

**UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO**  
**TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN EN VÍAS DE BAJO TRÁFICO EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO TRAMO: CHAGUAYA-EL MOLLAR, INGRESO AL HOTEL LOS PARRALES”**

**Por.**

**JUAN PABLO FLORES RODRÍGUEZ**

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

**Semestre I – 2023**  
**TARIJA-BOLIVIA**

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

**“ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE REHABILITACIÓN EN VÍAS DE BAJO TRÁFICO EN PAVIMENTO FLEXIBLE Y RÍGIDO TRAMO: CHAGUAYA-EL MOLLAR, INGRESO AL HOTEL LOS PARRALES”**

**Por.**

**JUAN PABLO FLORES RODRÍGUEZ**

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

**Semestre I – 2023**  
**TARIJA-BOLIVIA**

## **DEDICATORIA**

Dedicado con todo el cariño del mundo para mis padres Firmo flores, Dominga Rodríguez mis hermanos Marcelo Elio Yilda y María ya que ellos fueron el pilar fundamental para lograr este sueño.

A mi novia Manu porque me apoyo en todo momento.

**INDICE**  
**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES**

	<b>Página</b>
1. INTRODUCCION .....	1
1.1 JUSTIFICACION DEL PROYECTO .....	2
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.2.1 Situación problemática.....	4
1.2.1 Problema .....	5
1.3 HIPOTESIS.....	5
1.4 OBJETIVOS .....	5
1.4.1 Objetivo general.....	5
1.4.2 Objetivos específicos .....	5
1.5 VARIABLES .....	6
1.5.1 Variable dependiente.....	6
1.5.2 Variable independiente.....	6
1.6 ALCANCE.....	7

**CAPITULO II**  
**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS**

	<b>Página</b>
2 DEFINICIÓN.....	9
2.1 PAVIMENTO FLEXIBLE .....	9
2.2 PAVIMENTO RÍGIDO .....	10
2.3 CONFORMACIÓN DE UNA CARRETERA DE PAVIMENTO	

FLEXIBLE.....	11
2.3.1 Subrasante .....	11
2.3.2 Subbase .....	11
2.3.3 Base.....	12
2.3.4 Pavimento o capa de rodadura .....	12
2.4 CARRETERA.....	12
2.4.1 Carreteras primarias .....	13
2.4.2 Carreteras secundarias.....	13
2.4.3 Carreteras terciarias.....	13
2.5 FALLAS EN LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES EN LA CAPA	
DE RODADURA.....	13
2.5.1 Ahuellamiento .....	14
2.5.1.1 Nivel de severidad.....	14
2.5.2 Hundimiento.....	15
2.5.2.1 Nivel de severidad.....	15
2.5.3 Corrugación.....	16
2.5.3.1 Nivel de severidad.....	16
2.5.4 Hinchamiento .....	17
2.5.4.1 Nivel de severidad.....	18
2.5.5 Fisura longitudinal .....	18
2.5.5.1 Nivel de severidad.....	19
2.5.6 Fisura transversal .....	20
2.5.6.1 Nivel de severidad.....	20

2.5.7 Fisuras tipo piel de cocodrilo .....	21
2.5.7.1 Nivel de severidad.....	21
2.5.8 Desprendimiento/descubrimiento de agregados .....	22
2.5.8.1 Nivel de severidad.....	23
2.5.9 Peladuras .....	24
2.5.9.1 Nivel de severidad.....	25
2.5.10 Baches .....	25
2.5.10.1 Nivel de severidad.....	25
2.5.11 Bacheos/reparaciones.....	26
2.5.11.1 Nivel de severidad.....	26
2.6 METODOS DE EVLUACION SUPERFICIAL .....	27
2.6.1 Método de evaluación IRI.....	27
2.6.1.1 Variaciones aparentes de perfiles longitudinales utilizando diferentes equipos .....	30
2.6.1.2 Variación del IRI según la longitud de evaluación .....	30
2.6.1.3 Variación en el valor del IRI según la longitud de evaluación .....	31
2.6.1.4 Efecto de singularidades en la medición y cálculo del IRI .....	32
2.6.2 Método de evaluación PCI (pavement condition index) para pavimentos flexibles .....	32
2.6.2.1 Índice de condición del pavimento (PCI).....	33
2.6.2.2 Grado de la condición del pavimento.....	33
2.6.3 Cálculo del PCI .....	34
2.6.3. Método de evaluación PSI (índice de serviciabilidad presente) .....	34

2.6.3.1	Serviciabilidad funcional. ....	35
2.6.3.2	Serviciabilidad estructural.....	35
2.7	EVALUACION ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS.....	37
2.7.1.	Viga Benkelman.....	38
2.7.1.2	Deflectometría.....	40
2.7.1.3	Evaluación estructural.....	40
2.7.1.4	Medición de deflexiones.....	40
2.7.1.5	Equipo requerido.....	41
2.8	ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PARA PAVIMENTO	
	FLEXIBLE.....	44
2.8.1	Tratamiento superficial (sello) localizado.....	44
2.8.2	Fresado y/o texturización localizada.....	45
2.8.3	Tratamientos superficiales (capas de sello).....	46
2.9	ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PARA PAVIMENTO	
	RIGIDO.....	47
2.9.1	Reparación en todo el espesor.....	48
2.9.2	Colocación de Barras de Transferencia de Carga.....	50
2.9.3	Reparación de juntas y grietas.....	51

### **CAPITULO III**

#### **APLICACIÓN PRÁCTICA EVALUACIÓN SUPERFICIAL Y ESTRUCTURAL PAVIMENTO RÍGIDO Y FLEXIBLE, ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO**

	<b>Página</b>
3 UBICACIÓN DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO .....	53
3.1 UBICACIÓN DEL TRAMO CHAGUAYA EL MOLLAR.....	53

3.2 UBICACIÓN DEL TRAMO ENTRADA HACIA EL	
HOTEL LOS PARRALES.....	53
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO .....	54
3.3.1 Características del tramo de pavimento flexible Chaguaya el Mollar .....	54
3.3.2 Características del tramo de pavimento rígido entrada hacia el	
hotel los parrales .....	57
3.4 EVALUACION DEL ESTADO DE LOS TRAMOS EN ESTUDIO .....	59
3.4.1 Método de evaluación estructura con la viga Benkelman para	
pavimento flexible tramo Chaguaya el Mollar.....	59
3.4.1.1 Evaluación superficial pavimento flexible carril derecho (ida) .....	60
3.4.1.2 Evaluación superficial pavimento flexible carril izquierdo (vuelta).....	62
3.4.2 Evaluación superficial mediante PCI (índice de condición de	
pavimento) tramo Chaguaya el Mollar´ .....	65
3.4.2.1 Evaluación al 20 % progresiva 00+000-01+000.....	65
3.4.2.2 Evaluación al 20 % progresiva 01+000-02+000.....	66
3.4.2.3 Evaluación al 20 % progresiva 02+000-03+000.....	68
3.4.2.4 Evaluación al 20 % progresiva 03+000-04+000.....	70
3.4.3 método de evaluación IRI (índice de rugosidad internacionales)	
pavimento flexible tramo Chaguaya el Mollar.....	72
3.4.3.1 Tramo 1 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo. ....	73
3.4.3.2 Tramo 1 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo.....	75
3.4.3.3 Tramo 2 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo .....	77
3.4.3.4 Tramo 2 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo.....	79



3.4.3.5 Tramo 3 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo .....	81
3.4.3.6 Tramo 3 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo.....	83
3.4.3.7 Tramo 4 ida datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo .....	85
3.4.3.8 Tramo 4 vuelta datos correspondientes al tramo más su cálculo respectivo.....	86
3.4.4 Método de evaluación superficial PSI (índice de severidad presente)	
mediante el IRI pavimento flexible.....	89
3.4.4.1 Tramo 1 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI .....	89
3.4.4.2 Tramo 1 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI.....	89
3.4.4.3 Tramo 2 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI .....	90
3.4.4.4 Tramo 2 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI.....	90
3.4.4.5 Tramo 3 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI .....	90
3.4.4.6 Tramo 3 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI.....	91
3.4.4.7 Tramo 4 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI .....	91
3.4.4.8 Tramo 4 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI.....	91
3.4.4.9 Aforo de tráfico tramo Chaguaya el Mollar .....	92
3.4.5 Método de evaluación estructura con la viga Benkelman para	
pavimento rígido tramo entrada hacia el hotel los parrales .....	93
3.4.5.1 Evaluación superficial de pavimento rígido tramo hotel	
los parrales carril derecho (ida).....	93
3.5.1.2 Evaluación superficial de pavimento rígido tramo hotel los	
parrales carril izquierdo (vuelta) .....	96
3.5.2 Evaluación superficial mediante PCI entrada hacia el hotel	
los parrales .....	98

3.5.2.1 Evaluación al 20 % progresiva 00+00-05+00 tramo 1 .....	98
3.5.2.2 Evaluación al 20 % progresiva 05+00-01+000 tramo 2 .....	100
3.5.3 método de evaluación superficial método IRI entrada hacia el hotel los parrales .....	102
3.5.3.1 Tramo 1 ida carril derecho cálculo de IRI .....	102
3.5.3.2 Tramo 1 vuelta carril izquierdo cálculo de IRI .....	104
3.5.3.3 Tramo 2 ida carril derecho cálculo de IRI .....	107
3.5.3.4 Tramo 2 vuelta carril izquierdo cálculo de IRI .....	108
3.5.4 Método de evaluación superficial PSI (índice de severidad presente).....	111
3.5.4.1 Tramo 1 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI .....	111
3.5.4.2 Tramo 1 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI.....	111
3.5.4.3 Tramo 2 ida carril derecho cálculo de PSI mediante el IRI .....	112
3.5.4.4 Tramo 2 vuelta carril izquierdo cálculo de PSI mediante el IRI.....	112
3.5.4.5 Aforo de tráfico tramo entrada al hotel los parrales.....	112
3.6 ANALISIS DE RESULTADOS TRAMO CHAGUAYA EL MOLLAR PAVIMENTO FLEXIBLE .....	113
3.6.1 Evaluación de alternativas de rehabilitación tramo Chaguaya el Mollar pavimento flexible.....	113
3.6.1.1 Tratamiento superficial (sello) localizado.....	113
3.6.1.2 Fresado y/o texturización localizada.....	116
3.6.1.3 Tratamientos superficiales (capas de sello).....	118
3.7 ANALISIS DE RESULTADOS TRAMO ENTRADA HACIA EL HOTEL LOS PARRALES PAVIMENTO RIGIDO .....	120

3.7.1 Evaluación de alternativas de rehabilitación pavimento rígido hotel los parrales .....	121
3.7.1.1 Reparación en todo el espesor.....	121
3.7.1.2 Reparación de juntas y grietas.....	124
3.7.1.3 Colocación de barras de transferencia de carga .....	127
3.8. ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PAVIMENTO FLEXIBLE .....	130
3.9 ANALISIS TECNICO ECONOMICO DE LAS ALTERNATIVAS DE REHABILITACION PAVIMENTO RIGIDO .....	130

**CAPITULO IV  
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

	<b>Página</b>
4 CONCLUSIONES.....	132
4.1.1 Tramo Chaguaya el Mollar .....	132
4.1.2 Tramo entrada hacia el hotel los parrales.....	133
4.2 RECOMENDACIONES .....	134
4.2.1 Tramo Chaguaya el Mollar .....	134
4.2.2 Tramo entrada al hotel los parrales .....	134

**BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

**ANEXO 1** Ensayos del tramo Chaguaya el mollar pavimento flexible.

**ANEXO 2** Ensayos del tramo entrada al hotel los parrales pavimento rígido

**ANEXO 3** Peso del volquete para la práctica viga Benkelman

**ANEXO 4** Respaldo de los ensayos de laboratorio de la evaluación superficial y estructural pavimento flexible y rígido

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 1 Corte transversal de un pavimento flexible .....	10
Figura 2 Corte transversal de un pavimento rígido.....	11
Figura 3 Ahuellamiento en un pavimento.....	14
Figura 4 Hundimiento en un pavimento .....	15
Figura 5 Corrugación en un pavimento.....	16
Figura 6 Hinchamiento en un pavimento .....	18
Figura 7 Fisuras longitudinales en un pavimento .....	19
Figura 8 Fisuras transversales en un pavimento .....	20
Figura 9 Piel de cocodrilo en un pavimento .....	21
Figura 10 Desprendimiento de agregados en un pavimento .....	23
Figura 11 Peladuras en un pavimento .....	24
Figura 12 Baches en un pavimento .....	25
Figura 13 Bacheos en un pavimento .....	26
figura 14 Modelo de cuarto de carro .....	28
Figura 15 Escala por banco mundial para la cuantificación del IRI .....	29
Figura 16 Perfiles después del filtrado.....	30
Figura 17 Variación en el valor del IRI .....	31
Figura 18 Márgenes de fallas .....	33
Figura 19 Relación entre el índice de servicialidad y el tiempo en años .....	35
Figura 20 Niveles de servicialidad y capacidad de los pavimentos .....	37
Figura 21 Partes de la viga Benkelman.....	39

Figura 22 Viga Benkelman .....	41
Figura 23 Pasos para elaborar el ensayo de la viga Benkelman .....	43
Figura 24 Lechada asfáltica .....	45
Figura 25 Fresado y texturizado.....	46
Figura 26 Capas de sello .....	47
Figura 27 Preparación de las caras aserradas.....	49
Figura 28 Reparación y barras de amarre .....	50
Figura 29 Colocado de pasadores .....	51
Figura 30 Junta de grieta.....	52
Figura 31 Vista satelital tramo Chaguaya el Mollar .....	53
Figura 32 Vista satelital tramo entrada al hotel los parrales .....	54
Figura 33 Carretera Chaguaya el Mollar.....	55
Figura 34 Espesor capa subbase.....	55
Figura 35 Espesor capa base .....	56
Figura 36 Espesor capa rodadura .....	56
Figura 37 Ancho calzada.....	57
Figura 38 Longitud tramo .....	57
Figura 39 Carretera entrada hacia el hotel los parrales .....	58
Figura 40 Carretera entrada hacia el hotel los parrales.....	58
Figura 41 Aplicación de capa de sello localizado.....	114
Figura 42 aplicación de capa de sello localizado .....	118
Figura 43 Reparación de todo el espesor .....	121
Figura 44 Reparación de junta .....	122

Figura 45 Reparación de junta .....	124
Figura 46 Reparación de junta .....	125
Figura 47 Reparación de junta .....	128

## INDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 1 Variables .....	6
Tabla 2 Niveles de servicialidad y capacidad de lo pavimentos .....	37
Tabla 3 Datos viga Benkelman .....	60
Tabla 4 Datos viga Benkelman .....	62
Tabla 5 Datos y calculo PCI.....	65
Tabla 6 Valores reducidos.....	66
Tabla 7 Datos y calculo PCI.....	67
Tabla 8 Valores deducidos .....	68
Tabla 9 Datos y calculo PCI.....	69
Tabla 10 Valores Deducidos .....	70
Tabla 11 Datos y calculo PCI.....	71
Tabla 12 Valor deducido.....	72
Tabla 13 Datos de campo con la rueda Merlin .....	73
Tabla 14 Datos de campo con la rueda de Merlin.....	75
Tabla 15 Datos de campo con la rueda de Merlin.....	77
Tabla 16 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	79
Tabla 17 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	81
Tabla 18 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	83

Tabla 19 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	85
Tabla 20 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	87
Tabla 21 Aforo trafico.....	92
Tabla 22 Datos viga Benkelman y respectivo calculo .....	94
Tabla 23 Datos de la viga Benkelman y respectivo calculo.....	96
Tabla 24 Datos para PCy respectivo calculo.....	99
Tabla 25 Valores deducido.....	100
Tabla 26 Datos PCI y su respectivo calculo.....	101
Tabla 27 Valores deducidos .....	102
Tabla 28 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	103
Tabla 29 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	105
Tabla 30 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	107
Tabla 31 Datos de campo con la rueda de Merlín.....	109
Tabla 32 Datos aforo vehicular .....	112
Tabla 33 Analisis precios unitarisos .....	115
Tabla 34 Analisis precios unitarisos .....	117
Tabla 35 Analisis precios unitarisos .....	119
Tabla 36 Analisis precios unitarisos .....	123
Tabla 37 Analisis precios unitarisos .....	126
Tabla 38 Analisis precios unitarisos .....	129



## INDICE GRÁFICOS

	<b>Página</b>
Gráfico 1 Deflexiones máximas.....	61
Gráfico 2 Radios de curvatura.....	61
Gráfico 3 Deflexiones máximas.....	63
Gráfico 4 Radios de curvatura.....	64
Gráfico 5 Histograma de distribución de frecuencias .....	73
Gráfico 6 Histograma de distribución de frecuencias .....	75
Gráfico 7 Histograma de distribución de frecuencias .....	78
Gráfico 8 Histograma de distribución de frecuencias .....	80
Gráfico 9 Histograma de distribución de frecuencias .....	82
Grafico10 Histograma de distribución de frecuencias .....	83
Gráfico 11 Histograma de distribución de frecuencias .....	85
Gráfico 12 Histograma de distribución de frecuencias .....	87
Gráfico 13 Deflexiones máximas.....	95
Grafico 14 Radios de curvatura.....	95
Gráfico 15 Deflexiones máximas.....	97
Grafico 16 Radios de curvatura.....	97
Grafico 17 Histograma de distribución.....	103
Grafico 18 Deflexiones máximas.....	105
Grafico 19 Deflexiones máximas.....	107
Grafico 20 Deflexiones máximas.....	109