

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL



“EVALUACIÓN TÉCNICA DE DOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS EN EL MEJORAMIENTO DE SUELO NATURAL ESTABILIZADA CON CEMENTO EN UN TRAMO TIPO PRUEBA”

Por:

ALDAIR SOSSA RUIZ

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 II - 2018

TARIJA – BOLIVIA

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

“EVALUACIÓN TÉCNICA DE DOS MÉTODOS CONSTRUCTIVOS EN EL
MEJORAMIENTO DE SUELO NATURAL ESTABILIZADA CON CEMENTO EN
UN TRAMO TIPO PRUEBA”

Por:

ALDAIR SOSSA RUIZ

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 II - 2018

TARIJA – BOLIVIA

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.

DEDICATORIA:

A mis padres Epifanio Sossa Soliz y Celia Ruiz Fuentes, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ellos entre los que se incluyen éste. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

Gracias Mamá y Papá.

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por haberme dado el don de la vida, por haberme dado fe y sabiduría, que me fortalecieron y dieron perseverancia para alcanzar este anhelado objetivo.

A mis queridos padres y hermanos, por todo su apoyo, cariño y entrega desinteresada e incondicional en todo momento, lo que me dio fortaleza para alcanzar mis metas.

A mis docentes por compartir valiosos momentos de su tiempo, dándome sus enseñanzas y conocimientos para la realización de este logro para mí persona.

Pensamiento:

Nuestra recompensa se encuentra
en el esfuerzo y no en el resultado,
un esfuerzo total es una victoria
completa

Mahatma Gandhi

ÍNDICE DE CONTENIDO

Advertencia
Dedicatoria
Agradecimiento
Pensamiento
Resumen

CAPÍTULO I DISEÑO TEÓRICO

	Página.
1.1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.2. DISEÑO TEÓRICO.....	5
1.2.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2.2. Problema.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO DE APLICACIÓN.....	6
1.4.1. Objetivo general.....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. HÍPOTESIS.....	6
1.6. DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE.....	7
1.6.1. Variable independiente.....	7
1.6.2. Variable dependiente.....	7
1.7. ALCANCE DEL ESTUDIO.....	7

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

	Página.
2.1. INTRODUCCIÓN.....	9

	Página.
2.2. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	9
2.2.1. Aplicación de las estabilizaciones.....	11
2.2.1.1. Aplicación de estabilización en el campo de la Hidráulica (Hormigón compactado con rodillo).....	12
2.2.1.2. Aplicación de estabilización en el campo de estructuras de fundación (Cimentación).....	13
2.2.2. Tipos de estabilización.....	14
2.3. SUELO.....	14
2.3.1. Cualidades de los suelos.....	15
2.4. MATERIALES PARA EL SUELO-CEMENTO.....	15
2.4.1. Cemento.....	15
2.4.2. Suelo.....	16
2.4.3. Agua.....	17
2.4.4. Aditivos y adiciones.....	18
2.5. SUELO-CEMENTO.....	18
2.5.1. Tipos de suelo-cemento.....	21
2.5.1.1. Suelo mejorado o modificado con cemento.....	21
2.5.1.2. Suelo estabilizado con cemento.....	22
2.5.1.3. Suelo cemento plástico.....	22
2.6. MÉTODOS COMUNES DE CONSTRUCCIÓN.....	22
2.6.1. In situ.....	23
2.6.2. Mezclado en planta.....	23
2.7. TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN CAPAS ESTABILIZADAS CON CEMENTO.....	24
2.7.1. Preparación.....	24
2.7.2. Proceso específico de la mezcla In situ.....	25

	Página.
2.7.2.1. Escarificación, pulverización y humedecimiento previo.....	26
2.7.2.2. Colocación del material de préstamo.....	27
2.7.2.3. Manejo y distribución del cemento.....	27
2.7.2.4. Mezclado del suelo y el cemento.....	28
2.7.3. Procesos específicos de la mezcla en central o planta.....	30
2.7.4. Extendido.....	30
2.7.5. Compactación.....	31
2.7.6. Acabado.....	32
2.7.7. Curado.....	33
2.8. ELEMENTOS DEL PAQUETE ESTRUCTURAL DE UNA CARRETERA.....	33
2.8.1. Capa sub-rasante.....	33
2.8.2. Capa sub-rasante mejorada.....	34
2.8.3. Área de conformación de las capas de agregados.....	35
2.8.4. Capa sub-base.....	36
2.8.5. Capa base.....	37
2.8.6. Área de conformación de la capa de rodadura.....	38

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE LOS MATERIALES

	Página.
3.1. INTRODUCCIÓN.....	40
3.2. EXPLORACIÓN Y MUESTREO.....	40
3.2.1. Ubicación de la zona.....	41
3.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS.....	43
3.3.1. Análisis granulométrico (ASTM D 422 AASHTO T88).....	44
3.3.2. Límites de Atterberg (ASTM D4318 AASHTO T90-T89).....	47
3.3.3. Contenido de Humedad y Clasificación.....	48
3.3.4. Ensayo de compactación (AASHTO T-180/ ASTM 698-91).....	49

	Página.
3.3.5. Relación de soporte de California CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T-193)	53
3.4. CARACTERIZACIÓN DEL CEMENTO.....	56
3.4.1. Peso específico.....	56
3.4.2. Finura de molido.....	57
3.5. SUELO-CEMENTO.....	58
3.5.1. Criterio de análisis.....	58
3.5.2. Descripción de las pruebas de laboratorio.....	58
3.5.2.1. Ensayo de compactación (AASHTO T-180/ ASTM 698-91).....	58
3.5.2.2. Relación de soporte de California CBR (ASTM D 1883_ AASHTO T-193)	67
3.6. CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO.....	75
3.7. APLICACIÓN IN SITU CON EL % ÓPTIMO DE CEMENTO OBTENIDO EN LABORATORIO.....	75
3.7.1. Mezclado en el lugar In situ.....	75
3.7.2. Mezclado en planta.....	79
3.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81
3.8.1. Análisis de los resultados de las propiedades de los suelos tratados con cemento	81
3.8.2. Análisis de los resultados de la evaluación en campo de los suelos tratados con cemento.....	82
3.8.2.1. Análisis de los resultados método mezclado en lugar (IN SITU).....	82
3.8.2.2. Análisis de los resultados método mezclado en planta.....	82
3.9. COSTOS.....	82

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página.
4.1. CONCLUSIONES.....	84
4.2. RECOMENDACIONES.....	85

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO I. ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA

1.1. Granulometría del suelo natural

1.2. Contenido de humedad

ANEXO II. COMPACTACIÓN Y C.B.R. SUELOS NATURAL

2.1. Compactación

2.2. C.B.R.

ANEXO III. COMPACTACIÓN Y C.B.R. SUELO CEMENTO

3.1. Compactación suelo cemento

3.2. C.B.R. suelo cemento

ANEXO IV. % ÓPTIMO DE CEMENTO

4.1. Contenido óptimo de cemento

ANEXO V. CANTIDAD DE BOLSAS DE CEMENTO

5.1. Medición del peso del cemento

5.1. Mezclado en el lugar

5.2. Mezclado en planta

ANEXO VI. PRECIOS UNITARIOS

6.1. Mezclado IN SITU

6.2. Mezclado en planta

ANEXO VII. FOTOGRAFÍAS

7.1. Fotografías de ensayos en laboratorio

7.2. Fotografías de ensayos IN SITU

ÍNDICE DE TABLAS

	Página.
Tabla.3.1. Resultados de granulometría de los suelos naturales.....	46
Tabla.3.2. Resultados de contenido de humedad de los suelos naturales.....	49
Tabla.3.3. Clasificación de los suelos según AASTHO.....	49
Tabla.3.4. Resultados de contenido de humedad de los suelos naturales.....	51
Tabla.3.5. Resultados del ensayo de CBR sin estabilizar.....	54
Tabla.3.6. Resultados de contenido de humedad suelo-cemento.....	60
Tabla.3.7. Resultados del ensayo de CBR suelo cemento.....	68
Tabla.3.8. Resultados de porcentajes de cemento óptimos.....	75
Tabla.3.9. Resultados de densidades.....	82
Tabla.3.10. Precios unitarios para ambos métodos.....	83
Tabla.4.1. Resultados de densidades.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura.2.1. Hormigón con rodillo compactado.....	12
Figura.2.2. Cimentación en pozo.....	13
Figura.2.3. Homogeneización del suelo para realizar la estabilización.....	25
Figura.2.4. Escarificación previa al vaciado del cemento.....	27
Figura.2.5. Riego de cemento para una estabilización IN SITU.....	28
Figura.2.6. Equipo de mezclado.....	29
Figura.2.7. Proceso de fraccionamiento y mezclado en equipos de alto rendimiento dosificación de agua y cemento.....	29
Figura.2.8. Proceso de compactación del suelo estabilizado.....	31
Figura.2.9. Conformación de las capas de agregados.....	36
Figura.2.10. Conformación de la capa de rodadura.....	39
Figura.3.1. Ubicación geográfica del departamento de Tarija en el Estado Plurinacional de Bolivia.....	42
Figura.3.2. Ubicación de la provincia cercado en el Dpto. de Tarija.....	42
Figura.3.3. Ubicación del área de estudio.....	43
Figura.3.4. Lavando el suelo por la malla n°200.....	45
Figura.3.5. Tamizando y lo que quedó retenido en cada malla.....	45
Figura.3.6. Realización del ensayo de límites de ATTERBERG.....	48
Figura.3.7. Realización del ensayo de compactación.....	50
Figura.3.8. Realización del ensayo de compactación.....	51
Figura.3.9. Proceso de inmersión y penetración del ensayo de CBR.....	54
Figura. 3.10. Realización del ensayo de compactación suelo-cemento.....	59

	Página.
Figura.3.11. Realización del ensayo de compactación suelo-cemento.....	60
Figura.3.12. Proceso de inmersión y penetración del ensayo de CBR suelo cemento....	68
Figura.3.13. Proceso de escarificación.....	76
Figura.3.14. Proceso de colocado de bolsas de cemento.....	77
Figura.3.15. Escarificado de suelo y cemento para su homogenización.....	77
Figura.3.16. Paso de cisterna de riego y control de humedades.....	78
Figura.3.17. Compactación y control de densidades	78
Figura.3.18. Curado.....	79
Figura.3.19. Mezcladora convencional con los materiales requeridos.....	79
Figura.3.20. Colocado para su compactación.....	80
Figura.3.21. Curado.....	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página.
Gráfica.3.1. Granulometrías de los suelos a estabilizar.....	47
Gráfica.3.2. Curva de compactación m-1.....	52
Gráfica.3.3. Curva de compactación m-2.....	52
Gráfica.3.4. Curva de compactación m-3.....	53
Gráfica.3.5. Curva de carga vs penetración de la muestra m-1.....	55
Gráfica.3.6. Curva de carga vs penetración de la muestra m-2.....	55
Gráfica.3.7. Curva de carga vs penetración de la muestra m-3.....	56
Gráfica.3.8. Curva de compactación m-1 al 1.5%.....	61
Gráfica.3.9. Curva de compactación m-1 al 3%.....	61
Gráfica.3.10. Curva de compactación m-1 al 4.5%.....	62
Gráfica.3.11. Curva de compactación m-1 al 6%.....	62
Gráfica.3.12. Curva de compactación m-2 al 1.5%.....	63
Gráfica.3.13. Curva de compactación m-2 al 3%.....	63
Gráfica.3.14. Curva de compactación m-2 al 4.5%.....	64
Gráfica.3.15. Curva de compactación m-2 al 6%.....	64
Gráfica.3.16. Curva de compactación m-3 al 1.5%.....	65
Gráfica.3.17. Curva de compactación m-3 al 3%.....	65
Gráfica.3.18. Curva de compactación m-3 al 4.5%.....	66
Gráfica.3.19. Curva de compactación m-3 al 6%.....	66
Gráfica.3.20. Curva de carga vs penetración de la muestra m-1 al 1.5%.....	69
Gráfica.3.21. Curva de carga vs penetración de la muestra m-1 al 3%.....	69

	Página.
Gráfica.3.22. Curva de carga vs penetración de la muestra m-1 al 4.5%.....	70
Gráfica.3.23. Curva de carga vs penetración de la muestra m-1 al 6%.....	70
Gráfica.3.24. Curva de carga vs penetración de la muestra m-2 al 1.5%.....	71
Gráfica.3.25. Curva de carga vs penetración de la muestra m-2 al 3%.....	71
Gráfica.3.26. Curva de carga vs penetración de la muestra m-2 al 4.5%.....	72
Gráfica.3.27. Curva de carga vs penetración de la muestra m-2 al 6%.....	72
Gráfica.3.28 curva de carga vs penetración de la muestra m-3 al 1.5%.....	73
Gráfica.3.29. Curva de carga vs penetración de la muestra m-3 al 3%.....	73
Gráfica.3.30. Curva de carga vs penetración de la muestra m-3 al 4.5%.....	74
Gráfica.3.31. Curva de carga vs penetración de la muestra m-3 al 6%.....	74