

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



“PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS  
RÍGIDOS APLICADOS A NUESTRO MEDIO”

POR: RICARDO ALEX CORTEZ SÁNCHEZ

JULIO DE 2013  
TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“PROCESOS DE REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS  
RÍGIDOS APLICADOS A NUESTRO MEDIO”

POR: RICARDO ALEX CORTEZ SÁNCHEZ

Proyecto de Grado CIV. 502 presentado a la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

JULIO DE 2013  
TARIJA – BOLIVIA

**V° B°**

.....  
Ing. Mabel Zambrana Velasco

**PROFESOR GUÍA**

.....  
Msc. Ing. Luis A. Yurquina Flores

**DECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA**

.....  
Lic. Gustavo Succi Aguirre

**VICEDECANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Trinidad Baldiviezo

.....  
Ing. Fernando Mur

.....  
Ing. Ada López



El tribunal calificador del presente proyecto de grado, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el trabajo, siendo las mismas únicamente responsabilidad del autor.

**DEDICATORIA:**

A mis padres (José y María Isabel) por el apoyo incondicional, tolerancia y paciencia durante mi formación académica.

A mis hermanos Divar y Marco con todo cariño por brindarme siempre su apoyo.

A Gledys, mis hijos José Ricardo y Rodrigo por mantenerse siempre a mi lado y ser mi voz de aliento en los momentos de flaqueza.

### **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios, por brindarme vida y salud para poder culminar mis estudios, y guiar mis pasos por la senda del bien.

A mis Docentes por su aporte en mi formación profesional a través de sus enseñanzas y consejos.

### **PENSAMIENTO:**

“Cuando te inspire un objetivo importante, un proyecto extraordinario todos tus pensamientos rompen sus ataduras: tu mente supera los límites, tu conciencia se expande en todas direcciones y tú te ves en un mundo nuevo y maravilloso.

Las fuerzas, facultades y talentos ocultos cobran vida, y descubres q eres una persona mejor de lo que habrías soñado ser.”

Pantanjali, filósofo hindú

## INDICE

- \* Dedicatoria
- \* Agradecimiento
- \* Pensamiento

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	<b>Pág.</b>
1.1. Generalidades.....	1
1.2. Problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Alcance.....	4

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES DE LOS PAVIMENTOS RÍGIDOS

	<b>Pág.</b>
2.1. Introducción.....	6
2.2. Características del pavimento rígido .....	7
2.2.1. Rigidez del pavimento .....	8
2.2.2. Juntas.....	8
2.2.3. Características superficiales.....	9
2.2.4. Durabilidad.....	10
2.3. Elementos que integran un pavimento rígido .....	10
2.3.1. Capa sub-rasante.....	11
2.3.2. Capa sub-base.....	11
2.3.3. Capa de rodadura (loza de hormigón).....	12
2.4. Componentes del pavimento rígido .....	13
2.4.1. Cemento.....	13
2.4.2. Materiales pétreos.....	14
2.4.3. Agua.....	16
2.4.4. Aditivos.....	16

2.4.5. Concreto.....	17
2.4.6. Acero de refuerzo .....	19
2.4.7. Sellador para juntas .....	21
2.4.8. Proceso de ejecución en una estructura de pavimento rígido.....	23

### **CAPITULO III**

#### **EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**

	<b>Pág.</b>
3.1. Generalidades.....	25
3.2. Comportamiento de los pavimentos rígidos.....	27
3.3. Indicadores de comportamiento.....	27
3.3.1. Fallas visibles.....	28
3.3.2. Capacidad estructural.....	28
3.3.3. Fricción superficial.....	29
3.3.4. Rugosidad / Serviabilidad.....	29

	<b>Pág.</b>
3.4. Tipos de fallas .....	30
3.4.1. Fisura transversal o diagonal.....	30
3.4.2. Fisura longitudinal.....	32
3.4.3. Fisura de esquina .....	33
3.4.4. Losas sub-divididas.....	35
3.4.5. Fisuras en bloque .....	36
3.4.6. Fisuras inducidas.....	38
3.4.7. Levantamiento de losas .....	40
3.4.8. Dislocamiento.....	41
3.4.9. Hundimiento.....	43
3.4.10. Descascaramiento y fisuras.....	44
3.4.11. Pulimiento de la superficie.....	46

	Pág.
3.4.12. Peladuras.....	47
3.4.13. Bache.....	48
3.4.14. Deficiencias en material de sello .....	49
3.4.15. Despostillamiento.....	51
3.4.16. Fisuras por mal funcionamiento de juntas.....	52
3.4.17. Parchados y reparaciones para servicios públicos.....	54
3.5. Evaluación de pavimentos rígidos.....	55
3.6. Tipos de evaluación de un pavimento rígido.....	55
3.6.1. Evaluación superficial.....	55
3.6.1.1. Procedimientos para la evaluación superficial de pavimentos pavimentos.....	56
3.6.1.2. Inspección visual.....	57
3.6.1.3. Equipo de medición de fallas superficiales.....	62
3.6.1.4. Recolección manual de fallas.....	63

	<b>Pág.</b>
3.6.1.5. Imagen análoga y digital.....	63
3.6.1.6. La profundidad de la rodadura.....	67
3.6.2. Evaluación estructural.....	70
3.6.2.1. Medición de deflexiones.....	71
3.6.2.2. La viga benkelman.....	71
3.6.2.3. Equipo requerido.....	73
3.6.2.4. Procedimiento en el campo.....	73
3.6.2.5. Cálculo de las deflexiones.....	78
3.7. Método PSI (Índice de Servicio Presente).....	80
3.7.1. Definición.....	80
3.7.2. Relación entre PSI-IRI.....	82
3.7.3. Cálculo del PSI.....	83
3.7.4. Método PSI (Índice de Condición del Pavimento).....	83

	<b>Pág.</b>
3.7.4.1. Definición.....	83
3.7.4.2. Descripción del método para el cálculo del PCI.....	84
3.7.4.3. Cálculo del PCI.....	86
3.8. Metodologías de evaluación.....	87
3.8.1. Evaluación inicial.....	87
3.8.1.1. Información de carácter general.....	88
3.8.2. Evaluación sistematizada y seguimiento.....	90
3.8.3. Evaluación puntual.....	91

## CAPITULO IV

### ANÁLISIS METODOLÓGICO EN TÉCNICAS DE REHABILITACIÓN

	<b>Pág.</b>
4.1. Rehabilitación de pavimentos rígidos .....	92
4.1.1. Carpetas de textura abierta .....	93
4.2. Diagrama de flujo de los procedimientos generales.....	98
4.3. Anatomía de la reparación de superficies.....	99
4.4. Estabilización y nivelación de losas .....	100
4.4.1. Técnica de estabilización de losas .....	101
4.5. Rehabilitación de pavimentos por medio de sobrecarpetas.....	101
4.5.1. Reencarpelado de concreto hidráulico sobre pavimento de concreto hidráulico.....	103
4.5.1.1. Sobrecarpetas de concreto hidráulico adheridas.....	103
4.6. Inyección a presión.....	114

4.7. Reparación o restitución de banquetas.....	115
4.8. Reparación de grietas .....	117

## CAPITULO V

### APLICACIÓN PRÁCTICA

	<b>Pág.</b>
5.1. Ubicación del área de estudio .....	128
5.1.1. Límites.....	130
5.2. Descripción de las características del área de estudio .....	130
5.2.1. Población.....	130
5.2.2. Clima.....	130
5.3. Evaluación de estado .....	131
5.3.1. Análisis y determinación del IRI demarcación de tramos de evaluación.....	131

	<b>Pág.</b>
5.3.1.1. Medición del PCI.....	132
5.3.1.2. Resultados del PCI .....	133
5.3.1.3. Resultados del área, secciones y unidades de evaluación.....	134
5.3.2. Análisis y determinación del PSI.....	144
5.3.2.1. Medición del PSI.....	145
5.3.2.2. Resultados del PSI.....	145
5.4. Elección de tipos de rehabilitación.....	147
5.5. Proceso de rehabilitación .....	147
5.5.1. Materiales.....	147
5.5.2. Equipo a utilizar.....	149
5.5.3. Proceso de rehabilitación .....	150
5.5.3.1. Reparación de restitución de banquetas.....	150
5.5.3.2. Reparación de grietas .....	156

	<b>Pág.</b>
5.6. Análisis de resultados .....	157
5.7. Justificación económica.....	160
5.7.1. Presupuesto general.....	160
5.7.2. Precios unitario.....	161
5.7.3. Desgloce de insumos general: Materiales.....	164
5.7.4. Desgloce de insumos general: Obreros.....	165
5.7.5. Desgloce de insumos general: Equipo.....	166
5.8. Justificación Técnica.....	167

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1. Conclusiones.....	169
6.2. Recomendaciones.....	170

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

**ANEXO I : ENSAYOS DE LABORATORIO**

**ANEXO II: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SIKAFLEX 15 LM SL**

**ANEXO III: ÁBACOS PARA EL CÁLCULO DEL PCI**

**ANEXO IV: IMAGEN SATELITAL DEL ÁREA DE ESTUDIO**

**ANEXO V: DETERMINACIÓN DE COEFICIENTES DE ESTADO P.S.I.**

**ANEXO VI : PLANOS**

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Fig. 2.1. Estructura de un Pavimento Rígido .....	6
Fig. 2.2. Elementos que Integran el Pavimento Rígido .....	10
Fig. 2.3. Canastas Pasajuntas en Juntas Transversales de Contracción.....	20
Fig. 2.4. Detalle de Construcción de la Junta .....	22
Fig. 2.5. Transferencia de Carga .....	23
Fig.3.1. Fisura Transversal o Diagonal.....	30
Fig.3.2. Fisura Longitudinal.....	32
Fig.3.3. Fisura de Esquina .....	33
Fig.3.4. Losas Subdivididas.....	35
Fig.3.5. Fisuras en Bloque .....	36
Fig.3.6. Fisuras Inducidas .....	38
Fig.3.7. Levantamiento de Losas .....	40
Fig.3.8. Dislocamiento.....	41
Fig.3.9. Hundimiento.....	43
Fig.3.10. Descascaramiento.....	44
Fig.3.11. Pulimiento de la Superficie.....	46

Fig.3.12. Peladuras.....	47
Fig.3.13. Bache.....	48
Fig.3.14. Deficiencias en Material de Sello .....	49
Fig.3.15. Despostillamiento.....	51
Fig.3.16. Fisura por mal funcionamiento de Juntas.....	52
Fig.3.17. Parchados y Reparaciones para Servicios Públicos.....	54
Fig.3.18. Inspección Visual.....	57
Fig.3.19. Formato de Exploración de Condición para Carreteras con Superficie en Concreto.....	60
Fig.3.20. Formato para la Inspección Visual de Pavimento Rígido.....	61
Fig.3.21. Equipo de Imagen Especial para Fallas Superficiales.....	65
Fig. 3.22. Ejemplo de un Análisis Automatizado de Fallas.....	66
Fig. 3.23. Perfil Transverso Ultrasónico.....	67
Fig. 3.24. Multilaser Perfilometer Láser.....	69
Fig. 3.25. Equipo Multifuncional.....	69
Fig. 3.26. Esquema y Principio de Operación de la Viga Benkelman.....	72
Fig. 3.27. Configuración Geométrica del Sistema de Carga en Ensayos con la Viga Benkelman.....	74

Fig 3.28. Esquematzación del Proceso de Medición con la Viga Benkelman	76
Fig. 3.29. Hoja de Campo Para Recopilación de Deflexiones.....	77
Fig. 3.30. Curvas de Deflexiones típicas de ensayos con la viga Benkelman	79
Fig. 3.31. Índice de Severidad VS. Tiempo.....	81
Fig.4.1. Evolución del Estado Estructural del Pavimento y Técnicas de Reparación o Rehabilitación .....	102
Fig.4.2. Detalle de un Control de Grietas Aleatorias .....	110
Fig.4.3. Esquema de algunos Deterioros .....	118
Fig.5.1. Resumen de Deterioros Registrados en la Superficie del Pavimento	133
Fig.5.2. Demolición de losas con martillo Hidráulico.....	151
Fig.5.3. Aserrado de Bordes .....	151
Fig.5.4. Limpieza del Área Demolida dejándola libre de Materiales Suelos.....	152
Fig.5.5. Procedimiento de Restitución de la Fundación en Áreas por Reparar.....	152
Fig.5.6. Reposición de las Barras de Amarre .....	153
Fig.5.7. Verificación de Dovelas en las Vías de Alto Tráfico (Av. a Yacuiba y Av. a Tarija) .....	153
Fig. 5.8. Colocado del Concreto Directamente de la Hormigonera .....	154
Fig. 5.9. Vibrado y Enrasado .....	154
Fig.5.10. Texturizado del Concreto Mediante Cepillo Texturizador.....	155

Fig.5.11. Losa Terminada y Lista para Abrir al Tráfico.....	155
Fig. 5.12. Resultado del PSI de cada Sección .....	157
Fig 5.13. Resultado del PCI de cada Sección .....	158
Fig 5.14. % de Área deteriorada (grietas) de cada Sección.....	159

## INDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 2.1. Especificaciones para Capa Sub Base .....	12
Tabla 2.2. Clasificación y Composición de los Cementos .....	13
Tabla 2.3. Especificaciones - Materiales – Granulometría de la Grava .....	15
Tabla 2.4. Especificaciones – Materiales – Granulometría de la Arena .....	15
Tabla 2.5. Barras Pasajuntas .....	22
Tabla 3.1. Niveles de Serviciabilidad .....	29
Tabla 3.2. Clasificación de Niveles de Severidad de Fisuras .....	36
Tabla 3.3. Clasificación de Niveles de Severidad de Bache .....	49
Tabla 3.4. Rangos de Clasificación del PCI.....	56
Tabla 3.5. Equipo de Mediciones de Fallas Superficiales.....	62
Tabla 3.6. Clasificación del PSI .....	80
Tabla 3.7. Clasificación Vial .....	82
Tabla 3.8. Relación PSI-IRI según Dujisin y Arroyo 1995 .....	83
Tabla 3.9. Clasificación del PCI .....	84
Tabla 3.10. Proporción de Unidades a ser Evaluadas .....	85
Tabla 4.1. Calidad de los Agregados .....	95
Tabla 4.2. Granulometrías Típicas en Carpetas Abiertas (open graded) .....	96

	<b>Pág</b>
Tabla 4.3. Tipos de Sobrecarpetas .....	102
Tabla 4.4. Beneficios Logrados en Prevención y Reparación Mediante el empleo de Sobrecarpetas de Concreto Hidráulicas Adheridas ( SCA) para Distintos tipos de Deterioros.....	106
Tabla 4.5. Tratamiento, Materiales y su Adherencia.....	112
Tabla 4.6. Tipos Comunes de Agrietamientos y Causas Probables.....	120
Tabla 4.7 Técnicas y Equipos para el Resellado de Juntas/Grietas.....	127
Tabla 5.1. Identificación de Secciones.....	131
Tabla 5.2. Resumen Cuantitativo de Unidades Inspeccionadas.....	134
Tabla 5.3. Valores de PCI del Área de Evaluacion.....	136
Tabla 5.4. Valores del PCI y Resumen de Deterioros – Sección A.....	136
Tabla 5.5. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección B .....	139
Tabla 5.6. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección C.....	141
Tabla 5.7. Valores del PCI y Resumen de Deterioros - Sección D .....	143
Tabla 5.8. Características Constructivas y Condiciones de Ejecución .....	144
Tabla 5.9. Resultados de la Evaluación del Pavimento PSI .....	146
Tabla 5.10. Fuente consultora SICA. Equipo para Reparación de Banquetas ...	149