	14
2.1.3. Producción de los asfaltos.....	15
2.1.4. Composición química de los asfaltos.....	19
2.1.5. Propiedades físicas de los asfaltos.....	19

2.1.6.	Clasificación de los asfaltos de pavimentación	22
2.1.7.	Especificaciones sobre los cementos asfálticos	25
2.1.8.	Pruebas de control que se aplican a muestras asfálticas almacenadas	31
2.2.	Mezclas asfálticas	33
2.2.1.	Generalidades.....	33
2.2.2.	Mezclas asfálticas en la construcción de pavimentos	34
2.2.3.	Funcionalidad de las mezclas asfálticas en los pavimentos	34
2.2.4.	Definición de mezcla asfáltica	37
2.2.6.	Tipología de mezclas asfálticas	40
2.2.7.	Diseño de mezclas asfálticas	45
2.3.1.	Modificadores de asfalto	50
2.3.2.	Aditivos de mezclas de baja temperatura	51
2.3.3.	Propiedades de los ligantes para mezclas de baja temperatura	52
2.3.4.	Algunos beneficios que se busca en ligantes empleados para mezclas de baja temperatura	53

CAPITULO III

3.	APLICACIÓN PRÁCTICA.....	55
3.1.	Análisis del cemento asfáltico 85-100.....	55
3.1.1.	Proceso de caracterización del cemento asfáltico 85-100.....	55
3.2.	Análisis de ligantes asfálticos formados de cemento más fluidificante	67
3.2.1.	Descripción de las características de los fluidificantes	67
3.2.2.	Proceso de caracterización de los ligantes	67
3.2.3.	Ligante asfáltico N°1 (Cemento asfáltico 85 – 100 más fluidificante gasolina)	79
3.2.4.	Ligante asfáltico N°2 (Cemento asfáltico 85 – 100 más fluidificante keroseno)	86
3.2.5.	Ligante asfáltico N°3 (Cemento asfáltico 85 – 100 más fluidificante diesel) 94	
3.2.6.	Evaluación de ligantes para mezclas de baja temperatura	103

CAPITULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
4.1. Conclusiones.....	114
4.2. Recomendaciones	120
5. CRONOGRAMA.....	122
6. BIBLIOGRAFÍA.....	123
ANEXOS	

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica N° 1. Esquemas de las variables independientes y dependientes.....	6
Gráfica N° 2. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°1 (ensayo 1).....	82
Gráfica N° 3. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°1 (ensayo 2).....	83
Gráfica N° 4. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°1 (ensayo 3).....	83
Gráfica N° 5. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°1 (promedio).....	84
Gráfica N° 6. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°1 (mínima).....	85
Gráfica N° 7. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°1 (máxima).....	86
Gráfica N° 8. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (ensayo 1).....	90
Gráfica N° 9. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (ensayo2).....	90
Gráfica N° 10. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (ensayo 3).....	91
Gráfica N° 11. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (promedio).....	92
Gráfica N° 12. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (mínima).....	93
Gráfica N° 13. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (máxima).....	94
Gráfica N° 14. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°3 (ensayo 1).....	98
Gráfica N° 15. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°3 (ensayo 2).....	98
Gráfica N° 16. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°3 (ensayo 3).....	99
Gráfica N° 17. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°3 (promedio).....	100
Gráfica N° 18. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°3 (mínima).....	101
Gráfica N° 19. Relación viscosidad vs temperatura del ligante asfáltico N°2 (máxima).....	102
Gráfica N° 20. Relación viscosidad vs temperatura de los ligantes asfálticos (promedio).....	105
Gráfica N° 21. Relación viscosidad vs temperatura de los ligantes asfálticos (mínima).....	106
Gráfica N° 22. Relación viscosidad vs temperatura de los ligantes asfálticos (máxima).....	107
Gráfica N° 23. Relación de penetración vs ligantes (promedio).....	109
Gráfica N° 24. Gráfica de barras de la consistencia de los ligantes asfálticos.....	110
Gráfica N° 25. Relación punto de ablandamiento vs ligantes.....	111
Gráfica N° 26. Gráfica de barras de la dureza de los ligantes asfálticos.....	112
Gráfica N° 27. Relación viscosidad vs temperatura de los ligantes asfálticos (promedio).....	116
Gráfica N° 28. Gráfica de barras de la consistencia de los ligantes asfálticos.....	118
Gráfica N° 29. Gráfica de barras de la dureza de los ligantes asfálticos.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla Nº 1. Normas AASHTO y ASTM aplicables a asfalto.....	26
Tabla Nº 2. Pruebas de control de calidad de los cementos asfálticos.....	31
Tabla Nº 3. Especificaciones que deben cumplir los cementos asfálticos.....	32
Tabla Nº 4. Propiedades funcionales de las mezclas asfálticas.....	36
Tabla Nº 5. Propiedades técnicas de las mezclas asfálticas.....	37
Tabla Nº 6. Clasificaciones de las mezclas asfálticas.....	40
Tabla Nº 7. Ventajas y desventajas de las mezclas de baja temperatura.....	42
Tabla Nº 8. Resultados obtenidos de la caracterización del cemento asfáltico 85 – 100.....	67
Tabla Nº 9. Datos y Resultados obtenidos de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol (ligante Nº1).....	79
Tabla Nº 10. Volúmenes de Destilación.....	80
Tabla Nº 11. Datos y Resultados de la prueba de Penetración (ligante Nº1).....	81
Tabla Nº 12. Datos y Resultados de la prueba de Punto de Ablandamiento (ligante Nº1).....	81
Tabla Nº 13. Datos y Resultados obtenidos de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol (ligante Nº2).....	87
Tabla Nº 14. Volúmenes de Destilación (ligante Nº2).....	87
Tabla Nº 15. Datos y Resultados de la prueba de Penetración (ligante Nº2).....	89
Tabla Nº 16. Datos y Resultados de la prueba de Punto de Ablandamiento (ligante Nº2).....	89
Tabla Nº 17. Datos y Resultados obtenidos de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol (ligante Nº3).....	95
Tabla Nº 18. Volúmenes de Destilación (ligante Nº3).....	95
Tabla Nº 19. Datos y Resultados de la prueba de Penetración (ligante Nº3).....	97
Tabla Nº 20. Datos y Resultados de la prueba de Punto de Ablandamiento (ligante Nº3).....	97
Tabla Nº 21. Resultados promedios de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol.....	103
Tabla Nº 22. Resultados mínimos de la prueba Viscosidad Saybolt Furol.....	103
Tabla Nº 23. Resultados máximos de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol.....	103
Tabla Nº 24. Resultados promedios de la prueba de Penetración.....	104
Tabla Nº 25. Resultados promedios de la prueba de Punto de Ablandamiento.....	104
Tabla Nº 26. Resultados obtenidos de la caracterización del cemento asfáltico 85 – 100.....	115
Tabla Nº 27. Resultados promedios de la prueba de Penetración.....	115
Tabla Nº 28. Resultados promedios de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol.....	116
Tabla Nº 29. Resultados promedios de la prueba de Punto de Ablandamiento.....	116
Tabla Nº 30. Resultados promedios de la prueba de Viscosidad Saybolt Furol.....	117

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1. Diagrama de flujo de recuperación y refinación del asfalto de petróleo.....	18
Figura N° 2. Comportamiento del asfalto (Consistencia Vs Temperatura).....	20
Figura N° 3. Determinación de la Viscosidad Relativa.....	26
Figura N° 4. Viscosímetro Capilar.....	27
Figura N° 5. Ensayo de Penetración.....	27
Figura N° 6. Ensayo de Ductilidad.....	29
Figura N° 7. Ensayo de Punto de Reblandecimiento (Anillo y Bola).....	30
Figura N° 8. Esquema del ensayo Marshall.....	47
Figura N° 9. Curvas de las propiedades de la prueba Marshall.....	48

ÍNDICE DE FOTOS

	Página
Foto N° 1. Calentamiento de la muestra asfáltica	56
Foto N° 2. Tamizado de la muestra asfáltica	56
Foto N° 3. Muestras a temperatura ambiente.....	57
Foto N° 4. Baño de agua de las muestras a 25°C.	57
Foto N° 5. Prueba de Penetración.....	58
Foto N° 6. Lectura de penetración de la muestra asfáltica	58
Foto N° 7. Control de temperatura de la muestra.....	59
Foto N° 8. Realización de la Prueba de Viscosidad	59
Foto N° 9. Medición en segundos de muestra que fluye en el orificio Furol	60
Foto N° 10. Equipo para la prueba de Punto de Ablandamiento.....	60
Foto N° 11. Muestra a temperatura ambiente.....	61
Foto N° 12. Amado de equipo	61
Foto N° 13. Baño de agua de las muestras a 5°C.	62
Foto N° 14. Aplicación de calor a la muestra	62
Foto N° 15. Lectura de temperatura de cada bola	63
Foto N° 16. Moldes para prueba de Ductilidad.....	64
Foto N° 17. Vaciado de muestra en los moldes.....	64
Foto N° 18. Muestras a temperatura ambiente.....	65
Foto N° 19. Briquetas en el ductilímetro.....	65
Foto N° 20. Prueba de Ductilidad.....	66
Foto N° 21. Lectura de elongación de la muestra en cm.....	66
Foto N° 22. Realización de la Prueba de Viscosidad.....	69
Foto N° 23. Medición en segundos de muestra que fluye en el orificio Furol	70
Foto N° 24. Determinación del peso de probeta más asfalto.....	70
Foto N° 25. Determinación del peso de probeta más agua.....	71
Foto N° 26. Determinación de peso de matraz más asfalto.....	71
Foto N° 27. Muestra asfáltica en el matraz de destilación	72
Foto N° 28. Equipo para la Prueba de Destilación	72
Foto N° 29. Control de temperaturas y volúmenes de destilación	73
Foto N° 30. Registro de los volúmenes de destilación.....	73
Foto N° 31. Residuo de destilación.....	74
Foto N° 32. Vaciado de muestra en las capsulas.....	74
Foto N° 33. Muestras a temperatura ambiente.....	75
Foto N° 34. Baño de agua de las muestras	75
Foto N° 35. Prueba de Penetración.....	76
Foto N° 36. Lectura de la muestra asfáltica.....	76
Foto N° 37. Equipo de punto de ablandamiento	77
Foto N° 38. Muestras a temperatura ambiente.....	77
Foto N° 39. Baño de agua de las muestras a 5°C.....	78
Foto N° 40. Lectura de temperatura de cada bola	79

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo.....
Anexo 1. Planillas de laboratorio.....
Anexo 2. Tablas y gráficas de resultados.....