

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS EXPERIMENTAL SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DE  
MEZCLAS FABRICADAS CON CENIZAS DE CELULOSA UTILIZANDO EL  
MÉTODO UCL”**

**POR:**

**ANA KAREN PAZ FARIAS**

**SEMESTRE II - GESTIÓN 2022**  
**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“ANÁLISIS EXPERIMENTAL SOBRE LA SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DE  
MEZCLAS FABRICADAS CON CENIZAS DE CELULOSA UTILIZANDO EL  
MÉTODO UCL”**

**POR:**

**ANA KAREN PAZ FARIAS**

**PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV 502**

**SEMESTRE II - GESTIÓN 2022**

**TARIJA-BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres que con apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que logre culminar mi carrera profesional.

A mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**  
**CAPÍTULO I**  
**DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO**

	Página
1.1	Introducción ..... 1
1.2	Justificación..... 1
1.3	Diseño teórico ..... 3
1.3.1	Situación Problemática..... 3
1.3.2	Problema..... 3
1.4	Objetivos ..... 4
1.4.1	Objetivo General ..... 4
1.4.2	Objetivos específicos..... 4
1.5	Hipótesis..... 4
1.6	Conceptualización de las variables ..... 4
1.6.1	Variable independiente..... 4
1.6.2	Variable dependiente..... 4
1.7	Alcance..... 5

**CAPÍTULO II**  
**SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS**

	Página
2.1	Mezclas asfálticas..... 7
2.1.1	Definición..... 7
2.1.2	Cemento asfáltico..... 13
2.1.3	Agregado pétreo empleado en mezclas asfálticas ..... 17
2.1.4	Filler en mezclas asfálticas..... 19
2.2	Diseño de mezclas asfálticas- método Marshall ..... 23
2.2.1	Diseño de mezclas asfálticas ..... 23
2.3	Método Universal de Caracterización de Ligantes (método UCL) ..... 27
2.3.1	Cohesión/Poder aglomerante..... 30
2.3.2	Susceptibilidad térmica ..... 30

2.3.3	Adhesividad.....	31
2.3.4	Envejecimiento.....	32

### **CAPÍTULO III**

#### **CRITERIOS DE RELEVAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

		Página
3.1	Desarrollo de la investigación.....	33
3.2	Ubicación banco de materiales.....	33
3.2.1	Ubicación banco de agregados y cemento asfáltico.....	33
3.2.2	Ubicación banco de ceniza de celulosa.....	33
3.3	Ubicación de laboratorio.....	34
3.4	Caracterización del material pétreo.....	34
3.4.1	Obtención de muestra.....	34
3.4.2	Selección de material.....	35
3.4.3	Caracterización de los agregados.....	35
3.5	Caracterización del cemento asfáltico.....	47
3.5.1	Ensayo de penetración.....	48
3.5.2	Ensayo de ductilidad.....	49
3.5.3	Punto de inflamación mediante la copa abierta de Cleveland.....	49
3.5.4	Punto de ablandamiento con el aparato de anillo y bola.....	51
3.5.5	Peso específico.....	52
3.6	Diseño de mezcla asfáltica por el método Marshall.....	55
3.6.1	Determinación de la densidad, estabilidad y fluencia Marshall.....	57
3.6.2	Determinación del porcentaje óptimo de cemento asfáltico.....	59
3.7	Método UCL.....	62
3.7.1	Diseño y preparación de las mezclas.....	62
3.7.2	Acondicionamiento de las muestras.....	62
3.7.3	Ensayo cántabro de pérdida por desgaste.....	65
3.7.4	Curva de estado.....	68
3.8	Análisis de precios unitarios de la mezcla asfáltica.....	69
3.9	Análisis de resultados.....	72

**CAPÍTULO IV**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Página
4.1 Conclusiones .....	78
4.2 Recomendaciones.....	79

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

ANEXO 1: CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO ASFÁLTICO

ANEXO 3: DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE

ANEXO 4: PLANILLA MÉTODO MARSHALL

ANEXO 5: PLANILLA DE PRECIOS UNITARIOS

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.	Causas y efecto relacionado con la baja estabilidad.....9
Tabla 2.	Causas y efectos relacionados con la baja durabilidad..... 10
Tabla 3.	Causas y efecto relacionados con la baja permeabilidad..... 11
Tabla 4.	Causas y efecto con la baja trabajabilidad..... 11
Tabla 5.	Causas y efecto relacionados con la baja resistencia a la fatiga ..... 12
Tabla 6.	Causas y efecto relacionados con la baja resistencia al deslizamiento..... 13
Tabla 7.	Granulometría agregado fino (Arena) .....36
Tabla 8.	Granulometría agregado grueso (Gravilla).....37
Tabla 9.	Granulometría agregado Grueso (Grava) .....38
Tabla 10.	Granulometría ceniza caña de azúcar .....39
Tabla 11.	Peso unitario agregado grueso (Grava).....40
Tabla 12.	Peso unitario agregado grueso (Gravilla) .....41
Tabla 13.	Peso unitario agregado fino (Arena).....41
Tabla 14.	Peso unitario ceniza caña de azúcar.....41
Tabla 15.	Peso específico agregado grueso (Grava).....43
Tabla 16.	Peso específico agregado grueso (Gravilla) .....43
Tabla 17.	Peso específico agregado fino (Arena) .....45
Tabla 18.	Agregado grueso (Grava) .....47
Tabla 19.	Agregado grueso (Gravilla) .....47
Tabla 20.	Ensayo de penetración .....49
Tabla 21.	Ensayo de ductilidad.....49
Tabla 22.	Ensayo punto de inflamación.....50
Tabla 23.	Ensayo punto de ablandamiento .....52

Tabla 24.	Ensayo peso específico .....	54
Tabla 25.	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico sin ceniza .....	59
Tabla 26.	Porcentaje óptimo de cemento asfáltico con ceniza .....	59
Tabla 27.	Ensayo del cántabro (Filler natural) .....	66
Tabla 28.	Ensayo del cántabro (Filler ceniza de caña de azúcar) .....	67
Tabla 29.	Resultado de % desgaste de los dos tipos de mezclas .....	68
Tabla 30.	Dosificación de mezclas asfálticas en caliente .....	72

## ÍNDICE DE IMAGEN

	Página
Imagen 1. Extracción de la ceniza de caña de azúcar.....	22
Imagen 2. Ceniza de caña de azúcar.....	23
Imagen 3. Ubicación Empresa Constructora Erika SRL.....	33
Imagen 4. Ubicación de Industrias Agrícolas de Bermejo S.A. ....	34
Imagen 5. Obtención de los agregados.....	34
Imagen 6. Tamizado mediante el equipo de ROP-TAP.....	35
Imagen 7. Peso unitario de los agregados.....	40
Imagen 8. Agregados lavados y saturados con agua por 24 horas.....	42
Imagen 9. Agregado secado superficialmente.....	42
Imagen 10. Obtención del peso sumergido en agua.....	42
Imagen 11. Obtención del peso sumergido en agua.....	43
Imagen 12. Muestra lavada y saturada en agua por 24 horas.....	44
Imagen 13. Secado superficial con secadora.....	44
Imagen 14. Verificación de la condición muestra saturada con superficie seca.....	44
Imagen 15. Colocar en un matraz 500 gr de material, llenar agua y pesar.....	45
Imagen 16. Sacar la muestra del matraz y dejar secar en el horno.....	45
Imagen 17. Lavar y secar la muestra en el horno a una temperatura de 105-110 °C.....	46
Imagen 18. Pesar los materiales retenidos.....	46
Imagen 19. Introducir la muestra y las cargas abrasivas.....	46
Imagen 20. Tamizar la muestra, para luego lavar y dejar en el horno a secar y pesar ..	47
Imagen 21. Colocar el betún en taras.....	48
Imagen 22. Colocar las muestras en baño María a 25°C por 30 min.....	48
Imagen 23. Realizando las lecturas.....	48

Imagen 24.	Muestra en la Copa de Cleveland .....	50
Imagen 25.	Muestra en ensayo pasando la llama de fuego.....	50
Imagen 26.	Engrasado de los anillos y base para evitar que se pegue.....	51
Imagen 27.	Verter el cemento asfáltico en los anillos .....	51
Imagen 28.	Poner los anillos en el poseedor y colocar hielo alrededor del vaso. ....	51
Imagen 29.	Colocar las guías centradoras y las bolas de acero. Luego calentar. ....	52
Imagen 30.	Controlar la temperatura.....	52
Imagen 31.	Determinar el peso de los picnómetros vacíos .....	53
Imagen 32.	Calibrar y pesar cada picnómetro .....	53
Imagen 33.	Verter el cemento asfáltico en cada picnómetro.....	53
Imagen 34.	Llenar con agua destilada cada uno de los picnómetros.....	54
Imagen 35.	Dejar en baño maría por 30 minutos también en agua destilada sacar .....	54
Imagen 36.	Pesar los agregados, las cantidades necesarias .....	55
Imagen 37.	Calentar los agregados y mezclar .....	55
Imagen 38.	Introducir la mezcla a los moldes .....	55
Imagen 39.	Compactar con 75 golpes cada lado, desmoldar.....	56
Imagen 40.	18 Briquetas con filler del tamizado del agregado .....	56
Imagen 41.	18 Briquetas con filler procedente de la caña de azúcar.....	56
Imagen 42.	Medir sus alturas y pesar en su estado seco al aire libre .....	57
Imagen 43.	Sumergir las briquetas en agua durante 5 min a 25 °C y pesar .....	57
Imagen 44.	Determinar su peso sumergido en el agua .....	58
Imagen 45.	Poner en baño María a 60°C por 35 min. cada briqueta. ....	58
Imagen 46.	Lectura de estabilidad y flujo .....	58
Imagen 47.	Briquetas con contenido óptimo para el método UCL .....	62
Imagen 48.	Briquetas a temperaturas de -5 °C, 5 °C Y 15 °C durante 24 horas .....	63

Imagen 49.	Briquetas en el horno .....	63
Imagen 50.	Briquetas en el horno a 25 °C durante 24 horas.....	63
Imagen 51.	Briquetas en el horno a 35 °C durante 24 horas.....	64
Imagen 52.	Briquetas en el horno a 45 °C durante 24 horas.....	64
Imagen 53.	Briquetas en el horno a 60 °C durante 24 horas.....	64
Imagen 54.	Briquetas en el horno a 60 °C durante 24 horas.....	65
Imagen 55.	Máquina de abrasión Los Ángeles.....	65
Imagen 56.	Briquetas en la máquina de Los Ángeles a 300 revoluciones .....	65
Imagen 57.	Briquetas saliendo de la máquina de Los Ángeles .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Recopilación de información para el ensayo Marshall .....	24
Figura 2. Influencia de la temperatura en el comportamiento de los ligantes .....	30

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Curva granulométrica del agregado fino .....	36
Gráfica 2. Curva granulométrica agregado grueso (Gravilla) .....	37
Gráfica 3. Curva granulométrica agregado grueso (Grava) .....	38
Gráfica 4. Curva granulométrica ceniza caña de azúcar .....	39
Gráfica 5. Curva de estado .....	68