

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE
COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DEL DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES EN INSTALACIONES MILITARES”**

Por:

SERGIO JAVIER GUDIÑO SANDOVAL

Proyecto de Grado presentado a consideración de la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura de Ingeniería Civil

SEMESTRE II - 2021

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 DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES EN INSTALACIONES MILITARES”**

Por:

SERGIO JAVIER GUDIÑO SANDOVAL

PROYECTO ELABORADO EN LA ASIGNATURA CIV -502

SEMESTRE II - 2021

TARIJA- BOLIVIA

VºBº

.....
M.Sc. Ing. José Aurelio Navia Ojeda

DECANO a. i.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

.....
M.Sc. Lic. Deysi B. Arancibia Márquez

VICEDECANA a. i.

**FACULTAD DE CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA**

TRIBUNAL:

.....
M.Sc. Ing. Marcelo Humberto Pacheco Nuñez

.....
M.Sc. DAEN. Ing. Antonio Calvimontes C.

.....
Ing. Eusebio Ortega Alvarado

ADVERTENCIA

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A MIS PADRES: Mercedes Gudiño Irahola y Ema Sandoval Gudiño, por ser el pilar más importante y por haberme inculcado buenos valores, por guiarme por el camino del bien, demostrándome siempre su amor, cariño y apoyo incondicional en todo momento, siendo ellos el motor fundamental en mi vida.

A MIS HERMANOS: Ruth, Rodrigo y Dania, por su gran cariño, comprensión y apoyo incondicional, sin ellos todo este momento de satisfacción y felicidad no habría sido posible.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la fuerza y valor para seguir adelante en cada paso que doy y ayudarme a culminar esta etapa de mi vida. A mis padres que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor, corrigiendo mis fallas y celebrando mis triunfos. A mis hermanos que con sus consejos me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi familia y amigos por su apoyo, consejos y palabras de aliento, que hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron en esta etapa de mi vida.

A la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho y a la carrera de ingeniería civil por la oportunidad de realizarme como profesional.

PENSAMIENTO

“Nuestra recompensa se encuentra en el esfuerzo y no en el resultado, un esfuerzo total es una victoria completa”.

Mahatma Gandhi

ÍNDICE

ADVERTENCIA
DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
PENSAMIENTO
RESUMEN

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Situación problemática.....	3
1.3.1. Problema	4
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo general	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	5
1.6. Identificación de variables	5
1.6.1. Definición de variables	5
1.6.2. Operacionalización de variables	5
1.7. Identificación del tipo de investigación	6
1.8. Unidades de estudio y decisión muestral	7
1.8.1. Unidad de estudio.....	7
1.8.2. Población.....	7
1.8.3. Muestra.....	7
1.8.4. Muestreo.....	7
1.9. Métodos y técnicas empleadas	8
1.10. Alcance.....	10

CAPÍTULO II
ASPECTOS GENERALES SOBRE DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS
FLEXIBLES EN INSTALACIONES MILITARES

	Página
2.1. Instalaciones militares en Bolivia.	11
2.2. Pavimento.....	16
2.2.1. Características que debe reunir un pavimento	16
2.3. Pavimentos flexibles	17
2.3.1. Análisis y diseño de pavimentos	17
2.4. Guía de diseño AASHTO 93	19
2.5. Método de diseño-Manual MS-23 del Instituto del Asfalto.	21
2.5.1. Principios Básicos	22
2.5.2. Criterios de diseño.....	22
2.5.3. Variables de diseño	25
2.5.3.1. Tipo de material para pavimentos en instalaciones militares.....	25
2.5.3.2. Muestreo de suelo	26
2.5.3.3. Clasificación del suelo	28
2.5.3.4. Valor de la subrasante de diseño	28
2.5.3.5. Efectos ambientales.....	31
2.5.3.6. Mezclas de asfalto-agregado	31
2.5.3.7. Criterios de diseño de las mezclas	32
2.5.3.8. Criterios de compactación de concreto asfáltico.....	32
2.5.3.9. Importancia del drenaje adecuado.....	33
2.5.3.10. Drenaje	33
2.5.3.11. Compactación de subrasante	33
2.5.3.12. Compactación de concreto asfáltico.....	34
2.5.4. Características del vehículo y datos de los neumáticos	35
2.4.4.1. Configuraciones típicas de carga de ruedas	35
2.5.4.2. Datos de entrada requeridos	37

2.5.4.3. Presión de contacto de la llanta y área cargada.....	38
2.5.4.4. Determinación de las presiones de contacto con el suelo	38
2.5.4.5. Determinación de las características de carga de diseño	39
2.5.5. Procedimiento de diseño	39
2.4.5.1. Pasos en el diseño	39
2.5.5.2. Determinación del tipo de problema.....	40
2.5.5.3. Procedimiento de diseño para cargas de una sola rueda	41
2.5.5.4. Procedimientos de diseño para cargas de doble rueda.....	44
2.5.5.5. Procedimiento de diseño para múltiples cargas de ruedas	49
2.6. Sistema multicapa elástico (software PCASE)	59
2.6.1. Procedimiento de diseño	60
2.6.1.1. Investigación preliminar del suelo	60
2.6.1.2. Requerimientos técnicos	62
2.6.1.3. Condiciones del tránsito de diseño.....	64
2.6.1.4. Subrasante para pavimentos flexibles	67
2.6.1.5. Subbases granulares para pavimentos flexible.....	68
2.6.1.6. Bases granulares para pavimentos flexible	69

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL DIMENSIONAMIENTO DE PAVIMENTOS PARA TRÁFICO MILITAR

	Página
3.1. Ubicación y localización del proyecto	70
3.2. Muestreo de materiales	71
3.3. Caracterización de los materiales.....	73
3.4. Recopilación de información.	74
3.5. Selección del método de diseño	77
3.6. Definición de la variable tránsito	78
3.7. Vehículo Militar Tipo	79
3.7.1. Aashto 93	80

3.7.2. Manual MS-23	82
3.7.3. Software PCASE.....	91
3.8. Vehículos militares de llanta a neumáticos y orugas	94
3.9. Vehículos especializados de transporte (LOWBOY)	97
3.10. Resultados y análisis	99
3.10.1. Resumen de estructuras por los tres métodos	99
3.10.2. Resultados para vehiculos mixtos de llanta de neumaticos y oruga	101
3.10.3. Resultados de vehículo especializado de transporte (LOWBOY)	102

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. Conclusiones	104
4.2. Recomendaciones.....	107

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ANEXOS A: Carta de solicitud para la extracción de material.

ANEXOS B: Definición de variables para el cálculo de vehículos militares.

ANEXOS C: Caracterización de los suelos.

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Variable Independiente	5
Tabla 2. Variable Dependiente.....	6
Tabla 3. Vehículos militares blindados en Bolivia	7
Tabla 4. Regiones militares en Bolivia	13
Tabla 5. Divisiones militares en Bolivia.....	14
Tabla 6. Distrito Naval en Bolivia	14
Tabla 7. Policía militar naval de Bolivia.....	15
Tabla 8. Unidades especiales del ejército de Bolivia.....	15
Tabla 9. Clasificación de los métodos analíticos	18
Tabla 10. Pruebas de suelos de subrasante y tamaños de muestras	27
Tabla 11. Condiciones climáticas	42
Tabla 12. Cuadro I. Diseño T_A/a Valores para el promedio anual diario.....	43
Temperatura promedio anual de 13° C (55° F) o menos	
Tabla 13. Cuadro II. Diseño T_A/a Valores para el promedio anual diario.....	44
Temperatura diaria anual superior a 13° C (55° F)	
Tabla 14. Datos para la curva de diseño de carga de una sola rueda permitida.....	47
Tabla 15. Formulario de determinación valores $\sum P F$ y P_e para un problema de.....	56
carga múltiple de ruedas	
Tabla 16. Cálculo de los valores C	57
Tabla 17. Categorías Representativas de Subrasante.....	67
Tabla 18. Resumen de la caracterización de materiales.....	74
Tabla 19. Vehículos militares destinados para batallones de Bolivia (N. 1- 4).....	75
Tabla 20. Vehículos militares destinados para batallones en Bolivia (N. 5 - 9).....	76
Tabla 21. Vehículos militares destinados para batallones en Bolivia (N. 10 – 11)	77
Tabla 22. Estructuras de pavimentos a calcular	78
Tabla 23. Tránsito para las condiciones de análisis	79
Tabla 24. Puntos de diseño computados para el análisis de tensiones verticales	82
Tabla 25. Rango de valores de carga (P).....	84

Tabla 26. Datos de valores Pe versus TA a partir de los factores de carga de.....	85
rueda doble	
Tabla 27. Valores C y Pe - 1.	86
Tabla 28. Valores C y Pe - 2.	87
Tabla 29. Cálculo de los valores C.....	88
Tabla 30. Tránsito para las condiciones de análisis	99
Tabla 31. Resultados para vehículos de neumáticos CBR 3%.....	99
Tabla 32. Resultados para vehículos de neumáticos CBR 6%.....	100
Tabla 33. Tránsito para las condiciones de análisis	101
Tabla 34. Resultados de combinación de vehículos a orugas y neumáticos.....	102
Tabla 35. Tránsito para las condiciones de análisis	102
Tabla 36. Resultado del LOWBOY cargado con vehículo a orugas SK-105.....	103
KURASSIER.	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación y dirección de las deformaciones de tracción y compresión.....	23
Figura 2. Relación aproximada entre placa que lleva valor y modulo resiliente Mr	30
Figura 3. Dimensiones típicas requeridas	36
Figura 4. Curvas permitidas versus equivalentes de una sola rueda	47
Figura 5. Factor de carga de rueda doble	48
Figura 6. Factores de desviación de interfaz de ruedas múltiples.....	54
Figura 7. Relación entre Pe y C para diferentes valores de T _A	55
Figura 8 .Solución un problema de carga múltiple de ruedas	58
Figura 9. Sistema multicapa elástico.....	59
Figura 10. Ubicación del lugar de estudio	71
Figura 11. Muestra zona 1 de estudio	72
Figura 12. Muestra zona 2 de estudio	72
Figura 13. Muestra zona 3 de estudio	73
Figura 14. Vehículo Militar Tipo.....	79
Figura 15. Modelo de camión H15 y H20.....	80
Figura 16. Diseño método AASHTO 93. CBR 3%	81
Figura 17. Diseño método AASHTO 93. CBR 6%	81
Figura 18. Carga múltiple de ruedas	82
Figura 19. Relación entre Pe y C para diferentes valores de TA	89
Figura 20. Solución a un problema de carga múltiple de ruedas	90
Figura 21. Creación del proyecto	91
Figura 22, Asignación del nombre del proyecto	91
Figura 23. Construcción del modelo de tránsito	92
Figura 24. Vehículo correspondiente FAW Jiefang CA1122J	92
Figura 25. Vehículo correspondiente FAW Jiefang CA1122J	93
Figura 26. Condición de diseño	93
Figura 27. Resultado del diseño del vehículo FAW	94
Figura 28. Características del vehículo militar EE-11 URUTU	95

Figura 29. Características FAW Jiefang CA1122J corresponde a un vehículo.....	95
AASHTO H15-44	
Figura 30. Características del vehículo militar SK-105 KURASSIER.....	96
Figura 31. Resultados de diseños de los vehículos militares	96
Figura 32. Vehículo transporte especializado LOWBOY Mr 9.000.....	98
Figura 33. Vehículo transporte especializado LOWBOY Mr 4.500.....	98