

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



**ANÁLISIS DE LAS DEFORMACIONES DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE LA AVENIDA GENERAL DE SAN MARTÍN
MIGUEL DE GÜEMES Y CALLE HERMANOS URIONDO CON LA
APLICACIÓN DEL SOFTWARE “EVERSTRESS”**

Por:

DAYANA HEYDI CONDORI COLQUE

Proyecto de grado presentado a consideración de la “**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
JUAN MISAEL SARACHO**”, como requisito para optar el grado académico

Licenciatura en Ingeniería Civil

SEMESTRE II – 2024

TARIJA – BOLIVIA

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

**ANÁLISIS DE LAS DEFORMACIONES DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE LA AVENIDA GENERAL DE SAN MARTÍN
MIGUEL DE GÜEMES Y CALLE HERMANOS URIONDO CON LA
APLICACIÓN DEL SOFTWARE “EVERSTRESS”**

Por:

DAYANA HEYDI CONDORI COLQUE

SEMESTRE II – 2024
TARIJA – BOLIVIA

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a mi querida madre Serapia Colque, quien gracias a su esfuerzo, dedicación, paciencia y apoyo incondicional he logrado culminar mis estudios y a mi padre Alejandro Condori que desde el cielo me cuida y guía siempre por el buen camino.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	2
1.2.1. Justificación académica	2
1.2.2. Justificación sobre la aplicación técnica-practica.....	2
1.2.3. Justificación e importancia social.....	2
1.3. Planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Situación problemática	3
1.3.2. Delimitación temporal	3
1.3.3. Delimitación del espacio	4
1.3.4. Problema.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivo específicos	5
1.5. Hipótesis	5
1.6. Variables	5
1.7. Alcance de la investigación	6

CAPÍTULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS Y ASPECTOS GENERALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL SOFTWARE EVERSTRESS

	Página
2.1. Marco conceptual.....	7
2.1.1. Pavimentos	7
2.1.2. Componentes de un pavimento	7
2.1.3. Tipos de pavimentos.....	9
2.1.3.1. Pavimentos flexibles.....	9
2.1.3.2. Pavimentos rígidos	10
2.1.3.3. Pavimentos semirrígidos	11

2.1.4.	Características principales en pavimentos flexibles	12
2.1.4.1.	Resistencia estructural	12
2.1.4.2.	Durabilidad	13
2.1.4.3.	Requerimientos de conservación	13
2.1.4.4.	Comodidad	14
2.1.5.	Fallas en los pavimentos flexibles	14
2.1.5.1.	Desprendimientos	15
2.1.5.2.	Deformaciones	21
2.1.5.3.	Roturas y agrietamientos	25
2.1.5.4.	Floraciones	30
2.1.6.	Presión aplicada en la superficie del pavimento flexible	32
2.1.7.	Cargas por eje	34
2.1.8.	Respuestas derivadas de la aplicación de carga	35
2.1.8.1.	Esfuerzos y deformaciones verticales	35
2.1.8.2.	Esfuerzos y deformaciones cortantes	35
2.1.8.3.	Esfuerzos y deformaciones tangenciales y radiales	36
2.1.8.4.	Deflexiones	36
2.1.9.	Respuestas no derivadas de la aplicación de carga	36
2.1.10.	Resultados	40
2.2.	Marco normativo	42
2.2.1.	Manual de diseño de conservación vial de la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC)	42
2.2.2.	Ley de cargas por eje en Bolivia (Ley 1769 – DS N°. 25629)	42
2.3.	Marco referencial	44
2.3.1.	Software Everstress	44
2.3.1.1.	Características del Everstress	44
2.3.1.1.1.	Requisitos de hardware	46
2.3.1.1.2.	Instalación del programa	46
2.3.1.1.3.	Contenido del programa	46
2.3.1.1.4.	Analizar el pavimento	51
2.3.1.1.5.	Imprimir/ver resultados	51
2.4.	Posición del autor	52

CAPÍTULO III

RELEVAMIENTO DE INFORMACIÓN Y PROCESAMIENTO

	Página
3.1. Ubicación del área de estudio	53
3.2. Descripción del área de estudio	54
3.2.1. Características generales	54
3.2.2. Características geométricas	54
3.2.3. Características estructurales	55
3.3. Criterios metodológicos	56
3.3.1. Unidad de muestra	56
3.3.2. Población	56
3.3.3. Muestra	56
3.4. Tamaño de la muestra	56
3.5. Caracterización de los materiales del tramo	56
3.5.1. Obtención de datos	56
3.5.2. Datos requeridos para el software Everstress	57
3.5.3. Cálculos de complementación	58
3.5.3.1. Coeficiente de Poisson	58
3.5.3.2. Módulo Resiliente	59
3.5.3.3. Multiplicador	60
3.5.3.4. Potencia	61
3.5.4. Distribución de cargas	61
3.5.5. Ubicación de los puntos de estudio	62
3.6. Ejecución del software	65
3.6.1. Inicio del programa	65
3.7. Datos requeridos del software Everstress	66
3.7.1. Datos de entrada	66
3.7.2. Peso unitario	69
3.7.3. Puntos de carga y evaluación	70
3.8. Análisis de los datos del software Everstress	72
3.9. Imprimir y ver resultados del software Everstress	74
3.10. Resultados	76

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Página
4.1. Estadística descriptiva.....	84
4.2. Medidas de tendencia central.....	87
4.3. Intervalo de confianza.....	87
4.4. Prueba (Z) para una sola muestra independiente.	88
4.5. Descripción real de tramo	89

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1. Conclusiones.....	90
5.2. Recomendaciones	91

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Reporte fotografico	Anexo 1.
Ensayo de clasificacion de suelos, compactación T-180 "D", relación de soporte de california	Anexo 2.
Certificado de origen y ensayo de cemento asfáltico	Anexo 3.
Datos de entrada y resultados del software	Anexo 4.
Informe técnico del nombre verdadero del tramo de estudio	Anexo 5.

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica N°1. Componentes principales de un pavimento asfáltico.	8
Gráfica N°2. Capas del pavimento flexible	10
Gráfica N°3. Capas del pavimento rígido.....	11
Gráfica N°4. Capas del pavimento semirrígido.....	12
Gráfica N°5. Presión de contacto y presión de inflado de los neumáticos.....	33
Gráfica N°6. Áreas circulares consideradas en las presiones de contacto con el pavimento.	33
Gráfica N°7. Respuestas críticas en un pavimento flexible convencional.	38
Gráfica N°8. Respuestas críticas en pavimento Tipo full depth.....	39
Gráfica N°9. Respuestas críticas en pavimento semirrígido.	40
Gráfica N°10. Roderas por fallas en la subrasante.....	41
Gráfica N°11. Mecanismo típico de deformación permanente en la trayectoria de la rueda externa.....	42
Gráfica N°12. Esquema de ejes según la ley de cargas en Bolivia	44
Gráfica N°13. Avenida General de San Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo	53
Gráfica N°14. Medición de la calzada de la Avenida General de San Martín de Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo	54
Gráfica N°15. Medición de la berma de la Avenida General de San Martín de Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo	55
Gráfica N°16. Avenida General de San Martín Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo y sus puntos de estudio	63
Gráfica N°17. Definición de los ejes de la Avenida General de San Martín de Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo	64
Gráfica N°18. Logo del software Everstress.....	65
Gráfica N°19. Inicio del software	65
Gráfica N°20. Pantalla principal del software Everstress	66
Gráfica N°21. Preparación de datos de entrada.....	66
Gráfica N°22. Datos de entrada.....	67
Gráfica N°23. Identificación de capas.....	67
Gráfica N°24. Datos de entrada completa TRAMO 1-6	69
Gráfica N°25. Entrada a la opción de Pesos unitarios.....	69

Gráfica N°26.	Pesos Unitarios en el software Everstress.....	70
Gráfica N°27.	Entrada a la opción de lugares de carga y evaluación	70
Gráfica N°28.	Datos de la carga y evaluación	71
Gráfica N°29.	Guardar archivo en el software Everstress	71
Gráfica N°30.	Guardar archivo con la extensión DAT	72
Gráfica N°31.	Analizar Pavimento.....	72
Gráfica N°32.	Selección del archivo	73
Gráfica N°33.	Salida del análisis.....	73
Gráfica N°34.	Imprimir / Ver resultados.....	74
Gráfica N°35.	Selección del archivo para ver los resultados	74
Gráfica N°36.	Visualización de resultados	75
Gráfica N°37.	Impresión de resultados.	75
Gráfica N°38.	Histograma y polígono de frecuencias absolutas de las deformaciones totales en Uz.....	85
Gráfica N°39.	Histograma y polígono de frecuencias acumuladas de las deformaciones totales en Uz.....	86
Gráfica N°40.	Polígono de las cargas vs las deformaciones totales en Uz	86

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N°1. Delimitación temporal.....	3
Tabla N°2. Variable.....	5
Tabla N°3. Respuestas en el pavimento flexible y uso específico en cada capa.	37
Tabla N°4. Límites de cargas por ejes según la ley de cargas de Bolivia	43
Tabla N°5. Peso Unitario de acuerdo al material	51
Tabla N°6. Características geométricas de la Avenida General de San Martín de Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo	54
Tabla N°7. Características estructurales de la Avenida General de San Martín de Miguel de Güemes y Calle Hermanos Uriondo	55
Tabla N°8. Cuadra resumen de los ensayos realizados	56
Tabla N°9. Datos seleccionados para el software Everstress	57
Tabla N°10. Valores del CBR de cada capa.....	57
Tabla N°11. Datos específicos del tipo de material de cada capa	58
Tabla N°12. Valores de la relación de poisson.....	58
Tabla N°13. Coeficiente de Poisson (n) en función de la ductilidad de ensayo para la carpeta asfáltica	59
Tabla N°14. Valores del Coeficiente de poisson.....	59
Tabla N°15. Valores del módulo resiliente.....	60
Tabla N°16. Constantes no lineales K_1 y K_2 para materiales granulares.....	61
Tabla N°17. Distribución de Cargas.....	61
Tabla N°18. Distancia de los puntos de estudio	63
Tabla N°19. Distribución de distancia de los puntos de estudio	68
Tabla N°20. Valores del contacto de interfaz.....	68
Tabla N°21. Resultados de las deformaciones y deflexiones normales en la capa inferior de la carpeta asfáltica.....	76
Tabla N°22. Resultados de las deformaciones y deflexiones normales en la capa media de la base.....	77
Tabla N°23. Resultados de las deformaciones y deflexiones normales en la capa media de la sub-base	78
Tabla N°24. Resultados de las deformaciones y deflexiones normales en la capa media de la subrasante	79

Tabla N°25. Resultados totales de las deformaciones y deflexiones normales	
de toda la estructura del pavimento.....	80
Tabla N°26. Análisis de resultados de las deformaciones totales en Uz.	82
Tabla N°27. Valores de la estadística descriptiva	84
Tabla N°28. Datos agrupados de la tabla de Frecuencias.....	85
Tabla N°29. Medidas de tendencia central	87
Tabla N°30. Valores usuales para la prueba de hipótesis.....	87
Tabla N°31. Valores del intervalo de confianza superior e inferior	87
Tabla N°32. Parámetros para la prueba Z.....	88