

“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO TOPOGRAFÍA Y DE VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
INCORPORANDO FORTGRID ASPHALT 160”**

Por:

DANITZA QUISPE YAÑEZ

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

Semestre II - 2024

TARIJA-BOLIVIA

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

**“EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS
INCORPORANDO FORTGRID ASPHALT 160”**

Por:

DANITZA QUISPE YAÑEZ

SEMESTRE II - 2024

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado con mucho cariño y respeto a mis padres quienes me brindaron constante apoyo y paciencia para cumplir esta importante meta en mi vida.

A mi familia por el continuo apoyo incondicional en cada momento ofreciéndonos su amor y su paciencia.

A mis hijos que fueron parte fundamental en este proceso, gracias por esa ayuda brindada durante todos estos años.

ÍNDICE
CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

	Página
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación problemática.....	2
1.2.1 Problema	2
1.2.2 Relevancia y factibilidad del problema	3
1.2.3 Delimitación temporal y espacial del problema	3
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos de la investigación	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivo específico	4
1.5 Hipótesis	5
1.6 Operacionalización de las variables.....	5
1.6.1 Variables independientes	5
1.6.2 Variables dependientes.....	6
1.7 Identificación del tipo de investigación	6
1.8 Unidades de estudio y decisión muestral	6
1.8.1 Unidad de estudio	6
1.8.2 Población	6
1.8.3 Muestra	6
1.8.4 Muestreo	7
1.9 Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.9.1 Método.....	7

1.9.2 Técnicas	7
1.10 procedimiento de la información	10
1.11 Alcance de la investigación	10

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
2.1 Mezclas asfálticas	11
2.1.1 Clasificación de las mezclas asfálticas	12
Características de las mezclas asfálticas en caliente	13
2.1.2 Funcionalidad de las mezclas asfálticas	18
2.1.3 Propiedades de las mezclas asfálticas	18
2.2 Componentes de las mezclas asfálticas.....	19
2.2.1 Cemento asfáltico	19
2.2.2 Agregados pétreos	43
2.2.3 Filler.....	76
2.3 Método de diseño Marshall.....	76
2.3.1 Granulometría	77
2.3.2 Especificaciones de la metodología.....	79
2.3.3 Evaluación y ajustes de una mezcla de diseño	80
2.3.4 Pruebas a las mezclas asfálticas compactadas	83
2.4 Mezclas asfálticas modificadas.....	84
2.4.1 Asfaltos modificados para fabricación de mezclas asfálticas.....	84
2.4.2 Características de las Mezclas Modificadas	85
2.5 Pavimentos flexibles	85
2.5.1 Características de pavimentos flexibles.....	86

2.5.2 Carpeta asfáltica.....	88
2.5.3 Fallas en los pavimentos flexibles	89
2.5.4 Fallas comunes en los pavimentos.....	90
2.6 Geomalla fortgrid asphalt 160	91
2.6.1 Beneficios de la geomalla fortgrid asphalt 160	93
2.6.2 Aumento de la resistencia al reflejo de agrietamientos	93
2.6.3 Alta resistencia al corte en la interface	94
2.6.4 Criterio de selección de la geomalla.....	94

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS

	Página
3.1 Selección de materiales.....	97
3.1.1 Material pétreo.....	97
3.1.2 Ubicación geográfica.....	97
3.1.3 Cemento asfáltico	98
3.1.4 Ubicación geográfica.....	98
3.2 Caracterización de los agregados.....	99
3.2.1 Análisis granulométrico por tamizado.....	99
3.2.2 Ensayo de desgaste por medio de la máquina de los ángeles	103
3.2.3 Ensayo de durabilidad por el método de los sulfatos para determinar la desintegración	106
3.2.4 Ensayo de peso específico y absorción de agua en agregados gruesos	110
3.2.5 Ensayo de peso específico y absorción de agua del agregado fino	111
3.2.6 Ensayo de equivalencia de arena	113
3.2.7 Ensayo de porcentajes de caras fracturadas.....	116

3.2.8 Ensayo determinación de partículas laminares, chatas y alargadas (ASTM-4791).....	118
3.3 Caracterización del cemento asfáltico	120
3.3.1 Ensayo de penetración (AASHTO T49-97) (ASTM D-5)	120
3.3.2 Ensayo de punto de inflamación (AASHTO T 79-96) (ASTM D 1310-01).....	122
3.3.3 Ensayo peso específico del asfalto AASHTO T-43 (ASTM D-70)	124
3.3.4 Ensayo punto de ablandamiento AASHTO T-53 (ASTM D-36)	125
3.3.5 Ensayo para determinar la ductilidad (AASHTO T 51-00) (ASTM D-113).....	127
3.3.6 Resumen de resultados del cemento asfáltico	129
3.4 Diseño de la mezcla asfáltica por el método de Marshall para obtener el contenido óptimo.....	129
3.4.1 Composición granulométrica de los agregados	130
3.4.2-Determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico convencional 85-100	132
3.5 Determinación de las cantidades de agregados, cemento asfáltico y la geomalla para la mezcla en investigación.	136
3.5.1 Procedimiento de ensayo realizado en laboratorio.	137
3.6 Ensayo de Marshall.....	141
3.7 Proceso de cálculo de propiedades mecánicas en mezclas asfálticas conveconal y modificadas de la geomalla FORTGRID ASPHALT 160	143
3.7.1 Briquetas	143
3.7.2 Altura de las briquetas	143
3.7.3 Peso seco de briqueta.....	143
3.7.4 Peso de briqueta en el aire saturado y superficialmente seco (s.s.s.).....	144
3.7.5 Peso de briqueta sumergida en agua.....	144
3.7.6 Volumen de la briqueta.....	145

3.7.7 Densidad de la briqueta	145
3.7.8 Porcentaje de vacíos	146
3.7.9 Estabilidad y fluencia	147
3.7.10 Resultados diseño contenido de asfalto óptimo para la mezcla	149
3.8 Dosificación con la incorporación de la geomalla a diferentes alturas.....	153
3.8.1 Proceso para la adición de la geomalla FORTGRID ASPHALT 160 a las mezclas asfálticas.....	154
3.8.2 Geomalla a 0 cm de la base	155
3.8.3 Geomalla a 2 cm de la base	156
3.8.4 Geomalla a 4 cm de la base	157
3.8.5 Evaluación de la estabilidad	158
3.8.6 Evaluación de la fluencia.....	159
3.8.7 Comparación de resultados de estabilidad.....	160
3.8.8 Comparación de los resultados de la fluencia.....	161
3.9 Comparación de los valores obtenidos para el contenido óptimo del diseño Marshall con la incorporación de la geomalla en diferentes alturas aplicadas	162

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1 Conclusiones	164
4.2 Recomendaciones	166

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo 1: Caracterización de los agregados.

Anexo 2: Caracterización del Asfalto.

Anexo 3: Diseño Marshall Mezcla Convencional y Modificada.

Anexo 4: Costo Comparativo Con Geomalla y Sin Geomalla.

Anexo 5: Certificación de los Materiales.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Variable Independiente	5
Tabla 1.2 Variable Dependiente.....	6
Tabla 2.1 Clasificación de Mezclas asfálticas.....	17
Tabla 2.2 Condiciones para ensayos especiales	23
Tabla 2.3 Valores de corrección del punto de inflamación y de combustión	31
Tabla 2.4 Termómetros Astm Para Viscosidades Saybolt	33
Tabla 2.5 Precisión.....	36
Tabla 2.6 Especificaciones que debe cumplir el agregado grueso.....	43
Tabla 2.7 Especificaciones que debe cumplir el agregado fino	44
Tabla 2.8 Graduación del agregado fino de acuerdo a AASHTO M 29	44
Tabla 2.9 Serie de tamices utilizados para realizar la granulometría.....	45
Tabla 2.10 Serie de tamices	46
Tabla 2.11 Grados de ensayo (definidos por sus rangos de tamaño, en mm).....	65
Tabla 2.12 Masa mínima de la muestra de prueba.....	67
Tabla 2.13 Tamaño de la Muestra de ensayo de áridos fino.....	71
Tabla 2.14 Árido grueso.....	72
Tabla 2.15 Serie de Tamices para el examen cuantitativo	74
Tabla 2.16 Gradaciones propuestas para mezclas cerradas (ASTM -D3515)	78
Tabla 2.17 Criterio de diseño de mezclas Marshall	79
Tabla 2.18 Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)	80
Tabla 2.19 Factor de Eficiencia requerido	94
Tabla 3.1 Granulometría agregado fino	99

Tabla 3.2 Granulometría agregado grueso	100
Tabla 3.3 Granulometría agregado grueso 2	101
Tabla 3.4 Granulometría agregado fino	102
Tabla 3.5 Datos del ensayo de desgaste para la grava 3/4”	105
Tabla 3.6 Datos del ensayo de desgaste para la gravilla 3/8”	106
Tabla 3.7 Datos del ensayo de durabilidad para el agregado grueso	107
Tabla 3.8 Resultados del ensayo de durabilidad para agregado grueso	109
Tabla 3.9 Datos del ensayo de durabilidad para el agregado Fino.....	109
Tabla 3.10 Resultados del ensayo de durabilidad para agregado fino	110
Tabla 3.11 Peso específico para agregado grueso (grava)	111
Tabla 3.12 Peso específico para agregado grueso (gravilla).....	111
Tabla 3.13 Datos del ensayo peso específico del agregado fino (Arena)	112
Tabla 3.14 Peso específico del agregado fino (Arena)	113
Tabla 3.15 Datos del ensayo peso específico del agregado fino (Filler)	113
Tabla 3.16 Peso específico del agregado fino (Filler).....	113
Tabla 3.17 Ensayo de equivalencia de arena	115
Tabla 3.18 Datos de ensayo de caras fracturadas.....	117
Tabla 3.19 Resultados del ensayo de caras fracturadas	118
Tabla 3.20 Resultados de la caracterización de los agregados pétreos	118
Tabla 3.21 Datos del ensayo partículas Laminares	119
Tabla 3.22 Resultado de ensayo.....	119
Tabla 3.23 Datos del ensayo Chatas Alargadas	119
Tabla 3.24 Resultados del ensayo chatas y alargadas	120
Tabla 3.25 Datos del ensayo de penetración cemento asfáltico 85-100	122

Tabla 3.26 Datos del ensayo de punto de inflamación-cemento asfaltico 85-100....	124
Tabla 3.27 Datos del ensayo de peso específico cemento asfaltico 85-100.....	125
Tabla 3.28 Datos obtenidos del ensayo punto de ablandamiento cemento asfaltico 85-100	127
Tabla 3.29 Resultados ensayo de ductilidad	128
Tabla 3.30 Resumen de resultados del cemento asfáltico.....	129
Tabla 3.31 Diseño granulométrico - método Marshall (ASTM D 3515).....	131
Tabla 3.32 Constante de área m ² /kg.....	133
Tabla 3.33 Índice Asfaltico	134
Tabla 3.34 Agrupación de grupos	134
Tabla 3.35 Contenido mínimo de cemento asfaltico.....	135
Tabla 3.36 Datos para realizar la dosificación con los diferentes porcentajes de cemento asfáltico.....	136
Tabla 3.37 Dosificación Marshall con diferentes porcentajes de cemento asfáltico	136
Tabla 3.38 Identificación de briquetas	143
Tabla 3.39 Altura media de cada briqueta	143
Tabla 3.40 Peso seco de las briquetas	144
Tabla 3.41 Peso de briqueta superficialmente seca.....	144
Tabla 3.42 Peso de briqueta sumergido en agua	145
Tabla 3.43 Estabilidad real.....	147
Tabla 3.44 Altura promedio y factor de corrección por altura.....	147
Tabla 3.45 Estabilidad corregida.....	148
Tabla 3.46 Fluencia en la prensa Marshall	148
Tabla 3.47 Resultados de la estabilidad y fluencia	148
Tabla 3.48 Resultados del diseño de contenido óptimo de asfalto	149

Tabla 3.49 Resultados obtenidos con los 6 porcentajes de cemento asfaltico para encontrar el contenido óptimo de la misma	150
Tabla 3.50 Resultados del diseño de la mezcla asfáltica	153
Tabla 3.51 Resultados del diseño óptimo de la mezcla asfáltica	153
Tabla 3.52 Resultados del diseño con la incorporación de la geomalla a 0 cm de la base	156
Tabla 3.53 Resultados del diseño con la incorporación de la geomalla a 2 cm de la base	157
Tabla 3.54 Resultados del diseño con la incorporación de la geomalla a 4 cm de la base	158
Tabla 3.55 Evaluación de la estabilidad con la geomalla a 3 alturas diferentes	158
Tabla 3.56 Evaluación de la fluencia con la geomalla a 3 alturas diferentes.....	159
Tabla 3.57 Estabilidad en la mezcla asfáltica convencional y modificada	160
Tabla 3.58 Fluencia en la mezcla asfáltica convencional y modificada	161
Tabla 3.59 Comparación de los valores óptimos con los encontrados a diferentes alturas	162

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Flujograma de actividades en función a procedimiento por perspectiva.....	9
Figura 2.1 Mezclas asfálticas	11
Figura 2.2 Mezclas asfálticas Calientes	13
Figura 2.3 Mezclas asfálticas en frio.....	15
Figura 2.4 Vacíos en mezclas asfálticas.....	16
Figura 2.5 Agregado en las mezclas asfálticas.....	16
Figura 2.6 Cemento Asfaltico	20
Figura 2.7 Molde para ductilidad de muestra de ensayo.....	28
Figura 2.8 Viscosímetro Saybolt con orificio Universal y Furol	37
Figura 2.9 Anillo, Porta anillo, ensamble del aparato mostrando dos anillos.....	41
Figura 2.10 Probeta graduada	62
Figura 2.11 Máquina de los Ángeles	65
Figura 2.12 Método MARSHALL.....	77
Figura 2.13 Esfuerzos de tensión y corte en los agrietamientos	92
Figura 2.14 Efecto mecánico del esfuerzo	92
Figura 2.15 Refuerzo de capas asfálticas para control del reflejo de agrietamientos en trabajos de mantenimiento en vías y aeropuertos.	95
Figura 2.16 Refuerzo de capas asfálticas para aumento de su vida útil.....	95
Figura 2.17 Refuerzo de capas asfálticas para control de agrietamientos por excavaciones para redes de servicios públicos.....	95
Figura 2.18 Refuerzo de capas asfálticas para control de agrietamientos por juntas de ampliación de banca.....	96
Figura 3.1 Ubicación de la Chancadora Concasbal	98

Figura 3.2 Ubicación de la Posta Municipal de Tarija.....	99
Figura 3.3 Máquina de desgaste de los Ángeles	104
Figura 3.4 Esferas y material utilizado	104
Figura 3.5 Colocando las muestras en los recipientes para posteriormente colocar el sulfato de sodio.....	107
Figura 3.6 Vertiendo la muestra para realizar el ensayo.	112
Figura 3.7 Determinación del equivalente de arena.....	114
Figura 3.8 Muestra en reposo.....	115
Figura 3.9 Separando las muestras para la realizar el ensayo	116
Figura 3.10 Penetración de la muestra	121
Figura 3.11 Ensayo de punto Inflamación	123
Figura 3.12 Realización del ensayo punto de inflamación	123
Figura 3.13 Ensayo de peso específico	124
Figura 3.14 Equipo para realizar el ensayo de punto de ablandamiento.....	126
Figura 3.15 Realización del ensayo punto de ablandamiento	126
Figura 3.16 Ensayo de ductilidad.....	127
Figura 3.17 Realización del ensayo de ductilidad.....	128
Figura 3.18 Pesando la cantidad de los agregados para la mezcla asfáltica	137
Figura 3.19 Calentamiento el cemento asfáltico	138
Figura 3.20 Mezclado homogéneo de la muestra.....	138
Figura 3.21 Toma de muestra de la temperatura a la muestra	139
Figura 3.22 Aceitado de los moldes para facilitar el desmoldado	139
Figura 3.23 Incorporación de la mezcla asfáltica a los moldes.....	140
Figura 3.24 Compactación de las briquetas	140

Figura 3.25 Extracción de la muestra con la ayuda de un gato hidráulico.....	141
Figura 3.26 Briquetas finalizadas.....	141
Figura 3.27 Alturas de briquetas	142
Figura 3.28 Baño maría.....	142
Figura 3.29 Incorporación de la geomalla a 3 alturas diferentes	154
Figura 3.30 Recortado de la malla	154
Figura 3.31 Comprobación del diámetro de la geomalla	155
Figura 3.32 Briqueta con la geomalla a 0cm.....	155
Figura 3.33 Incorporación de la geomalla a 2cm.....	156
Figura 3.34 Incorporación de geomalla a 4cm.....	157

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfica 3.2 Granulometría agregado grueso	101
Gráfica 3.3 Granulometría agregado grueso 2	102
Gráfica 3.4 Granulometría agregado fino	103
Gráfica 3.5 Faja de trabajo	132
Gráfica 3.6 Densidad vs % de cemento asfáltico	151
Gráfica 3.7 Estabilidad vs % de cemento asfáltico	151
Gráfica 3.8 Fluencia vs % de cemento asfáltico	151
Gráfica 3.9 Vacíos de agregado mineral (V.A.M.) vs % de cemento asfáltico	152
Gráfica 3.10 % de vacíos llenos de asfalto (R.B.V) vs % de cemento asfáltico.....	152
Gráfica 3.11 % de vacíos de la mezcla vs % de cemento asfáltico.....	152
Gráfica 3.12 Análisis de la Estabilidad.....	162
Gráfica 3.13 Análisis de la Fluencia	163