

**UNIVERSIDAD AUTONOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN**



**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL  
PAVIMENTO FLEXIBLE “TRAMO PADCAYA –ROSILLAS”**

**Por:**

**NADIA KATERINE MONTELLANOS CONDORI**

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 – 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

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

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES  
DEL PAVIMENTO FLEXIBLE TRAMO PADCAYA –  
ROSILLAS”**

**Por:**

**NADIA KATERINE MONTELLANOS CONDORI**

**SEMESTRE II- 2018**

**TARIJA – BOLIVIA**

.....  
M.Sc. Ing. Ernesto R. Álvarez Gozalvez  
**DECANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**Y TECNOLOGIA**

.....  
M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y**  
**TECNOLOGIA**

**TRIBUNAL:**

.....  
**Ing. Luis Alberto Yurquina Flores**

.....  
**Ing. Trinidad C. Baldiviezo Montalvo**

.....  
**Ing. Marcelo E. Sosa Castellanos**

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:**

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A todas las personas que contribuyeron en mi formación, en especial a:

**A mis padres;** Freddy Montellanos Ramos que desde el cielo guías mi camino, para verme llegar tan lejos y Barbarita Condori Rueda por enseñarme a ser fuerte ante las adversidades, por inculcarme buenos valores, por ser mis guías que me llevaron a cumplir una de mis metas propuestas, siendo siempre una fuente de inspiración.

**A mis hermanos,** porque siempre he contado con ellos para todo y creyeron en mí.

### **AGRADECIMIENTO:**

A DIOS por darme fuerzas para seguir adelante a pesar de todas las adversidades. Gracias DIOS...

A mi familia, quienes siempre han estado mi lado, por su paciencia, comprensión, sacrificio, compañía y sobre todo apoyo incondicional en todo momento.

A los docentes, que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesionalmente.

A todos mis amigos, vecinos y futuros colegas con los que compartí dentro y fuera de las aulas, que me ayudaron de una manera desinteresada, que se convierten en amigos de vida, gracias infinitas por toda su ayuda y buena voluntad.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que mi trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **PENSAMIENTO**

*“No hay secretos para el éxito.  
Éste se alcanza preparándose, trabajando  
arduamente y aprendiendo del fracaso.”*

***Colin Powell.***

## ÍNDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

### CAPÍTULO I DISEÑO TEÓRICO Y METODOLÓGICO

<b>1.1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.2. ANTECEDENTES</b> .....	2
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN</b> .....	3
<b>1.4. DISEÑO TEÓRICO</b> .....	4
1.4.1. Planteamiento del problema.....	4
1.4.2. Determinación de la perspectiva de solución.....	4
1.4.3. Situación problemática.....	4
1.4.4. Determinación del problema .....	5
1.4.5. Objetivos .....	5
1.4.5.1. Objetivo general.....	5
1.4.5.2. Objetivos específicos .....	6
1.4.6. Formulación de la hipótesis .....	6
1.4.6.1. Hipótesis.....	6
1.4.7. Variables .....	6
1.4.7.1. Conceptualización y operacionalidad de las variables.....	7
<b>1.5. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	7
1.5.1. Identificación del tipo del diseño de investigación .....	7
1.5.2. Unidades de estudio y decisión muestral .....	7
1.5.2.1. Población.....	7
1.5.2.2. Muestra.....	8
1.5.2.3. Análisis estadístico.....	8

1.5.2.4. Tamaño de la muestra .....	8
1.5.2.5. Selección de las técnicas de muestreo.....	9
<b>1.6. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS LÓGICOS .....</b>	<b>9</b>
1.6.1. Justificación de factibilidad, recursos insumos y medios utilizados.....	9
1.6.2. Listado de actividades a realizar .....	10
1.6.3. Esquema de actividades en función a procedimiento definido por la perspectiva .....	10
1.6.4. Tratamiento Estadístico.....	12
<b>1.7. ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>13</b>

**CAPÍTULO II**  
**ESTADO DE CONOCIMIENTO**  
**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EN UN**  
**PAVIMENTO FLEXIBLE**

<b>2.1. ASPECTOS GENERALES DE PAVIMENTOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.2. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS .....</b>	<b>16</b>
2.2.1. Funciones de un pavimento.....	16
2.2.2. Componentes de un pavimento asfáltico.....	17
2.2.3. Proyecto de un pavimento asfáltico .....	18
2.2.4. Tipos de pavimentos asfálticos .....	19
<b>2.3. IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES CONSTITUIDOS EN EL</b> <b>PAVIMENTO FLEXIBLE.....</b>	<b>22</b>
2.3.1. Materiales para subbase .....	23
2.3.2. Materiales para capa base.....	26
2.3.3. Materiales para la carpeta asfáltica .....	29
<b>2.4. FACTORES QUE INFLUYEN LA CALIDAD DE LOS MATERIALES</b> <b>EN UN PAVIMENTO.....</b>	<b>36</b>
<b>2.5. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE</b> <b>LOS MATERIALES EN UN PAVIMENTO FLEXIBLE .....</b>	<b>45</b>
2.5.1. Calidad .....	45

2.5.2. Control de calidad .....	46
2.5.3. Especificaciones técnicas y normas .....	52

### **CAPÍTULO III**

## **INFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE TRAMO “PADCAYA – ROSILLAS”**

<b>3.1. RELEVAMIENTO A LA INFORMACIÓN</b> .....	54
3.1.1. Localización de la zona del proyecto .....	55
3.1.1.1. Ubicación .....	55
3.1.1.2. Ubicación del proyecto en estudio .....	56
3.1.2. Condiciones climáticas.....	56
3.1.3. Características del tránsito .....	57
<b>3.2. CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO</b> .....	57
3.2.1. Características generales del tramo .....	58
3.2.2. Criterios de diseño planimétrico del tramo .....	59
3.2.3. Superficie de rodadura del tramo .....	60
3.2.4. Materiales.....	60
3.2.4.1. Terraplén .....	60
3.2.4.2. Subrasante mejorada .....	61
3.2.4.3. Capa subbase.....	61
3.2.4.4. Capa base .....	61
<b>3.3. INSPECCIÓN VISUAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE</b> .....	62
3.3.1. Descripción e identificación de fallas presentes en la carpeta asfáltica.....	62
<b>3.4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES DEL PAVIMENTO</b> .....	66
3.4.1. Muestreo.....	66
3.4.1.1. Extracción de muestra para la carpeta asfáltica .....	67
3.4.1.2. Extracción de muestra para la capa base y subbase .....	68
3.4.2. Caracterización de los materiales del pavimento flexible.....	69

3.4.2.1. Ensayo Marshall.....	69
3.4.2.2. Lavado asfáltico o centrifugación .....	69
3.4.2.3. Clasificación de suelos.....	70
3.4.2.4. Humedad óptima y densidad seca máxima (Proctor).....	72
3.4.2.5. Valor soporte California C.B.R. (California Bearing Ratio) .....	73
3.4.2.6. Equivalente de Arena .....	74
3.4.2.7. Desgaste de los Ángeles.....	74

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

<b>4.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
4.1.1 Análisis de resultados para la granulometría obtenida por centrifugación .....	75
4.1.2. Análisis de resultados de las propiedades de los testigos (Ensayo Marshall)...	77
4.1.3. Análisis de resultados de la granulometría y límites de Atterberg.....	79
4.1.4. Análisis de resultados del ensayo Proctor (Compactación 180) .....	85
4.1.5. Análisis de resultados del ensayo Valor Soporte California (C.B.R) .....	87
4.1.6. Análisis de resultados del ensayo Equivalente de Arena .....	89
4.1.7. Análisis de resultados del ensayo Desgaste de los Ángeles.....	90
<b>4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>91</b>

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>5.1. CONCLUSIONES.....</b>	<b>112</b>
<b>5.2. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>115</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>117</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Sección típica de un pavimento .....	17
Figura 2.2. Actividades pertenecientes a un proyecto.....	19
Figura 2.3. Sección típica transversal pavimento rígido .....	20
Figura 2.4. Sección típica transversal pavimento flexible .....	20
Figura 2.5. Sección típica transversal pavimento semirrígido .....	21
Figura 2.6. Sección típica transversal pavimento articulados .....	21
Figura 2.7. Algunos tipos de falla .....	45
Figura 3.1. Ubicación del lugar del tramo en estudio .....	55
Figura 3.2. Ubicación del tramo en estudio .....	56
Figura 3.3. Trayecto de Padcaya a Rosillas .....	57
Figura 3.4. Composición del pavimento en estudio.....	62
Figura 3.5. Piel de cocodrilo .....	63
Figura 3.6. Fisuras en bloque .....	63
Figura 3.7. Fisuras longitudinales y transversales .....	63
Figura 3.8. Exudación .....	64
Figura 3.9. Agregado pulido .....	64
Figura 3.10. Huecos .....	65
Figura 3.11. Peladuras.....	65
Figura 3.12. Reparaciones por bacheo .....	65
Figura 3.13. Material obtenido para el tramo 1.....	68
Figura 3.14. Material obtenido para el tramo 2.....	68
Figura 3.15. Máquina centrífuga y materiales .....	69
Figura 3.16. Muestras obtenidas para capa base y subbase .....	70
Figura 3.17. Material pétreo seleccionado para la realización de los ensayos.....	70
Figura 3.18. Tamizado de los agregados.....	71
Figura 3.19. Límite líquido .....	72
Figura 3.20. Límite plástico .....	72
Figura 3.21. Determinación de la densidad máxima.....	73
Figura 3.22. Determinación del CBR del material.....	73

Figura 3.23. Determinación del Equivalente de Arena .....	74
Figura 3.24. Determinación del Desgaste de los Ángeles.....	74

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1.1. Conceptualización y operacionalidad de las variables .....	7
Cuadro 1.2. Cálculo de muestra estratificada.....	9
Cuadro 1.3. Lista de actividades .....	10
Cuadro 2.1. Requerimientos granulométricos para subbase granular .....	23
Cuadro 2.2. Subbase granular .....	24
Cuadro 2.3. Requerimientos granulométricos para base granular .....	26
Cuadro 2.4. Requerimiento agregado grueso.....	27
Cuadro 2.5. Requerimiento agregado fino .....	27
Cuadro 2.6. Ensayos y frecuencias .....	29
Cuadro 2.7. Requerimientos granulométricos para bases asfálticas .....	30
Cuadro 2.8. Requerimientos para granulometría del material pétreo para carpetas asfálticas.....	33
Cuadro 2.9. Requerimientos mínimos de calidad para asfaltos .....	36
Cuadro 2.10. Requisitos de calidad para materiales de base y subbase .....	49
Cuadro 2.11. Resumen de normas y parámetros .....	50
Cuadro 2.12. Requerimientos mínimos para los ensayos de estabilidad, fluencia y vacíos.....	51
Cuadro 3.1. Espesores del tramo en estudio .....	62
Cuadro 3.2. Ubicación de puntos para la extracción de las muestras .....	67
Cuadro 4.1. Gradaciones para el material pétreo .....	75
Cuadro 4.2. Análisis granulométrico de los testigos .....	75
Cuadro 4.3. Porcentaje del contenido de ligante de los testigos .....	76
Cuadro 4.4. Criterios del Instituto del Asfalto para el diseño Marshall .....	77
Cuadro 4.5. Porcentaje mínimo de VMA .....	77
Cuadro 4.6. Especificaciones técnicas de diseño para determinar las propiedades del ensayo Marshall .....	78
Cuadro 4.7. Resultados de las propiedades por medio el ensayo Marshall. ....	78
Cuadro 4.8. Gradaciones para materiales para capa subbase .....	79
Cuadro 4.9. Gradaciones para materiales para capa base .....	80

Cuadro 4.10. Análisis granulométrico de la capa base de gradación B .....	80
Cuadro 4.11. Límites y clasificación para capa base .....	80
Cuadro 4.12. Análisis granulométrico de la capa subbase de gradación A .....	81
Cuadro 4.13. Límites y clasificación de capa subbase .....	81
Cuadro 4.14. Análisis granulométrico de la capa base de gradación B .....	83
Cuadro 4.15. Límites y clasificación para capa base .....	83
Cuadro 4.16. Análisis granulométrico de la capa subbase de gradación A .....	83
Cuadro 4.17. Límites y clasificación de capa sub base .....	84
Cuadro 4.18. Características generales de compactación de los distintos tipos de suelos AASHTO T – 180 – 99 .....	85
Cuadro 4.19. Resultados del ensayo Proctor .....	86
Cuadro 4.20. Características del CBR según su uso AASTHO T – 193 .....	87
Cuadro 4.21. Resultados del ensayo de C.B.R .....	88
Cuadro 4.22. Resultados del ensayo de Equivalente de Arena .....	89
Cuadro 4.23. Resultados del ensayo de Desgaste de los Ángeles .....	90
Cuadro 4.24. Media y desviación estándar de la granulometría de los testigos.....	92
Cuadro 4.25. Media y desviación estándar del contenido de asfalto de los testigos...	93
Cuadro 4.26. Media y desviación estándar para las propiedades del ensayo Marshall.....	93
Cuadro 4.27. Media y desviación estándar para la capa base .....	94
Cuadro 4.28. Media y desviación estándar para la capa sub base.....	95
Cuadro 4.29. Coeficiente t para el contenido de asfalto .....	96
Cuadro 4.30. Coeficiente t para la granulometría de los testigos.....	96
Cuadro 4.31. Coeficiente t para las propiedades por medio el ensayo Marshall .....	97
Cuadro 4.32. Coeficiente t para la granulometría para la capa base .....	97
Cuadro 4.33. Coeficiente t de los ensayos para la capa base .....	98
Cuadro 4.34. Coeficiente t para la granulometría para la capa subbase .....	98
Cuadro 4.35. Coeficiente t de los ensayos para la capa subbase.....	99
Cuadro 4.36. Coeficientes T de Student.....	100
Cuadro 4.37. Valor óptimo para el contenido de asfalto.....	101
Cuadro 4.38. Valor óptimo para la granulometría de los testigos.....	102

Cuadro 4.39. Valor óptimo para las propiedades obtenidas mediante el ensayo Marshall.....	102
Cuadro 4.40. Valor óptimo para la granulometría de la capa base .....	103
Cuadro 4.41. Valor óptimo para los ensayos requeridos para la capa base .....	103
Cuadro 4.42. Valor óptimo para la granulometría de la capa subbase.....	104
Cuadro 4.43. Valor óptimo para los ensayos requeridos para la capa subbase .....	104

## **INDICE DE GRÁFICAS**

Grafica 1. Análisis de datos de la granulometría para la capa base .....	105
Grafica 2. Análisis de datos de la granulometría para la capa subbase.....	105
Grafica 3. Análisis de datos de los ensayos requeridos para la capa base .....	106
Grafica 4. Análisis de datos de los ensayos requeridos para la capa subbase.....	106
Grafica 5. Análisis de datos de las propiedades mediante el ensayo Marshall .....	109
Gráfica 6. Análisis de datos de la granulometría de los testigos extraídos .....	110

## **ANEXOS**

Anexo 1. Permiso de extracción de núcleos de la Sub - Gobernación de Padcaya y de la Administradora Boliviana de Caminos (A.B.C)
Anexo 2. Información obtenida de SEDECA
Anexo 3. Muestreo
Anexo 4. Ensayo centrifugación – Ensayo Marshall
Anexo 5. Ensayo clasificación de suelos
Anexo 6. Ensayo Proctor
Anexo 7. Ensayo C.B.R
Anexo 8. Ensayo Equivalente de Arena
Anexo 9. Ensayo Desgaste de los Ángeles

**CAPITULO I**  
**FUNDAMENTO TEÓRICO**

**CAPITULO II**

**ESTADO DE CONOCIMIENTO**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS**

**MATERIALES EN UN PAVIMENTO**

**FLEXIBLE**

**CAPITULO III**

**INFORMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE  
LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS  
MATERIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE  
TRAMO “PADCAYA – ROSILLAS”**

**CAPITULO IV**  
**ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS**  
**RESULTADOS**

## **CAPITULO V**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

# **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

**PERMISO DE EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS  
DE LA SUB - GOBERNACIÓN DE PADCAYA  
Y DE LA ADMINISTRADORA BOLIVIANA  
DE CAMINOS (A.B.C)**

**ANEXO 2**  
**INFORMACIÓN OBTENIDA DE SEDECA**

**ANEXO 3**  
**MUESTREO**

**ANEXO 4**  
**ENSAYO CENTRIFUGACIÓN – ENSAYO**  
**MARSHALL**

**ANEXO 5**  
**ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

**ANEXO 6**  
**ENSAYO PROCTOR**

**ANEXO 7**  
**ENSAYO C.B.R**

**ANEXO 8**  
**ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA**

**ANEXO 9**  
**ENSAYO DESGASTE DE LOS ÁNGELES**