

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



**“ANÁLISIS DEL CONTROL DE LA FRICCIÓN Y TEXTURA DEL
PAVIMENTO PARA REDUCIR ACCIDENTES EN CONDICIONES HÚMEDAS
DE FUNCIONALIDAD”**

Por: PAOLA ESMENIA BALDIVIEZO CARDENAS.

Proyecto de grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar por el Grado Académico de Licenciatura en **INGENIERÍA CIVIL**.

SEMESTRE I – 2023

TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA:

Primeramente, a Dios, por ser la luz para continuar en este proceso de obtener mi sueño deseado.

Seguidamente con mucho cariño para toda mi familia, en especial para mis padres que me apoyaron y han estado conmigo en todo momento.

ÍNDICE
CAPÍTULO 1
GENERALIDADES

	Página
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2.1 Situación problemica.....	2
1.2.2 Formulación del problema.....	3
1.3 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	3
1.4 DELIMITACION ESPACIAL.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos específicos.....	3
1.6 ANALISIS Y POSICION DEL INVESTIGADOR.....	3
1.7 PLANTEAMIENTO DE LA HIPOTESIS Y SUS VARIABLES.....	4
1.7.1 Formulación de la hipótesis.....	4
1.7.2 Identificación y conceptualización de variables.....	4
1.8 DISEÑO METODOLOGICO DE LA INVESTIGACION.....	4
1.8.1 Identificación del alcance.....	4
1.8.2 Unidad de estudio o muestreo.....	4
1.8.3 Población y muestra.....	4
1.8.4 Tamaño de la muestra.....	4
1.8.5 Selección de las técnicas de muestreo.....	5
1.9 MEDIOS.....	6

CAPÍTULO II
DISEÑO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

	Página
2.1 PAVIMENTOS.....	9
2.1.1 Características funcionales y estructurales.....	9
2.1.2 Tipos de pavimentos.....	10
2.2 PAVIMENTO FLEXIBLE.....	11

2.2.1 Capas del pavimento flexible.....	11
2.2.2 Funciones de las capas de un pavimento flexible.....	15
2.2.3 El uso de pavimentos flexibles.....	16
2.2.4 Ventajas del pavimento flexible.....	17
2.2.5 Duración de un Pavimento flexible.....	20
2.2.6 Tipos de fallas en pavimentos flexibles.....	20
2.2.7 Textura superficial del pavimento.....	21
2.2.8 Macrotextura y Microtextura del pavimento.....	23
2.2.9 Ensayos para evaluar la macrotextura y microtextura de un pavimento.....	25
2.2.10 Factores más importantes que afectan la adherencia entre el neumático y el pavimento.....	33
2.3 RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS.....	37
2.3.1 Métodos de medición de la resistencia al deslizamiento.....	37
2.3.2 Coeficiente de fricción.....	38
2.3.3 Componentes de la fricción.....	39
2.3.4 Factores que afectan el valor del coeficiente de fricción.....	40
2.4 LA LLUVIA Y LA ADHERENCIA DE LOS NEUMATICOS.....	46
2.5 CONDICIONES CLIMATICAS.....	47
2.6 METODO PARA DETERMINAR LA MACROTEXTURA DEL PAVIMENTO MEDIANTE ENSAYO DEL CIRCULO DE ARENA.....	48
2.7 METODO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO CON PENDULO BRITANICO. (TRRL).....	54

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DE LA PRÁCTICA

	Página
3.1 UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO.....	67
3.2 CALCULO DE LA MACROTEXTURA Y LA MICROTEXTURA.....	70
3.2.1 Métodos para determinar la macrotextura del pavimento mediante ensayo del circulo de arena.....	70

3.2.1.1 Procedimiento de la práctica.....	70
3.2.1.2 Datos de campo.....	72
3.2.1.3 Procedimiento de cálculo.....	74
3.2.1.4 Análisis de resultados.....	75
3.2.2 Método para determinar el coeficiente de resistencia al deslizamiento con Péndulo británico. (TRRL).....	77
3.2.2.1 Procedimiento de la práctica.....	76
3.2.2.2 Datos de campo.....	82
3.2.2.3 Procedimiento de cálculo.....	83
3.2.2.4 Análisis de resultados.....	90
3.2.3 Método IFI.....	94
3.2.3.1 Cálculos IFI.....	94
3.2.3.2 Análisis de los resultados.....	97
3.3 ANALISIS ESTADISTICO.....	101

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1 CONCLUSIONES.....	105
4.2 RECOMENDACIONES.....	106

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1	Precipitaciones máximas.
ANEXO 2	Datos y cálculos circulo de arena.
ANEXO 3	Datos y cálculo péndulo británico.
ANEXO 4	Cálculos método IFI.
ANEXO 5	Fotografías.
ANEXO 6	Cartas permisos y solicitudes.

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Página
Figura. 1.1. Balanza.....	6
Figura. 1.2. Arena calibrada.....	6
Figura. 1.3. Fluxómetro.....	6
Figura. 1.4. Embudo.....	6
Figura. 1.5. Tubo de ensayo.....	7
Figura. 1.6. Disco esparcidor.....	7
Figura. 1.7. Brocha.....	7
Figura. 1.8. Dispensador de agua.....	7
Figura. 1.9. Termómetro.....	7
Figura. 1.10. Contenedor de agua.....	8
Figura. 1.11. Plastilina.....	8
Figura. 1.12. Péndulo británico.....	8
Figura. 1.13. Agua.....	8
Figura. 2.1. Capas del pavimento flexible.....	12
Figura. 2.2. Definición de Macrotextura y Microtextura.....	23
Figura. 2.3. Diferencia de Textura en pavimento de Argentina y Peru.....	26
Figura. 2.4. Circulo de arena experimento internacional AIPCD(1995).....	27
Figura. 2.5. Equipo GRIPTESTER.....	30
Figura. 2.6. Equipo SCRIM.....	31
Figura. 2.7. Equipo MU-METER.....	31
Figura. 2.8. Péndulo de Fricción TRRL.....	32
Figura. 2.9. Tipos de Textura de un pavimento (AIPCR.1995).....	34
Figura. 2.10. Inscripciones y características de los tipos de neumáticos.....	36

Figura. 2.11. Fricción de la Goma del Neumático (adhesión e histéresis).....	40
Figura. 2.12. Escala de textura.....	41
Figura 2.13. Esquema de Macrotextura y Microtextura.....	41
Figura. 2.14. Contacto entre el neumático y el pavimento mojado.....	44
Figura. 2.15. Lluvia y circulación de vehículos.....	46
Figura. 2.16. Relación entre la tasa de accidentes con condiciones De clima húmedo y fricción superficial del pavimento.....	48
Figura. 2.17. Equipo para medir profundidad de macrotextura de la superficie del pavimento.....	53
Figura. 2.18. Péndulo de TRRL.....	65
Figura. 2.19. Detalle del brazo del péndulo.....	66
Figura. 3.1. Ubicación del lugar.....	67
Figura. 3.2. Ubicación de la zona de estudio.....	68
Figura. 3.3. Delimitación de la zona del área de estudio	69
Figura. 3.4. Pesaje de la arena.....	70
Figura. 3.5. Arena sobre la superficie.....	70
Figura. 3.6. Esparcimiento de la arena.....	71
Figura. 3.7. Medición del diámetro.....	71
Figura. 3.8. Realizando el ensayo del círculo de arena.....	71
Figura. 3.9. Medición de una calle del barrio Guadalquivir.....	78
Figura. 3.10. Diferentes estados de saturación.....	78
Figura. 3.11. Colocado del sellado del contenedor con plastilina.....	79
Figura. 3.12. Armado y nivelación del péndulo británico.....	79
Figura. 3.13. Lecturas con el primer nivel.....	80
Figura. 3.14. Lecturas al segundo nivel de saturación.....	80
Figura. 3.15. Lecturas al tercer nivel de saturación.....	80

Figura. 3.16. Lecturas al cuarto nivel de saturación.....	80
Figura. 3.17. Llenado de diferentes volúmenes de agua.....	81
Figura. 3.18. Recuperación de agua.....	81
Figura. 3.19. Lectura de la temperatura del pavimento.....	81
Figura. 3.20. Realizando la práctica del péndulo británico.....	81
Figura. 3.21. Grafica altura de lluvia vs tiempo.....	85
Figura. 3.22. Contenedor de agua hecho de madera.....	85
Figura. 3.23. Calificación nivel uno de saturación.....	90
Figura. 3.24. Calificación segundo nivel de saturación.....	91
Figura. 3.25. Calificación segundo nivel de saturación.....	92
Figura. 3.26. Calificación para el cuarto nivel de saturación.....	93
Tabla. 3.27. Curva de fricción- velocidad nivel 1 de saturación.....	97
Tabla. 3.28. Curva de fricción- velocidad nivel 2 de saturación.....	98
Figura. 3.29. Curva de fricción- velocidad nivel 3 de saturación.....	99
Figura. 3.30. Curva de fricción- velocidad nivel 4 de saturación.....	100
Figura. 3.31. Curva de comportamiento de la zona Guadalquivir.....	104

ÍNDICE DE TABLAS.

	Página
Tabla. 1.1. Selección de las técnicas de muestreo.....	5
Tabla. 2.1. Espaciamiento de las muestras puntuales asociadas a muestreo sistemático según CV y longitud de la unidad de muestreo (m).....	62
Tabla. 3.1. Datos del círculo de arena ejemplo	72
Tabla. 3.2. Clasificación de la textura del pavimento	75
Tabla. 3.3. Resultado de la macrotextura del punto de ejemplo	75
Tabla. 3.4. Resultados Círculo de Arena	74
Tabla. 3.5. Datos del péndulo británico.....	82
Tabla. 3.6. Cálculos de las estaciones	83
Tabla. 3.7. Cálculos de los parámetros de lluvia.....	84
Tabla. 3.8. Lluvias a partir de las dos horas.....	84
Tabla. 3.9. Resultado de la altura de intensidad máxima	84
Tabla. 3.10. Calificación referencial de la fricción.....	89
Tabla. 3.11. Resultados del punto uno a diferentes estados de saturación.....	90
Tabla. 3.12. Resultados de IFI	95
Tabla. 3.13. Resultados de la fricción y velocidad, nivel 1.....	97
Tabla. 3.14. Resultados de la fricción y velocidad, nivel 2.....	98
Tabla. 3.15. Resultados de la fricción y velocidad nivel 3.....	99
Tabla. 3.16. Resultados de la fricción y velocidad, nivel 4.....	100
Tabla. 3.17. Tratamiento estadístico.....	101
Tabla. 3.18. Parámetros estadísticos.....	102
Tabla. 3.19. Corrección por temperatura y clasificación del péndulo Británico.....	103
Tabla.3.20.Constante.....	103
Tabla. 3.21. Resultados de fricción y textura.....	103
Tabla. 3.22. Fricción para distintas velocidades de acuerdo al tratamiento estadístico.....	103