

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



**“EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA AVENIDA INTEGRACIÓN DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**Fita Zurita Edson Miguel**

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

**GESTIÓN 2019**

**TARIJA-BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”  
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE  
COMUNICACIÓN**

**“EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA AVENIDA INTEGRACIÓN DE LA CIUDAD DE TARIJA”**

**Por:**

**Fita Zurita Edson Miguel**

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

**GESTIÓN 2019**

**TARIJA-BOLIVIA**

.....  
M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gonzalvez

**DECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

.....  
M. Sc. Ing. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Laura Soto Salgado**

.....  
**Ing. Marcelo Segovia Cortez**

.....  
**Ing. Ada López Rueda**

El docente y tribunal evaluador del presente trabajo no se solidariza con los términos, la forma, los modos y las expresiones empleados en la elaboración del presente proyecto, siendo las mismas únicamente responsabilidades del autor.

### **DEDICATORIA:**

El presente trabajo se lo dedico sin lugar a duda a mi madre, por el apoyo inmejorable que me brindo y la que me motivo a concluir con mis estudios, a mi padre que desde el cielo fue como un guía en esos momentos de desorientación.

**ÍNDICE**  
**CAPÍTULO I**  
**DISEÑO TEÓRICO**

	<b>Página</b>
1.1 Introducción.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Planteamiento del problema .....	3
1.3.1 Situación problemática.....	3
1.3.2 Problema.....	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general .....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis .....	5
1.6 Diseño metodológico.....	5
1.6.1 Unidad de estudio.....	5
1.6.2 Población.....	5
1.6.3 Muestra.....	6
1.6.4 Muestreo.....	6
1.6.5 Tipo de investigación .....	6
1.7 Alcance del estudio.....	7
1.8 Metodología de trabajo .....	8

**CAPÍTULO II**  
**EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**  
**FLEXIBLE**

	<b>Página</b>
2.1 Pavimento flexible.....	9
2.1.1 Componentes de un pavimento flexible.....	10
2.2 Evaluación de pavimentos.....	11
2.2.1 Importancia de la evaluación de pavimentos.....	11
2.2.2 La evaluación de pavimentos tiene dos componentes.....	12
2.2.2.1 Evaluación superficial.....	12
2.2.2.2 Evaluación estructural.....	12
2.3 Evaluación superficial de un pavimento flexible.....	12
2.3.1 Evaluación PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	12
2.3.1.1 Rangos de calificación del PCI.....	13
2.3.1.2 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento.....	13
2.3.1.3 División del pavimento en unidades de muestra.....	14
2.3.1.4 Evaluación de un proyecto.....	15
2.3.1.5 Selección de las unidades de muestreo para la inspección.....	17
2.3.1.6 Selección de las unidades de muestreo adicionales.....	17
2.3.1.7 Materiales e instrumentos para determinar el PCI.....	17
2.3.1.8 Metodología de cálculo del PCI de una sección de pavimento.....	18
2.3.1.9 Criterios de inspección.....	20
2.3.1.10 Descripción de las fallas, niveles de severidad y unidad de medida.....	21
2.3.1.11 Piel de cocodrilo.....	21
2.3.1.12 Exudación.....	22
2.3.1.13 Fisuras en bloque.....	24
2.3.1.14 Abultamiento y hundimientos.....	25
2.3.1.15 Corrugación.....	27
2.3.1.16 Depresión.....	28
2.3.1.17 Fisura de borde.....	30
2.3.1.18 Desnivel carril-berma.....	31

2.3.1.19 Fisuras longitudinales y transversales.....	32
2.3.1.20 Agregados pulidos .....	34
2.3.1.21 Huecos.....	35
2.3.1.22 Cruce de rieles, por accesos a puentes y rejillas de drenaje.....	37
2.3.1.23 Ahuellamiento.....	38
2.3.1.24 Desplazamiento o deformación por empuje .....	39
2.3.1.25 Fisura parabólica o por deslizamiento .....	40
2.3.1.26 Hinchamiento.....	42
2.3.1.27 Disgregación y desintegración.....	43
2.3.2 Resistencia al deslizamiento.....	45
2.3.2.1 Definición .....	45
2.3.2.2 Características de la fricción.....	46
2.3.2.3 Factores que afectan la fricción neumático-pavimento .....	46
2.3.2.4 Caracterización de la superficie .....	47
2.3.2.5 Micro textura.....	47
2.3.2.6 Macro textura .....	48
2.3.3 IFI (Índice de Fricción del Pavimento) .....	48
2.3.3.1 Definición del IFI (Índice de Fricción Internacional).....	48
2.3.3.2 Medición de la resistencia al deslizamiento del pavimento.....	50
2.3.3.3 Péndulo Británico.....	50
2.3.3.4 Círculo de arena .....	51
2.3.3.5 Procedimiento de evaluación de la resistencia al deslizamiento .....	52
2.3.3.6 Equipo para determinar la resistencia al deslizamiento del pavimento .....	52
2.3.3.7 Ensayo Péndulo Británico.....	52
2.3.3.8 Material .....	52
2.3.3.9 Procedimiento .....	53
2.3.3.10 Ensayo del círculo de arena .....	53
2.3.3.11 Material .....	53
2.3.3.12 Procedimiento .....	54
2.3.3.13 Metodología de cálculo.....	54
2.4 Evaluación estructural de un pavimento flexible.....	57



2.4.1 Medición de deflexiones .....	57
2.4.2 La Viga Benkelman.....	58
2.4.3 Metodología para la medición de las deflexiones en los pavimentos .....	59
2.4.3.1 Ensayo Viga Benkelman.....	59
2.4.3.2 Equipo requerido.....	59
2.4.3.3 Procedimiento de la medición.....	60
2.4.3.4 Metodología de cálculo.....	61

### **CAPÍTULO III**

#### **EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AVENIDA INTEGRACIÓN**

	<b>Página</b>
3.1 Información preliminar del tramo de estudio .....	65
3.1.1 Ubicación: .....	65
3.1.2 Antecedentes .....	66
3.2 Evaluación superficial del tramo .....	67
3.2.1 Aplicación del método PCI (Índice de Condición del Pavimento) .....	67
3.2.1.1 Unidades de muestra .....	67
3.2.1.2 Procedimiento de cálculo del PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	68
3.2.2 Aplicación del método IFI (Índice de Fricción Internacional).....	83
3.2.2.1 Procedimiento de medición.....	83
3.2.2.2 Procedimiento de cálculo del IFI (Índice de Fricción Internacional) .....	86
3.3 Evaluación estructural del tramo .....	93
3.3.1 Procedimiento de medición Viga Benkelman.....	93
3.3.2 Procedimiento de cálculo de la deflexión del pavimento.....	96

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

	<b>Página</b>
4.1 Evaluación superficial por el método PCI.....	100
4.1.1 Resultados parciales del método PCI.....	100
4.1.2 Análisis de resultados del PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	102
4.2 Evaluación superficial por el método IFI .....	105
4.2.1 Resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional).....	105
4.2.2 Análisis de resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional) .....	108
4.3 Evaluación estructural método Viga Benkelman. ....	110
4.3.1 Resultados parciales de la evaluación estructural .....	110
4.3.2 Resultados finales de la evaluación estructural del tramo.....	112
4.3.3 Análisis de resultados de la evaluación estructural. ....	113
4.3.4 Propuesta de mantenimiento de la “Avenida Integración” .....	113

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
5.1 Conclusiones.....	116
5.2 Recomendaciones .....	117

#### **Bibliografías**

#### **Webgrafías**

#### **Anexos**

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Pavimento flexible.....	9
<b>Figura 2.</b> Piel de cocodrilo. ....	22
<b>Figura 3.</b> Exudación. ....	23
<b>Figura 4.</b> Fisura en bloque.....	25
<b>Figura 5.</b> Abultamiento y hundimiento. ....	27
<b>Figura 6.</b> Corrugaciones. ....	28
<b>Figura 7.</b> Depresiones. ....	29
<b>Figura 8.</b> Fisuras de borde.....	30
<b>Figura 9.</b> Desnivel carril-berma .....	32
<b>Figura 10.</b> Fisuras longitudinales y transversales. ....	34
<b>Figura 11.</b> Agregados pulidos. ....	35
<b>Figura 12.</b> Huecos. ....	36
<b>Figura 13.</b> Cruce de rieles. ....	37
<b>Figura 14.</b> Ahuellamiento. ....	39
<b>Figura 15.</b> Desplazamiento o deformación por empuje. ....	40
<b>Figura 16.</b> Fisura parabólica.....	42
<b>Figura 17.</b> Hinchamiento.....	43
<b>Figura 18.</b> Disgregación y desintegración.....	45
<b>Figura 19.</b> Péndulo Británico. ....	51
<b>Figura 20.</b> Círculo de arena.....	52
<b>Figura 21.</b> Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman 1.....	59
<b>Figura 22.</b> Esquema y principio de operación de la Viga Benkelman 2.....	60
<b>Figura 23.</b> Ubicación geográfica de la zona en estudio. ....	65
<b>Figura 24.</b> Coordenadas de la ubicación del tramo de estudio.....	66
<b>Figura 25.</b> Obtención del valor deducido (vd). ....	70
<b>Figura 26.</b> Curva de obtención del valor deducido corregido (cdv). ....	73
<b>Figura 27.</b> Procedimiento del ensayo Péndulo Británico.....	84
<b>Figura 28.</b> Procedimiento círculo de arena. ....	85
<b>Figura 29.</b> Pesado de la volqueta. ....	94

<b>Figura 30.</b> Comprobante de pesado de la volqueta. ....	94
<b>Figura 31.</b> Procedimiento del ensayo Viga Benkelman. ....	95
<b>Figura 32.</b> Panel de fallas en general .....	103
<b>Figura 33.</b> Porcentaje de calificación de la textura .....	106
<b>Figura 34.</b> Porcentaje de la calificación de la fricción. ....	107

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Rangos de calificación PCI. ....	13
<b>Tabla 2.</b> Rangos de unidad de muestreo. ....	15
<b>Tabla 3.</b> Valores de fricción con Péndulo Británico. ....	56
<b>Tabla 4.</b> Textura en pavimentos para el círculo de arena. ....	56
<b>Tabla 5.</b> Factor de corrección por estacionalidad. ....	62
<b>Tabla 6.</b> Tipos de fallas en los pavimentos. ....	68
<b>Tabla 7.</b> Fallas existentes. ....	69
<b>Tabla 8.</b> Obtención del valor deducido (vd). ....	71
<b>Tabla 9.</b> Resultados de valor deducido (vd). ....	72
<b>Tabla 10.</b> Obtención del valor deducido corregido (cdv). ....	74
<b>Tabla 11.</b> Resultados de valores deducidos corregidos (vdc) .....	75
<b>Tabla 12.</b> Rangos de calificación de PCI. ....	75
<b>Tabla 13.</b> Condición del pavimento, calzada de bajada .....	77
<b>Tabla 14.</b> Condición del pavimento, calzada de subida .....	80
<b>Tabla 15.</b> Datos obtenidos del ensayo del círculo de arena. ....	86
<b>Tabla 16.</b> Revisión de datos obtenidos del ensayo círculo de arena 1. ....	88
<b>Tabla 17.</b> Revisión de datos obtenidos del ensayo círculo de arena 2. ....	89
<b>Tabla 18.</b> Rangos de Textura. ....	89
<b>Tabla 19.</b> Datos obtenidos del ensayo péndulo británico. ....	90
<b>Tabla 20.</b> Rangos de Fricción. ....	91
<b>Tabla 21.</b> Resultados del IFI (Índice de Fricción Internacional). ....	92

<b>Tabla 22.</b> Resultados de las muestras más desfavorables del tramo. ....	100
<b>Tabla 23.</b> Resultados del tramo evaluado por cada kilómetro. ....	101
<b>Tabla 24.</b> Resultado del tramo evaluado en General.....	101
<b>Tabla 25.</b> Porcentaje de fallas más representativas en general .....	102
<b>Tabla 26.</b> Resultados del IFI, puntos más críticos del tramo evaluado .....	105
<b>Tabla 27.</b> Resultados del IFI en promedio total .....	106
<b>Tabla 28.</b> Resultados del IFI, calificación por textura y fricción.....	108
<b>Tabla 29.</b> Valores de fricción con péndulo británico. ....	109
<b>Tabla 30.</b> Textura en pavimento para círculo de arena. ....	109
<b>Tabla 31.</b> Resultados parciales de la evaluación estructural. ....	111
<b>Tabla 32.</b> Resultados de la evaluación estructural de la "Avenida Integración" .....	112
<b>Tabla 33.</b> Resumen de los resultados finales de la evaluación estructural.....	112
<b>Tabla 34.</b> Condicionamiento estructural .....	112
<b>Tabla 35.</b> Plan de mantenimiento y rehabilitación según el tipo de falla.....	114
<b>Tabla 36.</b> Presupuesto de mantenimiento y rehabilitación.....	115