

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“ANÁLISIS SOBRE LA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA
EN MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA ADICIÓN DE
ZEOLITA”**

Por:

CARREÑO MIRANDA RAFAEL

SEMESTRE I - 2018
TARIJA – BOLIVIA

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

DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“ANÁLISIS SOBRE LA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA
EN MEZCLAS ASFÁLTICAS MEDIANTE LA ADICIÓN DE
ZEOLITA”**

Por:

CARREÑO MIRANDA RAFAEL

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

**SEMESTRE I - 2018
TARIJA – BOLIVIA**

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, hermanos, familiares y amigos que siempre estuvieron para ayudarme incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por acompañarme en todo momento.

A mis padres y hermanos que fueron el pilar fundamental para que pueda lograr mi más grande deseo.

A mis amigos, especialmente a los que llegue a conocer en la última etapa de la universidad por brindarme su amistad sincera y desinteresada.

Y a una persona muy especial (G.T.O.) que a pesar de los momentos difíciles siempre estuvo para apoyarme incondicionalmente.

PENSAMIENTO

«Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: LA VOLUNTAD»

Albert Einstein

ÍNDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Pensamiento	
Resumen ejecutivo	

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes.....	1
1.2.	Justificación.....	2
1.3.	Planteamiento del problema.....	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.	Definición de variables independientes y dependientes.....	4
1.7.	Diseño metodológico.....	6
1.7.1.	Componentes.....	6
1.7.2.	Métodos y técnicas empleadas.....	6
1.7.3.	Descripción de los instrumentos para la obtención de datos.....	8
1.7.4.	Procedimientos de aplicación.....	9
1.7.5.	Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información.....	9
1.8.	Alcance de la investigación.....	10

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS Y DEFINICIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS

2.1.	Mezclas asfálticas.....	12
2.2.	Clasificación de las mezclas asfálticas según su temperatura.....	13
2.3.	Componentes de las mezclas asfálticas.....	14
2.3.1.	Definición y caracterización del cemento asfáltico.....	14
2.3.2.	Definición y caracterización de los materiales pétreos.....	21
2.3.3.	Definición y caracterización del filler.....	23
2.4.	Método Marshall para el diseño de mezclas asfálticas.....	25
2.4.1.	Caracterización de las mezclas asfálticas.....	28
2.5.	Parámetros estandarizados según norma ASTM.....	31
2.5.1.	Granulometría.....	31
2.5.2.	Especificaciones para mezclas asfálticas convencionales.....	32
2.6.	Evaluación y ajustes de una mezcla de diseño.....	33
2.6.1.	Vacios bajos y estabilidad baja.....	33
2.6.2.	Vacios bajos y estabilidad satisfactoria.....	34
2.6.3.	Vacios satisfactorios y estabilidad satisfactoria.....	34
2.6.4.	Vacios altos y estabilidad satisfactoria.....	35
2.6.5.	Vacios altos y estabilidad baja.....	35
2.7.	Definición de zeolita.....	35
2.7.1.	Caracterización de la Zeolita.....	36
2.8.	Mezclas asfálticas modificas (semicalientes o tibias).....	37
2.8.1.	Ventajas de las mezclas asfálticas semicalientes.....	37
2.8.2.	Tecnologías para obtener mezclas asfálticas semicalientes.....	38
2.8.3.	Tecnología Aspha-min (patentado por EUROVIA).....	40

CAPÍTULO III: DISEÑO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS CON Y SIN ZEOLITA

3.1.	Generalidades.....	42
3.2.	Ubicación y procedencia de los materiales.....	42
3.3.	Muestreo.....	43
3.4.	Desarrollo para la caracterización de los materiales.....	44
3.4.1.	Caracterización del agregado.....	44
3.4.2.	Caracterización del cemento asfáltico.....	48
3.4.3.	Caracterización de la Zeolita.....	51
3.5.	Metodología de diseño Marshall para mezclas asfálticas convencionales.....	51
3.5.1.	Diseño granulométrico Marshall.....	52
3.5.2.	Calculo de los materiales para el diseño Marshall.....	53
3.5.3.	Determinación de parámetros previos a la rotura de briquetas.....	53
3.5.4.	Rotura de briquetas en la Marquina Marshall.....	56
3.5.5.	Determinación del contenido óptimo de asfalto.....	57
3.6.	Diseño de mezclas asfálticas con distintos porcentajes de Zeolita.....	58
3.6.1.	Mezclas asfálticas con zeolita a 130°C.....	59
3.6.2.	Determinación del porcentaje de zeolita para mezclas a 130°C.....	60
3.6.3.	Mezclas asfálticas con zeolita a 100°C.....	61
3.6.4.	Determinación del porcentaje de zeolita para mezclas a 100°C.....	63
3.7.	Análisis de Resultados.....	64
3.7.1.	Caracterización de los agregados.....	64
3.7.2.	Caracterización del cemento asfáltico BETUPEN PLUS (85-100).....	66
3.7.3.	Caracterización de la Zeolita.....	67
3.7.4.	Diseño de mezclas asfálticas para obtener el % óptimo de asfalto.....	68

3.7.5.	Mezcla asfáltica con Zeolita a 130°C.	69
3.7.6.	Mezcla asfáltica con Zeolita a 100°C.	70
3.7.7.	Análisis de costos de la mezcla asfáltica con y sin Zeolita.	71

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.	Conclusiones.	75
4.2.	Recomendaciones.	76

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.7- 1: Equipo necesario para el muestreo	7
Figura 1.7- 2: Equipo Marshall	8
Figura 2. 1: Baño térmico, Máquina de ensayo Marshall	27
Figura 3. 1: Agregado de 3/4", 3/8" y arena	43
Figura 3. 2: Cemento asfáltico (85 - 100)	43
Figura 3. 3: Mineral zeolita natural	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1: Conceptualización y operacionalización de variables.....	5
Tabla 2. 1 Especificaciones para el cemento asfáltico. Clasificados por su viscosidad a 60°C	15
Tabla 2. 2: Especificaciones para cementos asfálticos. Clasificados por su grado de penetración	16
Tabla 2. 3 Graduaciones propuestas para mezclas cerradas (ASTM D3616)	31
Tabla 2. 4: Criterio de diseño de Mezclas Marshall.....	32
Tabla 2. 5: Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA).....	32
Tabla 2. 6: Reducciones en las temperaturas para obtener mezclas asfálticas mediante diferentes métodos.....	38
Tabla 2. 7: Temperatura de fabricación y extendido.....	40
Tabla 2. 8: Efecto en las propiedades del aglomerado.....	40
Tabla 2. 9: Emisiones de mezcla asfáltica caliente y mezcla asfáltica semicaliente..	41
Tabla 3.4- 1: Granulometría grava	44
Tabla 3.4- 2: Granulometría gravilla.....	45
Tabla 3.4- 3: Granulometría Arena	45
Tabla 3.4- 4: Equivalente de Arena.....	46
Tabla 3.4- 5: Gradación grava.....	47
Tabla 3.4- 6: Gradación gravilla.....	47
Tabla 3.4- 7: Granulometría Zeolita.....	51
Tabla 3.5- 2: Granulometría elaborada.....	53
Tabla 3.5- 3: Parámetros realizados a las briquetas	56
Tabla 3.5- 4: Estabilidad y fluencia.....	57
Tabla 3.5- 1: Granulometría elaborada.....	52

Tabla 3.6.1- 1: Cantidades de material con el % óptimo de asfalto T=130°C	59
Tabla 3.6.1- 2: Parámetros realizados a las briquetas con zeolita a 130°C	59
Tabla 3.6.1- 3: Estabilidad y Fluencia en briquetas con zeolita T= 130°C	60
Tabla 3.6.3- 1: Cantidades de material con el % óptimo de asfalto T=100°C	61
Tabla 3.6.3- 2: Parámetros realizados a las briquetas con zeolita a 100°C	62
Tabla 3.6.3- 3: Estabilidad y Fluencia en briquetas con zeolita T= 100°C	62
Tabla 3.7.1- 2: Tabla resumen de los agregados	65
Tabla 3.7.1- 1: Límites para un TMN 3/4"	64
Tabla 3.7.2- 1: Tabla resumen Cemento asfáltico	66
Tabla 3.7.4- 1: Tabla Resumen Diseño Marshall	68
Tabla 3.7.4- 2: Porcentaje óptimo del cemento asfáltico	68
Tabla 3.7.5- 1: Resumen Diseño Marshall con Zeolita T=130°C	69
Tabla 3.7.5- 2: Porcentaje de Zeolita T=130°C	69
Tabla 3.7.6- 1: Resumen Diseño Marshall con Zeolita T=100°C	70
Tabla 3.7.6- 2: Porcentaje Zeolita T=100°C	70

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 2. 1: Temperatura de fabricación, consumo de combustible y cantidad de emisiones de gases efecto invernadero	13
Gráfica 3.5.5- 1: Estabilidad vs % C.A.	57
Gráfica 3.5.5- 2: Fluencia vs % C.A.	57
Gráfica 3.5.5- 3: Densidad vs % C.A.	58
Gráfica 3.5.5- 4: % Vacíos vs %C.A.	58
Gráfica 3.5.5- 5: V.A.M. vs % C.A.	58
Gráfica 3.5.5- 6: R.B.V. vs % C.A.	58
Gráfica 3.6.2- 1: Estabilidad vs %Zeolita T=130°C.....	60
Gráfica 3.6.2- 2: Fluencia vs %Zeolita T=130°C.....	60
Gráfica 3.6.2- 3: Densidad vs %Zeolita T=130°C.....	61
Gráfica 3.6.2- 4: %Vacíos Mezcla vs %Zeolita T=130°C.....	61
Gráfica 3.6.2- 5: V.A.M. vs % Zeolita T=130°C	61
Gráfica 3.6.2- 6: R.B.V. vs % Zeolita T=130°C.....	61
Gráfica 3.6.4- 1: Estabilidad vs %Zeolita T=100°C.....	63
Gráfica 3.6.4- 2: Fluencia vs %Zeolita T=100°C.....	63
Gráfica 3.6.4- 3: Densidad vs %Zeolita T=100°C.....	63
Gráfica 3.6.4- 4: %Vacíos Mezcla vs %Zeolita T=100°C.....	63
Gráfica 3.6.4- 5: V.A.M. vs % Zeolita T=100°C	64
Gráfica 3.6.4- 6: R.B.V. vs %Zeolita T=100°C.....	64
Gráfica 3.7.1- 1: Granulometría Diseño Marshall.....	65
Gráfica 3.7.3- 1: Curva granulométrica Zeolita	67

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Permisos para el uso de los laboratorios.

ANEXO 2. Caracterización de los agregados.

ANEXO 3. Caracterización del cemento asfáltico.

ANEXO 4. Caracterización de la Zeolita.

ANEXO 5. Diseño Marshall convencional.

ANEXO 6. Diseño Marshal con Zeolita a 130°C y 100°C.

ANEXO 7. Especificaciones de la Zeolita DIATEC.

ANEXO 8. Respaldo fotográfico.

ANEXO 9. Guía de laboratorio proporcionado por la ABC.