

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

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL TIPO DE RODADURA
EN LA DEFORMACIÓN DE LOS PAVIMENTOS
EN LA RED VIAL DEPARTAMENTAL

POR:

JUAN JOSÉ SALINAS MAMANI

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

JUNIO 2013
TARIJA – BOLIVIA

V°B°

Ing. MSc. Luis Alberto Yurquina Flores

**DECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

Lic. MSc. Gustavo Succi Aguirre

**VICEDECANO
FACULTAD CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA**

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....
Ing. Johnny Orgáz Fernández

.....
Ing. Fernando E. Mur Lagraba

.....
Ing. Oscar M. Chávez Calla

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

DEDICATORIA

A mis padres, Francisco y Marcelina, a mis hermanos (as) por el esfuerzo y ayuda incalculable e incondicional, por guiarme en el camino de la superación y ser la constante motivación en la conclusión del presente trabajo.

AGRADECIMIENTO

Al Dios de la Biblia creador de todas las cosas, por regalarme esta bendición de alcanzar una profesión, sin su voluntad y misericordia nada es realidad.

A mis padres, por el apoyo y amor incondicional que me dieron, por los consejos y deseos llenos de esperanza que me supieron brindar a lo largo de estos años.

A mis hermanos (as): Fredesvinda, Jorge, Ángel y María Esther, por su comprensión y apoyo incondicional en los momentos difíciles de la vida.

A mis sobrinos (as), cada uno de mis amigos/as y personas que me brindaron el granito de arena para la realización de este trabajo.

PENSAMIENTO

“El principio de la sabiduría es el temor de Dios; los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza”

Proverbios 1:7.

ÍNDICE

Advertencia	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Pensamiento	
Resumen	
	Página
INTRODUCCIÓN	
1. Justificación.....	1
2. Objetivos.....	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
3. Alcance.....	3
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	
1.1. ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS	
1.1.1. Definición.....	4
1.1.2. Tipos de pavimentos.....	4
1.1.2.1. Pavimentos flexibles.....	5
1.1.2.2. Pavimentos rígidos o de concreto hidráulico.....	5
1.1.3. Componentes de los pavimentos.....	6
1.1.3.1. Pavimentos flexibles.....	6
1.1.3.1.1. Capa subrasante.....	6
1.1.3.1.2. Capa sub-base.....	7
1.1.3.1.3. Capa base.....	8
1.1.3.1.4. Capa de rodadura.....	8
1.1.3.2. Pavimentos rígidos.....	9
1.1.3.2.1. Losa de concreto hidráulico.....	9
1.1.3.2.2. Pavimento de concreto hidráulico simple.....	9
1.1.3.2.3. Pavimento de concreto hidráulico con refuerzo simple.....	10
1.1.3.2.4. Pavimento de concreto hidráulico con refuerzo continuo.....	10

	Página
1.1.4. Tráfico.....	10
1.1.4.1. Introducción.....	10
1.1.4.2. Volumen de tráfico o tránsito.....	11
1.1.5. Tipos de capas de rodadura.....	12
1.1.5.1. Tratamientos superficiales.....	12
1.1.5.1.1. Tratamiento superficial simple.....	12
1.1.5.1.2. Tratamiento superficial doble.....	13
1.1.5.1.3. Tratamiento superficial triple.....	13
1.1.5.2. Arena – asfalto.....	13
1.1.5.3. Macadam asfáltico.....	13
1.1.5.4. Concretos asfálticos.....	14
1.1.5.5. Sellos asfálticos.....	14
1.1.5.5.1. Lechada asfáltica.....	15
1.1.5.5.2. Microaglomerados.....	15
1.2. ESFUERZO Y DEFORMACIÓN EN LOS PAVIMENTOS	
1.2.1. Fatiga de los materiales.....	16
1.2.2. Comportamiento de los suelos.....	18
1.2.2.1. Leyes de comportamiento mecánico de los suelos.....	18
1.2.2.1.1. Análisis en el laboratorio (ensayos triaxiales).....	18
1.2.2.1.2. Ensayos de placa.....	20
1.2.2.1.3. Obtención del módulo elástico a partir del CBR.....	21
1.2.2.1.4. Límites de deformación elástica para un suelo en función del número de ciclos.....	22
1.2.2.1.5. Gravas no tratadas.....	23
1.2.2.1.5.1. Ensayo de laboratorio (triaxial).....	24
1.2.2.1.5.2. Ensayo de placa.....	24
1.2.3. Esfuerzo – deformación en materiales con ligantes hidráulicos.....	25
1.2.3.1. Curva esfuerzo – deformación – definición del módulo E.....	28
1.2.3.2. Ensayos de fatiga.....	29
1.2.4. Esfuerzo – deformación en materiales asfálticos.....	30

	Página
1.2.4.1. Módulo de deformación.....	30
1.2.4.2. Influencia de la temperatura y de la frecuencia.....	32
1.2.4.3. Ensayos de fatiga.....	34
1.2.4.4. Influencia de la temperatura.....	35
1.2.4.5. Ensayo de tracción directa.....	36
1.3. DIMENSIONAMIENTO RACIONAL DE PAVIMENTOS	
1.3.1. Introducción.....	38
1.3.2. Aplicación de modelos.....	38
1.3.2.1. Modelación en un pavimento flexible.....	38
1.3.2.1.1. Fatiga en los materiales del pavimento.....	41
1.3.3. Modelación de un pavimento rígido o hidráulico.....	45
1.3.3.1. Aplicación de modelos en materiales hidráulicos.....	49
1.3.3.2. Criterios para el dimensionamiento.....	50
1.3.4. Diseño avanzado por métodos racionales.....	55
1.3.5. Valoración de los modelos.....	57
CAPÍTULO II	
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE TIPOS DE RODADURA EN LA DEFORMACIÓN DE LOS PAVIMENTOS	
2.1. Parámetros de los análisis.....	58
2.1.1. Tránsito.....	58
2.1.2. Periodo de diseño.....	61
2.1.3. Los datos climáticos y del ambiente.....	62
2.1.4. Parámetros descriptivos de los materiales.....	62
2.1.4.1. Suelo soporte o subrasante.....	65
2.1.4.2. Aproximación del módulo a partir del CBR.....	65
2.1.4.3. Capa base y capa sub-base.....	66
2.1.4.4. Gravas no tratadas.....	67
2.1.4.5. Materiales para pavimentos asfálticos.....	67
2.2. Programa de apoyo kenpav.....	69
2.3. Características de cada tipo de rodadura.....	71
2.3.1. Tratamientos superficiales.....	72

	Página
2.3.2. Carpeta asfáltica.....	73
2.3.3. Carpeta de hormigón o concreto.....	74
2.4. Deformación para cada tipo de rodadura.....	75
2.4.1. Deformaciones plásticas.....	76
2.4.1.1. Tipos de roderas.....	77
2.4.2. Canalizaciones (blandones).....	80
2.4.3. Baches profundos.....	81
2.4.4. Ondulaciones.....	82
2.4.5. Daños en los pavimentos rígidos.....	83
2.4.5.1. Deformaciones.....	84
2.4.5.2. Grietas.....	84
2.5. Análisis de influencia, tipo de rodadura vs. Deformación.....	86
2.5.1. Análisis y aplicación.....	88
2.5.2. Pavimentos flexibles, tratamientos superficiales.....	92
2.5.3. Pavimentos flexibles carpetas asfálticas.....	99
2.5.4. Datos y resultados de los pavimentos flexibles.....	102
2.5.4.1. Tratamientos superficiales.....	102
2.5.4.2. Carpetas asfálticas.....	103
2.5.5. Pavimento rígido o hidráulico.....	104
2.5.5.1. Datos y resultados de los pavimentos rígidos.....	111
2.6. Valoración de los resultados.....	113
2.6.1 Pavimentos flexibles.....	114
2.6.2. Pavimentos rígidos.....	115
CAPÍTULO III	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
3.1. Conclusiones.....	118
3.2. Recomendaciones.....	120
BIBLIOGRAFÍA	122
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Componentes de un pavimento flexible.....	4
Figura 2 Componentes de un pavimento rígido.....	5
Figura 3 Curva de Wohler.....	17
Figura 4 Definición de diferentes módulos de deformación.....	19
Figura 5 Ensayo de placa (dos cargas).....	21
Figura 6 Variación del modelo sobre el espesor de una capa de grava no tratada...	25
Figura 7 Ensayos para los materiales con ligantes hidráulicos.....	26
Figura 8 Comparación entre los resultados de diferentes ensayos (R_C, R_T, R_F, R_{TB})	27
Figura 9 Ensayo de compresión de un material tratado con ligantes hidráulicos....	28
Figura 10 Influencia de la frecuencia de las cargas en el módulo de un material bituminoso.....	33
Figura 11 Selección de la frecuencia.....	33
Figura 12 Deformación admisible a $N=10^6$ ciclos en función de la temperatura..	36
Figura 13 Modelo de Boussinesq.....	40
Figura 14 Estructura multicapa de un pavimento flexible.....	42
Figura 15 Esquema del modelo de Westergaard.....	46
Figura 16 Esquema del modelo de Burmister.....	48
Figura 17 Montaje de un ensayo de módulo dinámico en mezclas asfálticas.....	63
Figura 18 Esquema de los montajes en flexión y tensión indirecta para la determinación de la resistencia a la tensión de concretos hidráulicos y materiales estabilizados.....	63
Figura 19 Ilustración de una cámara triaxial y el concepto de módulo de resiliencia	64
Figura 20 Menú del programa.....	70
Figura 21 Deformaciones permanentes (roderas) en pavimentos flexibles.....	76
Figura 22 Deformación de la subrasante.....	78
Figura 23 Deformación de la capa de rodadura.....	79
Figura 24 Aspecto superficial de canalizaciones en pavimentos flexibles.....	80
Figura 25 Aspecto superficial de un bache profundo en pavimentos flexibles.....	81
Figura 26 Aspecto superficial de ondulaciones en pavimentos flexibles.....	82

	Página
Figura 27 Deformaciones en pavimentos rígidos.....	84
Figura 28 Tipos de agrietamiento por fatiga considerados en pavimentos rígidos..	85
Figura 29 Deformaciones en Pavimentos Rígidos y Flexibles.....	87
Figura 30 Se muestra parte de la carretera Iscayachi-Tojo-Carretas.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Valores de la frecuencia y del periodo dependiendo de la velocidad del vehículo y del tipo de revestimiento.....	34
Tabla 2 Valores del módulo dependiendo de la frecuencia para una grava bitumen tipo III a 15 °C.....	34
Tabla 3 Valores del módulo y ε_0 , dependiendo de la estructura.....	37
Tabla 4 Coeficiente kd para las calzadas en concreto.....	51
Tabla 5 Características de los Pasadores.....	54
Tabla 6 Características de los materiales.....	55
Tabla 7 Clasificación del transito a partir del número acumulado de vehículos pesados.....	61
Tabla 8 Determinación del coeficiente de agresividad media para todos los materiales y tránsito bajo.....	61
Tabla 9 Deformación Admisible en función del Tránsito.....	66
Tabla 10 Valores del Módulo de Young de Capas de Gravas no tratadas.....	68
Tabla 11 Módulo de Young.....	90
Tabla 12 Clasificación de tránsito pesado.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Datos necesarios para realizar la práctica

Anexo B. Tablas resumen para el diseño de pavimentos método racional