

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



**“ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD E  
INDICADORES DE DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS  
APLICADO AL PROYECTO 180 CUADRAS DE BERMEJO”**

**Por:**

**MILENA URDININEA CARLOS**

SEMESTRE I - 2017  
TARIJA – BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD E**  
**INDICADORES DE DESEMPEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS**  
**APLICADO AL PROYECTO 180 CUADRAS DE BERMEJO”**

**Por:**

**MILENA URDININEA CARLOS**

Trabajo 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 I - 2017

**TARIJA - BOLIVIA**

**V°B°**

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

.....  
M.Sc.Ing. Silvana Paz Ramírez  
**VICEDECANA**  
**FACULTAD DE**  
**CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**TRIBUNAL:**

.....  
Ing. Fernando E. Mur Lagraba

.....  
Ing. Oscar M. Chávez Calla

.....  
Ing. Edson Serrudo Chilaca

### **ADVERTENCIA**

El Tribunal Calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo esto responsabilidad del autor.

## **DEDICATORIAS:**

### **A Dios:**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos y además por su infinita bondad y amor.

### **A mi madre Julia:**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su gran amor.

### **A mi padre Arturo:**

Por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre por el valor mostrado para salir adelante y por su gran amor.

### **A mis hermanos:**

Por brindarme su constante apoyo y ser mí ejemplo a seguir a mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por cuidarme y protegerme siempre, darme la salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar este logro, a mis padres Arturo y Julia por su apoyo moral e incondicional, a mis hermanos Patriz, Marisol, Leticia, Roxana, José Manuel, Daysi, Carlos, y a mi tía Reina por su ayuda en cada Momento.

Un agradecimiento especial a: Samuel Rocabado, Abel Aban encargado del lab. De suelos y asfaltos de SEDECA por su apoyo en toda la etapa del proyecto.

A cada una de mis amigas y personas que me brindaron el granito de arena para la realización de este trabajo.

## **PENSAMIENTO**

*“Nunca te quejes del ambiente o de los que te rodean. Hay quienes en tu mismo ambiente supieron vencer. Las circunstancias son buenas o malas según la voluntad o fortaleza de tu corazón”.*

***Pablo Neruda***

## ÍNDICE

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	<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 del proyecto de aplicación .....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos. ....	4
1.5. Definición de variables independiente y dependiente.....	5
1.5.1. Variable independiente.....	5
1.5.2. Variable dependiente.....	5
1.5.3. Conceptualización y operacionalización de variables.....	5
1.6. Alcance.....	6

## CAPÍTULO II

### ASPECTOS GENERALES SOBRE PAVIMENTOS RÍGIDOS

	<b>Página</b>
2.1. Definición de pavimentos .....	8
2.2. Clasificación de los pavimentos .....	9
2.3. Pavimento rígido .....	10
2.4. Capas de un pavimento rígido.....	10
2.4.1. Subrasante .....	11
2.4.2. Sub base.....	12
2.4.3. Losa (Superficie de rodadura).....	13
2.5. Funciones de las capas de un pavimento rígido.....	13
2.6. Características generales de pavimentos rígidos.....	16
2.6.1. Rigidez del pavimento.....	16
2.6.2. Juntas.....	16
2.6.3. Sensibilidad de agentes Externos.....	17
2.6.4. Características Superficiales.....	17
2.7. Materiales que componen la losa del pavimento.....	19
2.7.1. Agregados.....	19
2.7.1.1. Gruesos.....	19
2.7.1.2. Finos.....	21
2.7.1.3. Agua.....	22
2.7.1.4. Cemento Portland.....	23
2.7.1.5. Aditivos.....	24

2.8. Dimensionamiento de la sección transversal .....	24
2.8.1. Método de la Portland Cement Asociacion.....	25
2.8.1.1. Factor de diseño.....	26
2.9. Ejecución de pavimentos rígidos.....	28
2.9.1. Preparación de la superficie de apoyo de las losas.....	28
2.9.2. Fabricación del Hormigón.....	29
2.9.3. Transporte.....	30
2.9.4. Puesta en Obra.....	30
2.9.5. Acabado y Texturado.....	31
2.9.6. Curado.....	32

### **CAPÍTULO III**

#### **CRITERIOS DE CALIDAD E INDICADORES DE DESEMPEÑO EN PAVIMENTOS RIGIDOS**

	<b>Página</b>
3.1. Generalidades.....	33
3.2. Control de calidad en los pavimentos rígidos .....	34
3.2.1. Organización para el control de calidad.....	34
3.2.2. Instrumentos de control.....	35
3.2.3. Etapas en el proceso constructivo .....	35
3.2.4. Requerimiento en el proceso de control de calidad.....	36
3.2.5. Elementos de control de calidad.....	37
3.3. Control de capas subrasante .....	38
3.4. Control capa sub-base .....	40

3.5. Control losa de hormigón.....	44
3.5.1. Cemento.....	44
3.5.2. Agregados .....	44
3.5.2.1. Agregado Fino.....	45
3.5.2.2. Agregado Grueso.....	46
3.5.2.3. Agua.....	48
3.5.3. Control de Resistencias.....	48
3.5.4. Ensayos standard en Hormigón.....	51
3.6. Juntas en pavimentos. ....	51
3.6.1. Finalidad de las Juntas. ....	52
3.6.2. Elementos de la Junta. ....	53
3.6.3. Tipos de Juntas. ....	56
3.6.3.1. Juntas Transversales de Contracción. ....	56
3.6.3.2. Juntas Transversales de Construcción. ....	57
3.6.3.3. Juntas Longitudinales. ....	58
3.6.3.4. Juntas de Operación y expansión. ....	58
3.7. Términos estadísticos de control de calidad. ....	60
3.7.1. Representaciones numéricas. ....	60
3.8. Cálculo de probabilidades. ....	62
3.8.1. Nivel de confianza. ....	62
3.8.2. Distribución CHI-cuadrado (n). ....	63

## CAPÍTULO IV

### APLICAR LA METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE LOS CRITERIOS DE CALIDAD E INDICADORES DE DESEMPEÑO EN EL PAVIMENTO RÍGIDO URBANO DE LAS 180 CUADRAS DE BERMEJO

	<b>Página</b>
4.1. Enfoque general de la aplicación .....	64
4.2. Identificación del tramo a realizar.....	64
4.3. Características del área de aplicación .....	66
4.4. Características del diseño del proyecto .....	68
4.5. Ubicación de las calles para la obtención de muestras para realizar el control de calidad a las diferentes capas .....	69
4.6. Selección del material en las calles respectivas.....	71
4.6.1. Criterio para la obtención de la muestra en campo.....	74
4.7. criterios de calidad e indicadores de desempeño en la ejecución de proyecto.....	75
4.7.1. Criterios de calidad e indicadores analizados.....	75
4.7.2. Proceso de control de calidad en las diferentes capas de pavimento .....	76
4.7.2.1. Control de calidad de la subrasante.....	76
4.7.2.2. Control de calidad de la Sub- Base.....	84
4.7.2.3. Control de calidad de la losa de Pavimento.....	88
4.7.2.3.1. Determinación de la resistencia a Compresión de probetas cilíndricas (ASTM C39 AASHTO T22).....	88
4.7.2.3.2. Determinación de la resistencia a Flexión de las vigas (ASTM C78	

AASHTO T97).....	92
4.7.3. Resultados del control de calidad de la subrasante.....	94
4.7.3.1. Resumen de resultados Subrasante.....	98
4.7.4. Resultados del control de calidad de la sub-base.....	101
4.7.4.1. Resumen de resultados Sub-base.....	105
4.7.5. Control de la losa de hormigón.....	108
4.7.5.1. Cemento. ....	108
4.7.5.2. Control del Agua. ....	111
4.7.5.3. Control Granulométrico de los Agregados grueso y Fino. ....	113
4.7.5.4. Control tecnológico del Hormigón. ....	115
4.8. Análisis de los resultados.....	129
4.9. Análisis estadístico. ....	143

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

5.1. Conclusiones .....	155
5.2. Recomendaciones.....	158
BIBLIOGRAFÍA .....	159

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura 2.1. Clasificación de pavimentos .....	9
Figura 2.2. Elementos Principales de un pavimento de hormigón.....	11
Figura 2.3. Losas mediante la posición de las cargas .....	15
Figura 2.4. Agregados Gruesos.....	19
Figura 2.5. Materiales para la construcción de pavimentos rígidos.....	23
Figura 2.6. Elaboración de la mezcla de concreto.....	29
Figura 2.7. Transporte del Hormigón.....	30
Figura 2.8. Puesta en Obra del Hormigón.....	31
Figura 2.9. Acabado y texturado del Hormigón.....	31
Figura 3.1. Esquema de control de calidad .....	34
Figura 3.2. Criterio de control de calidad .....	38
Figura 3.3. Faja de gradación A, B y C para sub-base.....	42
Figura 3.4. Curva de desarrollo de resistencia a la flexión a través del tiempo.....	49
Figura 3.5. Sistema de transferencia de cargas. ....	54
Figura 3.6. Mecanismo de transmisión de carga y sellado de las juntas. ....	55
Figura 3.7. Juntas de expansión tipo I. ....	59
Figura 3.8. Juntas de expansión tipo II. ....	60
Figura 3.9. Flujo grama para aplicar la estadística. ....	63
Figura 4.1. Localización del área de estudio.....	65
Figura 4.2. Ubicación satelital de Bermejo.....	66

Figura 4.3. Ubicación de las calles de extracción de muestras.....	70
Figura 4.4. Esquema de la obtención del material .....	71
Figura 4.5. Material de la Subrasante.....	71
Figura 4.6. Esquema para la obtención de la muestra sub-base.....	72
Figura 4.7. Material de la sub-base .....	72
Figura 4.8. Material para vigas y probetas. ....	73
Figura 4.9. Muestras para realizar el CBR.....	81
Figura 4.10. Preparación del material para el CBR y muestras para el contenido de humedad .....	82
Figura 4.11. Compactación de la muestra con diferentes energías .....	83
Figura 4.12. Lectura del CBR.....	84
Figura 4.13. Colocado de la muestra en la máquina de los ángeles con el N° de esferas correspondientes .....	86
Figura 4.14. Muestras después del ensayo en la máquina de los ángeles. ....	87
Figura 4.15. Peso de la muestra retenida en el tamiz N° 12.....	87
Figura 4.16. Vaciado del hormigón en las calles de estudio. ....	88
Figura 4.17. Realizando la medición del asentamiento.....	89
Figura 4.18. Varillado del Hormigón .....	89
Figura 4.19. Curado de probetas.....	90
Figura 4.20. Probetas en la prensa.....	91
Figura 4.21. Rotura de probetas a los 28 días .....	91
Figura 4.22. Preparación de las vigas. ....	92

Figura 4.23. Curado de Vigas.....	93
Figura 4.24. Rotura de Vigas.....	93
Figura 4.25. Ubicación de los bancos de préstamo.....	94
Figura 4.26. Toma de muestra de agua. ....	111
Figura 4.27. Colocado de pasa juntas. ....	125
Figura 4.28. Diámetros del acero utilizados en el proyecto de las 180 cuadras.....	126
Figura 4.29. Armadura de la junta Longitudinal.....	127
Figura 4.30. Detalle de la junta transversal. ....	128
Figura 4.31. Sellado de Juntas. ....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
Tabla 2.1. Límites para sustancias nocivas y propiedades físicas del agregado grueso para el concreto .....	20
Tabla 2.2. Granulometría del Agregado Fino (AASHTO denominación M6-93) ....	22
Tabla 2.3. Efecto de la sub- base sin tratar sobre los valores de K.....	27
Tabla 2.4. Valores de diseño de K para sub-bases tratadas .....	27
Tabla 3.1. Gradaciones para materiales de sub-base.....	41
Tabla 3.2. Características que debe cumplir la sub-base .....	43
Tabla 3.3. Granulometría del agregado Fino .....	45
Tabla 3.4. Límites de sustancias perjudiciales en los agregados .....	46
Tabla 3.5. Granulometría recomendada para el agregado grueso .....	47
Tabla 4.1. Clasificación de los suelos Naturales.....	68
Tabla 4.2. Dosificación y clasificación para la subrasante .....	76
Tabla 4.3. Material para la sub-base .....	76
Tabla 4.4. Granulometría Calle (Ameller E/ Avaroa y Topater) subrasante .....	95
Tabla 4.5. Clasificación del suelo subrasante calle (Ameller E/ Avaroa y Topater). .....	96
Tabla 4.6. Control de la densidad Max y humedad optima Calle (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	96
Tabla 4.7. Resultados del CBR y expansión Calle (Ameller E/ Avaroa y Topater). ..	97
Tabla 4.8. Resultado de la Clasificación del suelo de la subrasante en las 15 calles de	

aplicación.....	98
Tabla 4.9. Resultados de la densidad max y humedad optima de la subrasante en laboratorio y campo en las 15 calles de aplicación.....	99
Tabla 4.10. Resultados del CBR y expansión de la subrasante en las 15 calles de aplicación.....	100
Tabla 4.11. Material utilizado para la sub base.....	101
Tabla 4.12. Granulometría sub-base calle (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	102
Tabla 4.13. Clasificación del suelo sub-base (Ameller E/ Avaroa y Topater). ....	103
Tabla 4.14. Control de la densidad max y humedad optima sub-base calle (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	103
Tabla 4.15. Resultados de CBR y Expansión sub-base calle (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	104
Tabla 4.16. Resultados de la clasificación del suelo sub-base en las 15 calles. ....	105
Tabla 4.17. Resultados de la densidad obtenida en laboratorio y campo. ....	106
Tabla 4.18. Resultados del CBR y Expansión de la sub-base de las 15 calles de estudio.....	107
Tabla 4.19. Resultados de la granulometría del agregado grueso.....	113
Tabla 4.20. Resultados de la granulometría agregado fino.....	114
Tabla 4.21. Control de asentamiento de la losa de hormigón.....	116
Tabla 4.22. Resultados de la resistencias a flexión en vigas.....	118
Tabla 4.23. Resultados de las Resistencias a Compresión de probetas.....	119
Tabla 4.24. Resultados de la resistencia obtenida con el esclerómetro.....	121
Tabla 4.25. Resultados de control de espesores.....	122

## ÍNDICE DE GRAFICAS

	<b>Página</b>
Grafica 4.1. Curva Granulométrica subrasante Calle (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	95
Grafica 4.2. Control Grafico de Compactación en la subrasante (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	97
Grafica 4.3. Curva Granulométrica Sub-base subrasante (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	102
Grafica 4.4. Control Grafico de compactación Sub-base (Ameller E/ Avaroa y Topater).....	104
Grafica 4.5. Control de la granulometría del agregado grueso.....	114
Grafica 4.6. Control de la granulometría del agregado fino. ....	115
Grafica 4.7. Control grafico de asentamiento.....	117
Grafica 4.8. Control grafico de resistencias a flexión.....	119
Grafica 4.9. Control grafico de resistencias a compresión.....	120
Grafica 4.10. Control de espesores lado izquierdo.....	123
Grafica 4.11. Control de espesores eje. ....	124
Grafica 4.12. Control de espesores lado derecho. ....	124
Grafica 4.13. Índice de plasticidad subrasante.....	129
Grafica 4.14. Densidad promedio de campo en cada calle.....	131
Grafica 4.15. Grado de compactación promedio en campo en las calles de aplicación .....	132
Grafica 4.16. CBR al 95% de la subrasante.....	132
Grafica 4.17. Expansión en la subrasante.....	133
Grafica 4.18. Granulometría de la sub-base.....	134
Grafica 4.19. Índice de plasticidad de la sub-base. ....	135

Grafica 4.20. Densidad max promedio en campo sub-base en cada calle.....	137
Grafica 4.21. Grado de compactación promedio sub-base.....	138
Grafica 4.22. CBR al 95% de la sub base.....	138
Grafica 4.23. Expansión en cada calle de la sub-base.....	139
Grafica 4.24. Control de asentamiento.....	140
Grafica 4.25. Resistencias a flexión. ....	141
Grafica 4.26. Resistencias a Compresión.....	142

## INDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
Cuadro 3.1. Rangos de coeficiente de variación. ....	61
Cuadro 3.1. Valores del nivel de confianza Z de acuerdo al tipo de camino.....	62
Cuadro 4.1. Criterios e indicadores.....	75
Cuadro 4.2. Ensayos para el control de calidad.....	77
Cuadro 4.3. Practica de granulometría ASTM D422 AASHTO T88.....	78
Cuadro 4.4. Practica de límites (ASTM D4318 AASHTO T89, AASHTO T90).....	79
Cuadro 4.5. Practica de compactación (ASTM D422 AASHTO T180).....	80
Cuadro 4.6. Peso de agregados grueso y N° de esferas para el desgaste de los Ángeles.....	85
Cuadro 4.7. Características del cemento EL PUENTE IP30.....	110
Cuadro 4.8. Características Fisicoquímico del agua.....	112
Cuadro 4.9. Resultados del control de calidad del agua.....	112
Cuadro 4.10. Dimensiones recomendadas diámetros de aceros.....	126
Cuadro 4.11. Dimensiones utilizadas en el proyecto.....	127
Cuadro 4.12. Desgaste de los Ángeles materiales granular sub base.....	136
Cuadro 4.13. Parámetros estadísticos del límite liquido subrasante.....	145
Cuadro 4.14. Parámetros estadísticos del índice de plasticidad subrasante.....	146
Cuadro 4.15. Parámetros estadísticos densidad máxima en campo.....	147
Cuadro 4.16. Parámetros estadísticos grado de compactación.....	148
Cuadro 4.17. Parámetros estadísticos del límite liquido sub-base.....	149
Cuadro 4.18. Parámetros estadísticos del índice de plasticidad sub-base.....	150

Cuadro 4.19. Parámetros estadísticos Densidad máxima en campo sub-base. ....	151
Cuadro 4.20. Parámetros estadísticos Grado de compactación sub-base. ....	152
Cuadro 4.21. Parámetros estadísticos Resistencias a Flexión. ....	153
Cuadro 4.22. Parámetros estadísticos Resistencias a Compresión. ....	154
Cuadro 4.23. Parámetros estadísticos Resistencias con esclerómetro. ....	155

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Datos proporcionados por la Empresa encargada del proyecto

ANEXO II. Planillas de control de calidad de la Sub-base y Subrasante

ANEXO III. Planillas de Control de calidad de la losa de pavimento

ANEXO IV. Resultados de las calles en estudio

ANEXO V. Planillas del Ensayo de esclerometria

ANEXO VI. Resultados del Análisis Estadístico

ANEXO IV. Planos

- Ubicación de las calles
- Bancos de préstamo de agregados