

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE
MEZCLA ASFALTICA Densa, SEMIDENSA, Y ABIERTA
ADICIONADA CON PROPILENO”**

Por:

JULIO CESAR PIZARRO RAMOS

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 II-2020

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "JUAN MISAEL SARACHO"

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE
MEZCLA ASFALTICA Densa, SEMIDENSA, Y ABIERTA
ADICIONADA CON PROPILENO”**

Por:

JULIO CESAR PIZARRO RAMOS

SEMESTRE II-2020

TARIJA - BOLIVIA

.....
M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez
DECANO DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

.....
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa
VICEDECANA DE LA FACULTAD
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Ing. Luis Alberto Yurquina Flores

.....
Ing. Ada Gladys Lopez Rueda

.....
Ing. Laura Karina Soto Salgado

El docente y tribunal evaluador del Proyecto de Ingeniería Civil, no se solidarizan con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleadas en la elaboración del presente trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

DEDICATORIA:

A Dios y a mis padres.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios...

PENSAMIENTO:

Morir antes que esclavos vivir...

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

1.1. GENERALIDADES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	1
1.3. DISEÑO TEÓRICO.....	2
1.3.1. Situación problemática	2
1.3.2. Problema.....	3
1.4. OBJETIVOS	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. HIPÓTESIS.....	4
1.6. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	4
1.6.1. Variable independiente.....	4
1.6.2. Variable dependiente.....	4
1.6.3. Conceptualización y Operacionalización de las variables.....	4
1.7. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.7.1. Unidad de Estudio.	5
1.7.2. Población.....	5
1.7.3. Muestra	5
1.7.4. Muestreo	5
1.8. SELECCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MUESTREO	5
2.1. ANTECEDENTES DEL ASFALTO.....	8
2.2. MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	9
2.2.1. Definición de mezclas asfálticas	9
2.2.2. Clasificación de mezclas asfálticas	9
2.3. COMPONENTES MEZCLAS ASFÁLTICAS	12

2.3.1. Cemento asfáltico	12
2.3.1.1. Cemento asfáltico	12
2.3.1.2. Refinación del petróleo para la obtención del cemento asfáltico	13
2.3.1.3. Composición química del asfalto.....	14
2.3.1.4. Ensayos para caracterizar el cemento asfáltico.....	15
2.4. AGREGADOS	18
2.4.1. Tipos de agregados utilizados en mezclas asfálticas.....	19
2.4.1.1. Agregado grueso	19
2.4.1.2. Agregado fino	19
2.4.1.3. Filler.....	20
2.4.1.4. Propiedades de los agregados	21
2.5. CONTROL DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS	27
2.5.1. Ensayos realizados a los agregados.....	28
2.5.1.1. Granulometría (ASTM E 40 AASHTO T27-99).....	28
2.5.1.2. Densidad real, densidad neta y la absorción de agua en áridos gruesos y finos (AASHTO T85, AASHTO T84)	29
2.5.1.3. Equivalente de arena (ASTM D 2419 AASHTO T176-00)	29
2.5.1.4. Desgaste mediante la máquina de Los Ángeles (ASTM E 131 AASHTO T96-99)	30
2.5.1.5. Desintegración sulfato de sodio (ASTM E 88 AASHTO T104-99).....	30
2.5.1.6. Caras fracturadas en los áridos (ASTM D 5821).....	30
2.5.1.7. Porcentaje de partículas planas y alargadas (ASTM D4791)	30
2.5.2. Especificaciones que deben cumplir los agregados	31
2.5.2.1. Agregado grueso	31
2.5.2.2. Agregado fino	31
2.6.- CARACTERÍSTICAS DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS	32
2.7.- PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	36
2.8. COMPORTAMIENTO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.....	39
2.9. COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO ASFÁLTICO	40
2.9. COMPORTAMIENTO DEL AGREGADO MINERAL	42

2.10. COMPORTAMIENTO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS.....	43
2.11. DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	44
2.11.1. Demanda de asfalto para la combinación de agregados.....	45
2.11.2. Porcentaje de asfalto nuevo en la mezcla	45
2.11.3. Tanteos de diseño de la mezcla y selección de la fórmula de trabajo	46
2.11.4. Método de diseño Marshall	46
2.11.4.1. Preparación para efectuar los procedimientos Marshall	47
AASHTO T 245.....	47
2.11.4.2. Selección de las muestras de material.....	47
2.11.4.3. Preparación del agregado.....	48
2.11.4.4. Preparación de las muestras (probetas) de ensayo.....	49
2.11.4.5. Procedimiento del ensayo Marshall.....	50
2.11.4.6. Determinación del peso específico total (AASHTO T 166).....	50
2.11.4.7. Ensayos de estabilidad y fluencia	50
2.11.4.8. Valor de estabilidad Marshall.....	51
2.11.4.9. Valor de fluencia Marshall	52
2.11.4.10. Análisis de densidad y vacíos	52
2.11.4.11. Análisis de vacíos	52
2.12. MODIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS	53
2.13. MEZCLA ASFÁLTICA DENSA, SEMIDENSA Y ABIERTA ADICIONADA CON POLIPROPILENO	55
2.13.1. Mezcla asfáltica Densa, Semidensa y Abierta	55
2.13.2. POLIPROPILENO	58
2.13.2.1 Características	58
2.13.2.2 Propiedades	59
3.3 OBTENCIÓN DEL POLIPROPILENO	70
3.3.1 Material polipropileno.....	70
3.6. CARACTERÍSTICAS DEL POLIPROPILENO - PP.....	84
4.2. DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE.	86
4.2.1. Preparación y fabricación de briquetas.....	86

4.2.1.1. Preparación de las muestras	86
4.2.1.2. Cálculo de materiales diseño Marshall	87
4.2.1.3. Compactación de las briquetas	87
4.2.1.4. Peso y volumen de las briquetas.....	89
4.2.2. Densidad Bulk	89
4.2.3. Gravedad específica máxima teórica.....	90
4.2.4. Cálculo de vacíos.....	90
4.2.5. Pruebas de estabilidad y fluencia	90
4.3. DISEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE DENSAS – SEMIDENSAS Y ABIERTAS.	91
4.3.1. Preparación y fabricación de briquetas densas, semidensas y abiertas	92
4.3.1.1. Preparación de las muestras	93
4.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	95
4.4.1. Resultados de los ensayos de evaluación de calidad y caracterización.....	95
4.4.2. Análisis de Resultados de la Mezcla Densa	96
4.4.3. Análisis de la mezclas semidensas	99
4.4.4. Análisis de la Mezclas Abiertas	102
5.1 CONCLUSIONES	151
5.2 RECOMENDACIONES	152

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1 Conceptualización de variable independiente.....	4
Tabla 1.2 Conceptualización de variable dependiente.....	5
Tabla 2.1 Clasificación de las mezclas asfálticas de acuerdo a su granulometría	12
Tabla 2.2 Clasificación de las mezclas asfálticas de acuerdo a su granulometría.....	12
Tabla 2.3 Composición química del asfalto	17
Tabla 2.4 Grados estándar del filler mineral	22
Tabla 2.5 Serie de tamices utilizados para realizar la granulometría.....	30
Tabla 2.6 Especificaciones que debe cumplir el agregado grueso	32
Tabla 2.7 Especificaciones que debe cumplir el agregado fino	33
Tabla 2.8 Graduación del agregado fino de acuerdo a AASHTO M 29	33
Tabla 4.1 Resultado de ensayo de penetración	68
Tabla 4.2 Resultado de ensayo de ductilidad	70
Tabla 4.3 Resultado de ensayo de punto de inflamación	71
Tabla 4.4 Resultado de ensayo viscosidad Saybolt-Furol	73
Tabla 4.5 Gravedad específica del liganteasfáltico	74
Tabla 4.6 Porcentaje de desgaste en la Máquina de losÁngeles	76
Tabla 4.7 Determinación del peso específico absorción del agregadofino.....	77

Tabla 4.8 Determinación del peso específico y absorción del agregado grueso	79
Tabla 4.9 Granulometrías individuales de los agregados.....	80
Tabla 4.10 Franja granulométrica para mezclasasfálticas	82
Tabla 4.11 Franja granulométrica para mezclas asfálticas	84
Tabla 4.12 Cálculo de materiales Diseño Marshall para mezclasDensas.....	90
Tabla 4.13 Tablas de Franjas Granulometrías para Mezclas Asfálticas en Caliente de Gradación Continúa	91
Tabla 4.14 Cálculo de materiales Diseño Marshall para mezclasDensas.....	93
Tabla 4.15 Cálculo de C.A. Diseño Marshall para mezclasDensas.....	95
Tabla 4.16 Cálculo de materiales Diseño Marshall para mezclas Densas con 0.5 % de Polipropileno.....	97
Tabla 4.17 Cálculo de materiales Diseño Marshall para mezclas Densas con 1.0 % de Polipropileno	99
Tabla 4.18 Cálculo de materiales Diseño Marshall para mezclas Densas con 1.5 % de Polipropileno	101
Tabla 4.19 Resultados Obtenidos.....	103
Tabla 4.20 Análisis Resultados Mezclas Densas	104
Tabla 4.21 Análisis Resultados Mezcla Semidensa.....	108
Tabla 4.22 Análisis Resultados Mezcla Abierta	112

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Proceso de refinación del petróleo para la obtención del asfalto.....	16
Figura 2.2 Ensayo normal de penetración.....	18
Figura 2.3 Ensayo de ductilidad.....	19
Figura 2.4 Distribución de esfuerzos.....	30
Figura 2.5 Ilustración del VMA en una probeta de Mezcla compactada.....	35
Figura 2.6 Porcentaje mínimo de VMA.....	36
Figura 3.1 Comportamiento del flujo del asfalto.....	42
Figura 3.2 Agregados pétreos de trituración.....	44
Figura 3.3 Comportamiento del agregado sometido a carga de corte.....	45
Figura 3.4 Variación del comportamiento de una mezcla asfáltica en función del tiempo de aplicación de una carga (curva experimental).....	46
Figura 4.1 Recolección del agregado chancadora Charaja.....	66
Figura 4.2 Ensayo de penetración en muestras de asfalto.....	67
Figura 4.3 Muestras estiradas antes de que se rompan.....	69
Figura 4.4 Ejecución del ensayo punto de inflamación.....	71
Figura 4.5 Ejecución de viscosidad Saybolt-Furol.....	72
Figura 4.6 Ejecución del ensayo peso específico del ligante.....	74
Figura 4.7 Desgaste en la Máquina de los Ángeles.....	75
Figura 4.8 Muestra saturada del agregado fino.....	77
Figura 4.9 Muestra saturada y peso sumergido de la muestra.....	78
Figura 4.10 Cuarteador de muestras.....	80
Figura 4.11 Polipropileno para la elaboración de la Mezcla Asfáltica.....	83
Figura 4.12 Briquetas de estudio.....	85
Figura 4.13 Preparación del molde y colocado de la mezcla.....	86
Figura 4.14 Pesado de briquetas en aire y sumergido.....	87
Figura 4.15 Briquetas de estudio.....	92

Figura 4.16 Granulometría para Mezclas Densas	94
Figura 4.17 Estabilidad Marshall	105
Figura 4.18 Fluencia Marshall	106
Figura 4.19 % Vacíos Marshall.....	107
Figura 4.20 Estabilidad Marshall	109
Figura 4.21 Fluencia Marshall	110
Figura 4.22 Vacíos Marshall.....	111
Figura 4.23 Estabilidad Marshall	113
Figura 4.24 Fluencia Marshall	114
Figura 4.25 % Vacíos Marshall.....	115