

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS
PROPIEDADES DE RESISTENCIA DE UN SUELO FINO,
AL COMBINARLO CON RESIDUO CLASIFICADO DE
OBRAS VIALES PARA SUBRASANTE DE PAVIMENTOS”**

Por:

WILLAM WILBER VEDIA FERNÁNDEZ

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.

GESTION 2016

TARIJA - BOLIVIA

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

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE LAS PROPIEDADES
DE RESISTENCIA DE UN SUELO FINO, AL COMBINARLO
CON RESIDUO CLASIFICADO DE OBRAS VIALES PARA
SUBRASANTE DE PAVIMENTOS”**

Por:

WILLAM WILBER VEDIA FERNÁNDEZ

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.

Gestión 2016

TARIJA - BOLIVIA

.....
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. Marcelo Pacheco Nuñez

.....
Ing. Mabel Zambrana Velasco

.....
Ing. Weimar A. Mejia Mogrovejo

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:

El presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios por brindarme el regalo de la vida y permitirme alcanzar mis metas, siendo mi fortaleza en los momentos difíciles. A mis padres; Juan Antonio Vedia Miranda y Miriam Liduvina Fernández Barrios por su sacrificio, amor, apoyo y ser ejemplo de perseverancia en mi vida. A mis hermanas; Fabiola e Iscela, quienes son una bendición en mi vida. A mis amigos por todo su apoyo brindado y enseñarme con su amistad a ser una mejor persona cada día.

AGRADECIMIENTOS:

Agradezco a Dios por cuidarme y protegerme siempre, darme la salud, sabiduría y entendimiento para alcanzar este logro, a mis padres por su apoyo moral e incondicional, y darme la oportunidad de educación desde mi infancia, a mis hermanas por su ayuda.

Un agradecimiento especial a: Silvia Rodríguez Altamirano a quien jamás encontraré la forma de agradecer su apoyo, comprensión, confianza mostrada y brindada durante estos últimos años. A Carlitos el técnico de Lab. De Asfaltos por brindarme su confianza y ayuda en este trabajo, a Katty, Carla, Raquel, Osvaldo, Isaí, Basilio, y Gabriel, quiénes son mis amigos y compañeros de trabajo, por su amistad, sus consejos, por su ayuda, apoyo y por la buena convivencia que tuvimos en todo momento, muchas gracias y que Dios los bendiga.

PENSAMIENTO:

“La vida te da muchas sorpresas, pero sorprenderte depende de ti”

Willam W.

INDICE
CAPÍTULO I
ANTECEDENTES

	Página
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Diseño teórico.....	2
1.3.1. Planteamiento del problema.	2
1.3.1.1. Situación problemática.	2
1.3.1.2. Problema.	3
1.3.2. Objetivos de investigación.	3
1.3.2.1. Objetivo general.	3
1.3.2.2. Objetivos específicos.	3
1.3.3. Hipótesis.....	4
1.3.4. Definición de variables independientes y dependientes.....	4
1.4. Diseño metodológico.....	5
1.4.1. Componentes.....	5
1.4.1.1. Unidad de estudio y dimensión muestral.	5
1.4.1.1.1. Unidad de estudio.	5
1.4.1.1.2. Población	6
1.4.1.1.3. Muestra.	6
1.4.1.1.4. Muestreo.	6

1.4.2. Métodos y técnicas empleadas.....	7
1.4.2.1. Experimentales.....	7
1.4.2.2. Experimento y técnicas.....	7
1.4.2.3. Técnicas de muestreo.....	8
1.4.2.4. Descripción de los instrumentos para la obtención de datos.....	8
1.4.2.5. Procedimientos de aplicación.....	8
1.4.3. Procedimiento para el análisis y la interpretación de la información. ...	10
1.4.3.1. Tratamiento de los datos (empleo de la estadística descriptiva)	10
1.4.3.1.1. Confiabilidad	10
1.4.3.1.2. Tratamiento de los datos	10
Utilizar la estadística descriptiva con indicadores de tendencias.....	10
<input type="checkbox"/> Media	10
<input type="checkbox"/> Mediana	10
<input type="checkbox"/> Desviación estándar	10
<input type="checkbox"/> Varianza.....	10
<input type="checkbox"/> Coeficiente de variación	10
ESQUEMA LÓGICO ESTRUCTURAL.....	11

CAPÍTULO II

SUELO FINO, RESIDUO DE LOSAS DE HORMIGÓN Y SUBRASANTE

	Página
2.1. Suelo.....	12
2.1.1. Suelos finos	12
2.1.2. Arcillas y limos	12
2.2. Humedad de los suelos	13
2.2.1. Formas de agua presentes en el suelo:	14
2.2.2. Métodos para determinar el contenido de humedad:	14
2.3. Granulometría de los suelos:	15
2.3.1. Sistemas de clasificación de suelos basados en criterios de granulometría:.....	15
Clasificación internacional:.....	16
Clasificación mit:	16
2.3.2. Análisis mecánico del suelo.....	16
2.3.2.1. Curva de distribución granulométrica.....	17
2.3.3. Análisis granulométrico por medio del hidrómetro	19
2.4. Límites de atterberg.....	21
2.4.1. Definición.....	22
2.4.2. Estados de consistencia.....	22
2.4.3. Plasticidad de los suelos.....	23
2.4.3.1. Límite líquido	23
2.4.3.2. Límite plástico	24
2.4.3.3. Índice de plasticidad	24

2.4.4.	Utilización práctica de los límites de atterberg	24
2.5.	Clasificación de suelos	25
2.5.1.	Sistema de clasificación aashto	25
2.5.2.	Características de los suelos clasificados según el sistema aashto:	29
2.6.	Compactación de suelos.	31
2.6.1.	Generalidades.....	31
2.6.2.	Definición.....	32
2.6.3.	Finalidad de la compactación.....	32
2.6.4.	Grado de compactación.....	32
2.6.5.	Curva de compactación.	33
2.6.5.1.	Humedad óptima.....	33
2.6.5.2.	Densidad seca máxima.....	34
2.6.5.3.	Procedimientos para encontrar los valores máximos de la curva de compactación.....	34
2.7.	Ensayo CBR (california bearing ratio).....	34
2.8.	Residuo.....	37
2.8.1.	Residuo clasificado de obras viales.....	37
2.8.2.	Proceso de reciclaje del residuo	37
2.9.	Subrasante.....	39
2.9.1.	Estabilización del suelo.....	39
2.10.	Importancia de la estabilización de los suelos	40
2.11.	Tipos de estabilización.....	43
2.12.	Caracterización de suelos finos de la subrasante	43
2.13.	Mejoramiento de subrasantes de suelos finos.....	44

2.13.1.	Procesos de tratamiento de suelos finos	45
2.13.1.1.	Mezcla con otros suelos o materiales	46

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Definición Del Tamaño De Partículas	13
Tabla 2 Clasificación para suelos granulares mediante el sistema AASHTO	27
Tabla 3 Clasificación para suelos finos mediante el sistema AASHTO	27

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1 Juego de tamices para el análisis mecánico del suelo	17
FIGURA 2 Ejemplo De Curva Granulométrica.....	18
FIGURA 3 Tipos Diferentes De Curvas Granulométricas	19
FIGURA 4 Definición De "L" En Una Prueba De Hidrómetro.....	21
FIGURA 5 Variación De Plasticidad Segun El Contenido De Humedad	22
FIGURA 6 Copa De Casa Grande	24
FIGURA 7 Prueba Del Límite Plástico.....	24
FIGURA 8 Curva De Compactación	33
FIGURA 9 Dimensiones Del Molde Y Del Pistón	35
FIGURA 10 Esfuerzo Y Deformación.....	35
FIGURA 11 Esfuerzo Y Deformación Del Suelo.....	36
FIGURA 12 Residuo De Losas De Hormigon De Pavimento Rígido	38
FIGURA 13 Residuo Triturado De Losas De Hormigón Rígido.....	44
FIGURA 14 Lugar De Extracción De Muestras.....	45

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE UN SUELO FINO AL COMBINARLO CON DEFERENTES PORCENTAJES DE RESIDUO DE LOSAS DE HORMIGÓN

	Pagina
3.1. Ubicación de la zona de estudio	47
3.2. Muestreo de los materiales	48
3.2.1. Muestreo zona de estudio: Barrio Monterrey	48
3.3. Ubicación del estabilizante en estudio	49
3.4. Caracterización del material a estabilizar.....	50
3.4.1. Análisis granulométrico (ASTM D 422 AASHTO T88).....	52
3.4.2. Límites de Atterberg (ASTM D4318 AASHTO T90-T89)	52
3.4.3. Contenido de humedad y clasificación del suelo	54
3.4.4. Compactación (AASHTO T-180/ ASTM D1557).....	55
3.4.5. Relación de soporte de california CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T-193)	56
3.5. Caracterización del estabilizante	58
3.5.1. Análisis granulométrico (ASTM D 422 AASHTO T88) del residuo clasificado de obras viales	59
3.6. Caracterización de la mezcla al 20% residuo y 80% suelo	61
3.6.1. Análisis granulométrico de la mezcla al 20% residuo y 80% suelo.....	62
3.6.2. Compactación (AASHTO T-180/ ASTM D1557).....	63
3.6.3. Relación de soporte de california CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T- 193)	64
3.7. Caracterización de la mezcla 35% residuo y 65% suelo	66
3.7.1. Análisis granulométrico de la mezcla 35% residuo y 65% suelo	66
3.7.2. Compactación (AASHTO T-180/ ASTM D1557).....	68

3.7.3. Relación de soporte de california CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T-193)	69
3.8. Caracterización de la mezcla 50% residuo y 50% suelo	71
3.8.1. Análisis granulométrico de la mezcla 50% residuo y 50% suelo	71
3.8.2. Compactación (AASHTO T-180/ ASTM D1557).....	73
3.8.3. Relación de soporte de california CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T-193)	74
3.9. Análisis de los resultados	76
3.9.1. Análisis de los resultados de compactación.....	77
3.9.2. Análisis de los resultados de los ensayos de CBR.....	77
3.9.3. Tabla resumen	83
3.10. Precio unitario de la subrasante en estado natural y mejorada con distintos porcentajes de residuo de losas de hormigón rígido.....	90
3.11. Estimación de un precio general para 1 km de subrasante mejorada.....	93

ÍNDICE

	Página
Ilustración 1. Ubicación de la extracción de la muestra Barrio Monterrey	47
Ilustración 2 Muestra (arcilla amarilla).....	48
Ilustración 3 Ubicación del residuo de losas de hormigón	49
Ilustración 4 Residuo de las losas de hormigón	49
Ilustración 5 Lavado de la muestra por el tamiz N° 200	50
Ilustración 6 Tamizado y pesado del suelo después del lavado	51
Ilustración 7 Realización del ensayo de límites de Atterberg.....	53
Ilustración 8 Proceso del ensayo de Compactación	55
Ilustración 9 Grafico Densidad vs Humedad	56
Ilustración 10 Proceso de inmersión y penetración del ensayo de CBR.....	57
Ilustración 11 Curva: carga vs penetración.....	58
Ilustración 12 Curva Granulométrica del Residuo de losas de hormigón.....	60

Ilustración 13 Granulometría del Residuo clasificado de las losas de hormigón rígido	61
Ilustración 14 Mezcla 20% Residuo y 80% Suelo	61
Ilustración 15 Curva granulométrica de la mezcla 20% residuo y 80% suelo	62
Ilustración 16 Mezcla y molde compactado.....	63
Ilustración 17 Grafica de Compactación de la mezcla.....	64
Ilustración 18 Moldes compactados a diferentes golpes.....	65
Ilustración 19 Mezcla 35% Residuo y 65% Suelo	66
Ilustración 20 Curva granulométrica de la mezcla.....	67
Ilustración 21 Mezcla y Molde Compactado	68
Ilustración 22 Curva de compactación de la mezcla.....	69
Ilustración 23 Moldes sumergidos en agua durante 4 días	70
Ilustración 24 Mezcla 50% residuo y 50% suelo	71
Ilustración 25 Curva granulométrica de la mezcla.....	72
Ilustración 26 Mezcla y Molde compactado	73
Ilustración 27 Curva de compactación de la mezcla 50% residuo y 50% suelo	74
Ilustración 28 Prensa del CBR	75

ÍNDICE

	Página
Tabla 1 Resultado del análisis granulométrico del suelo	51
Tabla 2 Distribución de limo y arcilla determinado por el Hidrómetro.....	52
Tabla 3 Tabla de resultados de los Límites de Atterberg.....	53
Tabla 4 Tabla de Resultados del contenido de humedad	54
Tabla 5 Tabla de Resultados de la Clasificación del suelo	54
Tabla 6 Tabla de resultados de la Compactación del suelo	56
Tabla 7 Resultados del ensayo CBR sin estabilizar	58
Tabla 8 Resultados del Análisis Granulométrico del Residuo de las losas de hormigón	59
Tabla 9 Tabla de resultados del análisis granulométrico de la mezcla	62

Tabla 10 Resultados de la Compactación de la mezcla 20% residuo y 80% suelo	63
Tabla 11 Tabla de Resultados de la mezcla 20% Residuo y 80% Suelo	65
Tabla 12 Tabla de resultados del análisis granulométrico de la mezcla	67
Tabla 13 Resultados de compactación de la mezcla 35% residuo y 65% suelo	68
Tabla 14 Tabla de resultados de la mezcla 35% residuo y 65% suelo.....	70
Tabla 15 Tabla de resultados del análisis granulométrico de la mezcla	72
Tabla 16 Tabla de resultados de la compactación de la mezcla.....	73
Tabla 17 Tabla de resultados del CBR de la mezcla 50% residuo y 50% suelo.....	75

ÍNDICE

	Página
Gráfica 1 Curvas De Compactación A Diferentes Porcentajes De Residuo	76
Gráfica 2 Curva Patrón De Compactación De Suelo Puro	77
Gráfica 3 Curva De Compactacion De 20% Residuo Con 80% Suelo	78
Gráfica 4 Curva De Compactacion De 35% Residuo Con 65% De Suelo	79
Gráfica 5 Curva De Compactacion De 50% Residuo Con 50% Suelo	80
Gráfica 6 Grafica Del Incremento De La Resistencia.....	80
Gráfica 7 Grafico De Disminución De La Expansión	81

ÍNDICE

	Página
Tabla. 1 Resultados Del Ensayo De Cbr Del Suelo Natural	81
Tabla. 2 Resultados Del Ensayo De Cbr De La Mezcla 20% Residuo Y 80% Suelo	81
Tabla. 3 Resultados Del Ensayo De Cbr De La Mezcla 35% Residuo Y 65% Suelo	82
Tabla. 4 Resultados Del Ensayo De Cbr De La Mezcla 50%Residuo Y 50% Duelo.	82
Tabla. 5 Tabla Resumen Del Mejoramiento Del Suelo En Su Resitencia	83

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
4.1. Conclusiones	94
4.2. Recomendaciones	96
BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS	