

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA**

**Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“COMPARACIÓN TÉCNICO, ECONÓMICA DEL DISEÑO DE  
PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LOS MÉTODOS PCA,  
AASHTO Y MDF”**

Por:

**MÓNICA ANAHY SARABIA AVILÉS**

**SEMESTRE I - 2021**

**TARIJA – BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA**

**Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**

**“COMPARACIÓN TÉCNICO, ECONÓMICA DEL DISEÑO DE  
PAVIMENTO RÍGIDO MEDIANTE LOS MÉTODOS PCA,  
AASHTO Y MDF”**

**Por:**

**MÓNICA ANAHY SARABIA AVILÉS**

Proyecto de Grado CIV 502 presentado a la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar por el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

**SEMESTRE I - 2021**

**TARIJA – BOLIVIA**

.....  
M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**DECANA a.i.**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Y TECNOLOGÍA**

.....  
M. Sc. Ing. Aurelio José Navía Ojeda  
**VICEDECANO a.i.**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ph. D. Ing. Alberto Benítez Reynoso**

.....  
**M. Sc. Ing. Trinidad Baldiviezo Montalvo**

.....  
**M. Sc. Ing. Marcelo Pacheco Núñez**

El tribunal calificador del presente trabajo no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo ellos únicamente responsabilidad del autor.

Dedicatoria:

A mis amados padres, papá Dios,  
papá Miguel (†) y mi abuelo Abelito  
(†) a quienes amo y tengo siempre en  
mi mente y corazón.

Agradecimiento:

Al distinguido Ph. D. Ing. Alberto Benítez quien me colaboró brindando sus conocimientos y ayuda incondicional para la elaboración y culminación en este paso tan importante, a mi amado esposo Horacio y mi querida tía Wilma, familia y amigos quienes estuvieron cerca de mi apoyándome con sus oraciones y dando ánimo.

# ÍNDICE

## CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN		Página
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	2
1.2.1	Situación problemática.....	2
1.2.2	Problema.....	2
1.3	Justificación del proyecto de aplicación.....	2
1.4	Objetivos del proyecto de aplicación.....	3
1.4.1	Objetivo general.....	3
1.4.2	Objetivos específicos.....	3
1.5	Hipótesis.....	3
1.6	Variables.....	3

## CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO		Página
2.1	Pavimento.....	5
2.2	Tipos de pavimentos.....	5
2.3	Ventajas y desventajas entre los pavimentos rígido y flexible.....	7
2.4	Parámetros de diseño.....	9
2.4.1	El tráfico.....	9
2.4.2	Configuraciones típicas.....	11
2.4.3	Concepto y cálculo de ejes equivalentes (ESAL).....	12
2.4.4	El factor camión (truck factor).....	14
2.4.5	Cálculo y proyección del número de ESAL en el periodo de diseño (t).....	15
2.4.6	Soporte de la subrasante y subbase.....	17
2.4.7	Propiedades mecánicas del hormigón.....	24
2.4.8	Resistencia cilíndrica a los 28 días.....	25
2.4.9	Módulo de rotura y módulo elástico.....	26
2.4.10	El módulo de elasticidad del concreto (EC).....	27

2.4.11	Parámetros para MDF.....	27
2.4.12	Parámetros para Método AASHTO.....	28
2.4.13	Parámetros para Método PCA.....	29
2.5	Métodos de diseño de pavimentos rígidos.....	29
2.5.1	Método de las diferencias finitas (MDF).....	29
2.5.2	Método AASTHO (pavimentos rígidos).....	35
2.5.3	Método de la PCA.....	44

### CAPÍTULO III

	APLICACIÓN PRÁCTICA	Página
3.1	Ubicación.....	48
3.2	Cálculos y resultados.....	50
3.3	Método de las diferencias finitas MDF.....	56
3.4	Método AASHTO.....	58
3.5	Método PCA.....	61
3.6	Costos según método.....	62
3.7	Análisis comparativo técnico-económico.....	64
3.7.1	Correlaciones basadas en los espesores.....	70
3.8	Resultados.....	73

### CAPÍTULO IV

	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	Página
4.1	Conclusiones y recomendaciones.....	77
4.1.1	Conclusiones.....	77
4.1.2	Recomendaciones.....	78

### BIBLIOGRAFÍA

#### ANEXOS

ANEXOS 1 - ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD (MÉTODO PCA)

ANEXOS 2 - RESUMEN DE ENSAYOS DE SUELOS

ANEXOS 3 - MEMORIA FOTOGRÁFICA



## ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1 Pavimento.....	5
Figura 2 Pavimento rígido.....	6
Figura 3 Pavimento flexible.....	6
Figura 4 Diferencia entre pavimento rígido y pavimento flexible.....	7
Figura 5 Tipos de ejes de vehículos.....	12
Fuente: Manual técnico para el diseño de carreteras.....	18
Figura 6 Relación de soporte de california (C.B.R.).....	20
Figura 7 Relación entre el CBR y el módulo de reacción R.....	23
Figura 8 Especímenes cilíndricos de concreto.....	25
Figura 9 Prueba para la obtención de módulo de ruptura.....	26
Figura 10 Notación útil para Diferencias Finitas.....	32
Figura 11 Esquema de operadores para Diferencias Finitas.....	35
Figura 12 Provincia Eustaquio Méndez.....	48
Figura 13 Tramo El Puente – Cruce Tomayapo.....	49
Figura 14 Valor soporte de california (C.B.R.)%.....	57
Figura 15 Entrada y resultados Programa “Ecuación AASHTO 93”.....	60
Figura 16 Entrada y salida de datos “Método PCA”.....	61
Figura 17 Correlación de espesores $h(M1) - h(M2)$ .....	70
Figura 18 Correlación de espesores $h(M1) - h(M3)$ .....	71
Figura 19 Correlación de espesores $h(M2) - h(M3)$ .....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1 Conceptualización y operacionalización de las variables.....	4
Tabla 2 Características entre pavimento flexible y rígido .....	9
Tabla 3 Resumen de factores de equivalencia.....	13
Tabla 4 Ecuaciones simplificadas para el cálculo de los LEF .....	14
Tabla 5 Efecto de la subbase no tratada sobre los valores R.....	18
Tabla 6 Valores R de diseño para subbases tratadas con cemento.....	18
Tabla 7 Valores de carga unitaria patrón.....	21
Tabla 8 Valores de $Z_r$ en función de la confiabilidad R.....	37
Tabla 9 Calidad del drenaje.....	39
Tabla 10 Valores de coeficiente de drenaje $C_d$ .....	40
Tabla 11 Valores de coeficiente de transmisión de carga J.....	40
Tabla 12 Correlación entre la resistencia a la compresión y el Módulo de Elasticidad $E_c$ .....	41
Tabla 13 Valores del factor de pérdida de soporte $L_s$ , por el tipo de subbase o base.....	42
Tabla 14 Análisis comparativo de variables.....	68