

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**"DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE**  
**COMUNICACIÓN"**



**“EVALUACIÓN DE MANTENIMIENTO DE CAMINOS**  
**MUNICIPALES POR NIVEL DE SERVICIO”**

**Por:**

**PATRICIA JEREZ CESPEDES**

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

**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”**

**“EVALUACIÓN DE MANTENIMIENTO DE CAMINOS  
MUNICIPALES POR NIVEL DE SERVICIO”**

**Por:**

**PATRICIA JEREZ CESPEDES**

**SEMESTRE II - 2021**

**TARIJA – BOLIVIA**

**V°B°**

.....  
M.Sc. Ing. Aurelio Jose 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 H. Pacheco N.

.....  
M.Sc. Ing. Mabel Zambrana V.

.....  
M.Sc. Ing. Julio N. Urzagaste G.

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

## **DEDICATORIA**

Este Proyecto de Grado está dedicado a:

**A MIS PADRES:** Julian Jerez Huanca y Paulina Cespedes Vaca, porque ellos son la motivación de mi vida y mi orgullo, quienes que con su amor, paciencia y esfuerzo me ayudaron a llegar hasta donde ahora estoy, por haberme forjado como la persona que ahora soy, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este.

**A MIS HERMANOS:** Sandra, Norberto, Lilian, Manuel, Mercedes y Berman por su cariño, apoyo incondicional en todo este proceso y sobre todo por la confianza que siempre en mi tuvieron.

**A MIS SOBRINOS:** Por ser mi motivación e inspiración en cada una de mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios quien supo guiarme, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar.

A mis padres que gracias a sus consejos y palabras de aliento me ayudaron a crecer como persona y a luchar por lo que quiero y sobre todo gracias por enseñarme el verdadero significado de las palabras esfuerzo y perseverancia.

A mis hermanos gracias por el apoyo, por estar en los momentos más importantes de mi vida. Este logro también es de ustedes.

A Sergio Gudiño Sandoval por la colaboración y el apoyo a lo largo de este recorrido.

A Juan Carlos Gallardo por todo el apoyo incondicional y la confianza brindada.

A mi docente M.Sc. Laura K. Soto Salgado por el tiempo, colaboración y paciencia durante la elaboración de este proyecto.

A mis amigos que con su gran amistad y sus valiosas aportaciones también hicieron posible este proyecto.

## **PENSAMIENTO**

“En respuesta a aquellas personas que dicen que hay que dejar de soñar y enfrentar la realidad, les digo sigan soñando y hagan esos sueños realidad”

**Kristian kan**

# ÍNDICE

DEDICATORIA  
AGRADECIMIENTO  
PENSAMIENTO  
RESUMEN

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Situación problémica.....	2
1.2.1. Problema.....	2
1.2.2. Relevancia y factibilidad del problema.....	2
1.2.3. Delimitación temporal y espacial del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.6. Operacionalización de las variables.....	5
1.6.1. Variable independiente y dependiente.....	5
1.7. Identificación del tipo de investigación.....	6
1.8. Unidades de estudio y decisión muestra.....	6
1.8.1. Unidad de estudio.....	6
1.8.2. Población.....	6
1.8.3. Muestra.....	6



1.8.4. Selección de las técnicas de muestreo .....	6
1.9. Métodos y técnicas empleadas .....	6
1.9.1. Métodos .....	6
1.9.2. Técnicas .....	6
1.10. Procesamiento de la información .....	7
1.11. Alcance .....	8

## **CAPITULO II**

### **ASPECTOS GENERALES EN LA EVALUACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CAMINOS MUNICIPALES POR NIVEL DE SERVICIO**

	Página
2.1. Carreteras .....	9
2.1.1. Clasificación de carreteras .....	9
2.1.2. Carreteras municipales .....	11
2.1.2.1. Desarrollo de la red vial municipal.....	12
2.1.2.2. Importancias de los caminos municipales .....	12
2.2. Pavimentos.....	12
2.2.1. Pavimento flexible.....	12
2.2.2. Características que debe reunir un pavimento .....	13
2.2.3. Funciones de las capas de un pavimento .....	14
2.3. Mantenimiento Vial.....	14
2.3.1. Tipos de mantenimiento .....	14
2.4. Tipos de evaluación en pavimentos.....	15
2.5. Clasificación de serviciabilidad (PSR).....	16
2.5.1. Determinación de la muestra .....	17
2.5.2. Diseño de la encuesta .....	18
2.5.3. Cálculo de la clasificación de serviciabilidad presente en las vías.....	19

2.6. Método de evaluación PCI (Índice de Condición del Pavimento).....	19
2.7. Índice de serviciabilidad presente (PSI).....	57
2.8. Índice de regularidad internacional (IRI).....	61
2.7.1. Descripción de equipos de medición de rugosidad.....	63
2.8.1.1. Método de medición de la rugosidad con rugosímetro de MERLIN.....	64
2.8.1.2. Método de medición de la rugosidad con mira y nivel de ingeniero.....	73
2.9. Índice de Fricción Internacional (IFI).....	74
2.9.1 Péndulo Británico.....	75
2.9.2 Circulo de arena (Mancha de arena).....	76
2.9.3. Cálculo del Índice de Fricción Internacional.....	77
2.10. Capacidad y nivel de servicio de una carretera.....	80
2.10.1. Capacidad.....	82
2.10.1.1. Cálculo de la capacidad.....	82
2.10.2. Nivel de servicio y parámetros que lo describen.....	88
2.11. Método Nivel de Servicio en caminos municipales.....	98
2.11.1. Mantenimiento rutinario.....	98
2.11.1.1. Indicadores de Mantenimiento Rutinario.....	98
2.11.1.2. Actividades específicas del Mantenimiento Rutinario.....	99
2.11.2. Evaluación por el método Nivel de Servicio por indicadores.....	99
2.11.3. Tipos de medición de Niveles de Servicio según etapas del proyecto.....	100

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA DE APLICACIÓN**

	Página
3.1. Introducción.....	106
3.2. Ubicación.....	106
3.3. Determinación de la serviciabilidad de la vía de estudio PSR.....	107

3.4. Determinación del PCI .....	110
3.4.1. Unidades de muestreo.....	110
3.4.2. Determinación de las unidades de muestreo para la evaluación .....	111
3.4.3. Selección de las unidades de muestreo para la inspección.....	112
3.4.4. Procedimiento del cálculo del método PCI .....	113
3.4.5. Resultados de la clasificación del PCI para cada subtramo.....	118
3.5. Determinación del Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).....	121
3.6. Determinación del Índice de Rugosidad Internacional (IRI).....	124
3.6.1. Método dispositivo basado en el equipo de MERLIN .....	124
3.6.2. Método tradicional de medición IRI nivel de ingeniero y mira .....	130
3.7. Determinación del Índice de Fricción Internacional (IFI).....	135
3.7.1. Ensayo péndulo británico .....	135
3.7.2. Ensayo círculo de arena.....	137
3.7.3. Cálculo del IFI.....	139
3.7.4. Graficas de aceptación o rechazo como valuator de una carretera, estableciendo si requiere o no mejoramiento de la micro o macrotextura .....	143
3.8. Cálculo de la capacidad y niveles de servicio para carreteras de dos carriles.....	147
3.8.1. Características geométricas de la vía.....	147
3.8.2. Características del tráfico .....	149
3.8.3. Procedimiento de cálculo de capacidades y niveles de servicio.....	156
3.9. Análisis de los resultados de la evaluación superficial del pavimento.....	160
3.9.1. Análisis de resultados de la serviciabilidad PSR.....	160
3.9.2. Análisis de los resultados de la evaluación del PCI .....	161
3.9.3. Análisis de los resultados de la evaluación PSI.....	161
3.9.6. Análisis de resultados de la capacidad y niveles de servicio de la vía .....	163

3.10. Análisis y correlación de resultados de evaluación superficial .....	163
3.11. Evaluación por el método Nivel de Servicio por indicadores .....	165
3.11.1. Medición de niveles de servicio .....	165
3.11.2. Análisis de resultado del Nivel de Servicio.....	168
3.12. Ventajas de los contratos en Niveles de Servicio .....	169
3.13. Diferencias entre método tradicional y método por nivel de servicio .....	170

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	Página
4.1. Conclusiones.....	174
4.2. Recomendaciones .....	175

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

ANEXO A: ENCUESTA APLICADA

ANEXO B: ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO MÉTODO PCI

ANEXO C: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD (EQUIPO TIPO MERLIN)

ANEXO D: DETERMINACIÓN DE RUGOSIDAD (NIVEL Y MIRA)

ANEXO E: EVALUACIÓN SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO IFI (ÍNDICE DE FRICCIÓN INTERNACIONAL)

ANEXO F: VOLÚMENES VEHICULARES

ANEXO G: HOJA DE CÁLCULO PARA LA DETERMINACIÓN (CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO)

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1. Variable independiente .....	5
Tabla 2. Variable dependiente.....	5
Tabla 3. Resumen general de caminos por tipo de red y superficie de rodadura.....	10
Tabla 4. Red vial .....	11
Tabla 5. Escala de calificación de serviciabilidad .....	17
Tabla 6. Niveles de severidad para huecos .....	50
Tabla 7. Constantes de apreciación del PSI coeficiente C1, C2 y C3.....	59
Tabla 8. Relación de rugosidad (QI) con el PSI.....	59
Tabla 9. Descripción de valores PCI, QI, PSI.....	60
Tabla 10. Relación de rangos PSI vs QI vs PCI.....	61
Tabla 11. Tabla de Merlin.....	69
Tabla 12. Valores de fricción con el Péndulo Británico .....	79
Tabla 13. Textura en pavimentos para el círculo de arena.....	79
Tabla 14. Factores de corrección a la capacidad por pendiente .....	84
Tabla 15. Factores de corrección a la capacidad por distribución por sentidos .....	84
Tabla 16. Factores de corrección a la capacidad por efecto combinado .....	85
Tabla 17. Factores de corrección a la capacidad por vehículos pesados .....	85
Tabla 18. Factores de pico horario basado en periodos de cinco minutos (FPH).....	87
Tabla 19. Velocidad media ideal a flujo libre en pendientes ascendentes .....	92
Tabla 20. F.C. al nivel de servicio por el efecto de la utilización de la capacidad .....	92
Tabla 21. F.C. al nivel de servicio por el estado de la superficie de la rodadura.....	93
Tabla 22. F.C. al nivel de servicio por efecto combinado del ancho de carril .....	93
Tabla 23. F.C. al nivel de servicio para vehículos pesados en pendientes ascendentes...94	94
Tabla 24. Factores de corrección por la presencia de vehículos pesados .....	97
Tabla 25. Velocidad máxima que permite la curva más cerrada del sector .....	97
Tabla 26. Velocidades que determinan los niveles de servicio por tipo de terreno .....	97
Tabla 27. Planilla de niveles de servicio.....	101
Tabla 28. Indicadores Niveles de Servicio.....	103
Tabla 29. Distancia total de vía a recorrer .....	108
Tabla 30. Preguntas relacionadas con la variable movilidad .....	109

Tabla 31. Preguntas relacionadas con la variable seguridad.....	109
Tabla 32. Preguntas relacionadas con la variable comodidad.....	109
Tabla 33. Valores de la clasificación de serviciabilidad (PSR) y su calificación.....	110
Tabla 34. Longitudes de unidades de muestreo asfálticas .....	111
Tabla 35. Hoja de registro.....	114
Tabla 36. Cálculo valor deducido CDV .....	117
Tabla 37. Resultado del Subtramo 1 .....	118
Tabla 38. Resultado Subtramo 2 .....	119
Tabla 39. Determinación de los coeficientes C1, C2, C3, para el cálculo del PSI .....	121
Tabla 40. Determinación de los coeficientes C1, C2, C3, para el cálculo del PSI .....	123
Tabla 41. Datos de campo con el dispositivo de Merlin.....	127
Tabla 42. Resultados del tramo 1 .....	129
Tabla 43. Resultados del tramo 2.....	130
Tabla 44. Cálculo del IRI por nivel y mira topográfico.....	132
Tabla 45. Resultados del tramo 1 .....	134
Tabla 46. Resultado del tramo 2 .....	134
Tabla 47. Datos de campo del círculo de arena y péndulo británico del tramo 1 .....	139
Tabla 48. Análisis estadístico de los datos.....	139
Tabla 49. Datos de fricción corregidos por temperatura del pavimento .....	140
Tabla 50. Valores para graficar la curva " Fricción vs Velocidad" .....	143
Tabla 51. Grafica de aceptación o rechazo para pavimentos flexibles de la AIPCR.....	145
Tabla 52. Resultado de IFI y requerimiento del pavimento.....	147
Tabla 53. Características Geométricas de la vía de estudio .....	148
Tabla 54. Porcentajes de zonas de no rebase según tipo de terreno.....	149
Tabla 55. Ubicación de estaciones de conteo.....	150
Tabla 56. Volumen vehicular horario por vehículos mixtos estación A.....	151
Tabla 57. Resumen vehicular por vehículo mixtos.....	152
Tabla 58. Volumen vehicular horario por vehículos mixtos estación B.....	152
Tabla 59. Resumen vehicular por vehículos mixtos .....	153
Tabla 60. Distribución direccional del tramo 1.....	154
Tabla 61. Distribución direccional del tramo 2.....	155

Tabla 62. Datos de entrada.....	156
Tabla 63. Resultados según método INVIAS .....	160
Tabla 64. Resultado del PSR y su calificación .....	160
Tabla 65. Resultado del PCI y su calificación .....	161
Tabla 66. Resultado del PSI y su clasificación .....	161
Tabla 67. Resultado del IRI del tramo en estudio .....	162
Tabla 68. Resultado del IFI del tramo en estudio .....	162
Tabla 69. Evaluación por Nivel de Servicio .....	166
Tabla 70. Medición de Niveles de Servicio .....	168
Tabla 71. Diferencias entre contratos por niveles de servicios vs contratos tradicionales de mantenimiento .....	170

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1. Competencias viales .....	10
Figura 2. Pavimento flexible de la vía en estudio .....	13
Figura 3. Estructura del pavimento flexible .....	13
Figura 4. Niveles de clasificación del pavimento según el PCI.....	19
Figura 5. Curvas de corrección del valor reducido (CDV) para pavimentos flexibles ....	24
Figura 6. Piel de cocodrilo de baja severidad .....	26
Figura 7. Piel de cocodrilo de severidad media .....	26
Figura 8. Piel de cocodrilo de alta severidad .....	27
Figura 9. Exudación baja severidad .....	28
Figura 10. Exudación severidad media .....	28
Figura 11. Exudación severidad alta .....	29
Figura 12. Grietas en bloque de baja severidad .....	30
Figura 13. Grietas en bloque de severidad media .....	31
Figura 14. Grietas en bloque de alta severidad .....	31
Figura 15. Abultamiento y hundimientos de baja severidad.....	33
Figura 16. Abultamiento y hundimientos de severidad media.....	33
Figura 17. Abultamiento y hundimientos de alta severidad.....	33
Figura 18. Corrugación de baja severidad.....	34
Figura 19. Corrugación de severidad media .....	35
Figura 20. Corrugación de alta severidad .....	35
Figura 21. Depresión de baja severidad .....	36
Figura 22. Depresión de severidad media .....	37
Figura 23. Depresión de alta severidad .....	37
Figura 24. Grieta de borde de baja severidad.....	38



Figura 25. Grieta de borde de severidad media.....	38
Figura 26. Grieta de borde de alta severidad.....	39
Figura 27. Grieta de reflexión de junta de baja severidad.....	41
Figura 28. Grieta de reflexión de junta de severidad media .....	41
Figura 29. Grieta de reflexión de junta de severidad alta .....	41
Figura 30. Desnivel carril/berma de baja severidad.....	42
Figura 31.Desnivel carril/berma de severidad media.....	43
Figura 32. Desnivel carril/berma de alta severidad.....	43
Figura 33. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de baja severidad.....	45
Figura 34. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de severidad media .....	45
Figura 35. Grietas longitudinales y transversales (No PCC) de alta severidad .....	46
Figura 36. Parcheo y acometidas de servicios públicos de baja severidad. ....	47
Figura 37. Parcheo y acometidas de servicios públicos de severidad media. ....	48
Figura 38. Parcheo y acometidas de servicios de alta severidad.....	48
Figura 39. Pulimento de agregados.....	49
Figura 40. Hueco de baja severidad .....	51
Figura 41. Hueco de severidad media .....	51
Figura 42. Hueco de severidad alta.....	51
Figura 43. Ahuellamiento de baja severidad.....	53
Figura 44. Ahuellamiento de severidad media.....	53
Figura 45. Ahuellamiento de alta severidad.....	53
Figura 46. Desplazamiento de baja severidad.....	55
Figura 47. Desplazamiento de severidad media.....	55
Figura 48. Desplazamiento de severidad alta.....	55
Figura 49. Ejemplo de hinchamiento. ....	57

Figura 50. Relación PSI vs Rugosidad.....	58
Figura 51. Escala de clasificación del IRI.....	62
Figura 52. Esquema del rugosímetro de Merlin.....	65
Figura 53. Desviación del pavimento respecto a la cuerda promedio.....	66
Figura 54. Histograma de la distribución de frecuencias.....	67
Tabla 11. Tabla de Merlin.....	69
Figura 55. Formato de planilla para toma de datos.....	70
Figura 56. Rugosímetro de MERLIN empleado para los ensayos.....	72
Figura 57. Diferencia entre microtextura y macrotextura.....	74
Figura 58. Péndulo Británico .....	75
Figura 59. Esquema del péndulo británico.....	76
Figura 60. Círculo de arena.....	76
Figura 61. Tramo de estudio 1 .....	106
Figura 62. Tramo de estudio 2 .....	107
Figura 63. Encuesta del vehículo de la zona de estudio.....	107
Figura 64. Curva de valor deducido fisura longitudinal y trasversal .....	115
Figura 65. Curva de valor deducido Baches .....	115
Figura 66. Curva de valor deducido Parches .....	116
Figura 67. Curva de valor deducido piel de cocodrilo .....	116
Figura 68. Curva de valor deducido corregido.....	117
Figura 69. Ejecución del ensayo, operador y auxiliar.....	125
Figura 70. Lectura y toma de datos.....	126
Figura 71. Operador, eleva y desplaza el equipo a una distancia constante .....	126
Figura 72. Histograma.....	128
Figura 73. Marcado del pavimento a cada 0,50 m .....	131

Figura 74. Levantamiento de lecturas .....	131
Figura 75. Perfil longitudinal .....	134
Figura 76. Nivelación y calibración del equipo .....	135
Figura 77. Colocación de la posición inicial del equipo .....	135
Figura 78. Humedecimiento del pavimento .....	136
Figura 79. Soltando el brazo del péndulo.....	136
Figura 80. Toma de datos del (CRD) .....	136
Figura 81. Limpieza del área de ensayo.....	137
Figura 82. Pesaje de la arena calibrada .....	137
Figura 83. Formación del círculo de arena .....	137
Figura 84. Medición diámetro horizontal .....	138
Figura 85. Medición diámetro vertical.....	138
Figura 86. Anotación de los diámetros medidos.....	138
Figura 87. Grafica para la corrección por temperatura de la fricción .....	140
Figura 88. Variación de la fricción en función de la velocidad .....	143
Figura 89. Grafica de valores de fricción textura del pavimento.....	146
Figura 90. Medición geométrica tramo 1 .....	147
Figura 91. Medición geométrica tramo 2.....	147
Figura 92. Aforo Vehicular .....	150
Figura 93. Composición vehicular de la vía del tramo 1 .....	153
Figura 94. Composición vehicular de la vía en el tramo 2.....	154
Figura 95. Volumen diario por carril .....	155
Figura 96. Volumen diario por carril .....	156