

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



**“EVALUACIÓN DEL POLVO DE LADRILLO COMO ESTABILIZANTE DE
SUELO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS”**

POR:

ELIAS VELASQUEZ DIAS

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 I

Gestión – 2016

TARIJA-BOLIVIA

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

“EVALUACIÓN DEL POLVO DE LADRILLO COMO ESTABILIZANTE
DEL SUELO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS”

POR:

ELIAS VELASQUEZ DIAS

Semestre I
Gestión - 2016
TARIJA-BOLIVIA

.....

Ing. Trinidad C. Baldiviezo M.

PROFESOR GUIA

.....

MSc. Ing. Ernesto R. Alvarez Gozalvez

DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

.....

MSc. Ing. Silvana S. Paz Ramirez

VICEDECANA

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

.....

Ing. Moises Diaz Ayarde

.....

Ing. Laura K. Soto Salgado

.....

Ing. Jhon C. Ichazo LLanos

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

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia que siempre está a mi lado para apoyarme y motivarme a seguir buscando la superación.

También va dedicado a una persona especial

Que forma parte de mi vida, mi querida novia

A todas las personas que a lo largo de toda esta etapa han formado parte de mi vida, por haber sido una fuente de inspiración, apoyo y hacer de todo este tiempo de estudio una época

Inolvidable.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por ser mi principal guía, por darme la fuerza necesaria para salir adelante y lograr alcanzar esta meta.

A mi familia quien confió en mí y me brindo palabras de exhortación y entusiasmo para llegar hasta el final y procurar ser mejor cada día.

A mi Docente Guía, Ing. Trinidad C. Baldiviezo que transmitir sus conocimientos.

A mi Hermano Moises Ramon Velasquez Dias por todo el apoyo brindado.

En fin, a todas aquellas personas que de una u otra forma, y de manera desinteresada, me brindaron toda la ayuda necesaria con la finalidad de lograr el desarrollo de un buen trabajo.

PENSAMIENTO

La esperanza no es la convicción de que las cosas saldrán bien, sino la certidumbre de que algo tiene sentido, sin importar su resultado final.

Autor anónimo.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

Contenido	Página
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN GENERAL	3
1.3 PLANTEAMIENTO AL PROBLEMA	3
1.3.1 SITUACIÓN PROBLÉMICA	3
1.3.2 PROBLEMA	4
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 HIPÓTESIS	6
1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES	6
1.7 DISEÑO METODOLÓGICO	9
1.7.1 COMPONENTES.....	9
1.7.2 DEFINICIÓN DEL MÉTODO PARA LA SELECCIÓN DE MUESTRAS ...	10
1.7.3 PROCEDIMIENTO	11
1.7.4 TÉCNICAS.....	12
1.8 ALCANCE DEL PROYECTO	13

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA UTILIZACIÓN DE MATERIALES PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS

2.1 INTRODUCCIÓN	15
2.2 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	16
2.2.1 TIPOS DE ESTABILIZACIÓN	18
2.2.1.1 ESTABILIZACIÓN FÍSICA	18
2.2.1.2 ESTABILIZACIÓN QUÍMICA	19
2.2.1.3 ESTABILIZACIÓN MECÁNICA	20
2.2.2 RAZÓN POR LA QUE SE REALIZA LA ESTABILIZACIÓN	22
2.2.2.1 DISMINUIR LA PLASTICIDAD	22
2.2.2.2 ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA Y COMPRESIBILIDAD	23
2.2.2.3 PERMEABILIDAD	24
2.2.2.4 RESISTENCIA O CAPACIDAD PORTANTE Y DURABILIDAD	25
2.2.3 VENTAJAS DE LA ESTABILIZACIÓN	26
2.2.4 SELECCIÓN DEL ESTABILIZANTE	27
2.2.5 EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN	28
2.3 ESTABILIZACIÓN DE SUELO-POLVO DE LADRILLO	29
2.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES QUE CONSTITUYEN LA MEZCLA DE SUELO-POLVO DE LADRILLO	30
2.3.2 SUELOS	31
2.3.2.1 GENERALIDADES SOBRE LOS SUELOS.....	32
2.3.2.2 PROPIEDADES DE LOS SUELOS COHESIVOS	34

2.3.2.2 PROPIEDADES DE LIMOS Y ARCILLAS	35
2.3.2.3 PESO ESPECÍFICO DE LOS MATERIALES	36
2.3.2.4 TEORÍA DE LOS ENSAYOS QUE DETERMINAN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS	38
2.3.3 POLVO DE LADRILLO	59
3.3.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL POLVO DE LADRILLO	60
2.3.4 AGUA.....	61
2.3.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ESTABILIZACIÓN CON POLVO DE LADRILLO	61
2.4 CAMINOS NO PAVIMENTADOS	62
2.4.1 IMPORTANCIA DE LOS CAMINOS NO PAVIMENTADOS	63
2.4.2 CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE LOS CAMINOS NO PAVIMENTADOS.....	64
2.4.3 LA SUB-RASANTE	64
2.4.3.1 MATERIALES BÁSICOS PARA LA SUB-RASANTE	67
2.4.4 CAPA DE RODADURA	69

CAPÍTULO III

UTILIZACIÓN DEL POLVO DE LADRILLO COMO ESTABILIZANTE DE SUB-RASANTES DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS

3.1 INTRODUCCIÓN	71
3.2 CRITERIO PARA EL MUESTREO DEL SUELO EN ESTUDIO	71
DEFINICION DEL METODO PARA LA SELECCIÓN DE MUESTRAS	72

3.2.1 UBICACIÓN	73
3.3 OBTENCIÓN DEL POLVO DE LADRILLO	77
3.4 CARACTERIZACION DEL POLVO DE LADRILLO.....	80
3.4.1 GRANULOMETRIA POLVO DE LADRILLO.....	80
3.4.2 ENSAYO DEL HIDRÓMETRO POLVO DE LADRILLO	81
3.4.3 PESO ESPECÍFICO DEL POLVO DE LADRILLO	82
3.5 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL Y SUELO-POLVO DE LADRILLO	85
3.5.1 CONTENIDO DE HUMEDAD	85
3.5.2 ENSAYO DEL HIDRÓMETRO	87
3.5.3 GRANULOMETRIA	90
3.5.4 LÍMITES DE ATTERBERG	92
3.5.5 CLASIFICACIÓN DEL SUELO	97
3.5.6 COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (T-180)	98
3.5.7 ENSAYO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE (CBR)	101
3.5.7.1 TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS VALORES DE C.B.R.	103
3.5.7.2 RESULTADOS DE C.B.R.	111
3.6 CONTENIDO ÓPTIMO DE POLVO DE LADRILLO	114
3.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS	115
3.8 PROPUESTA DE APLICACIÓN EN OBRAS VIALES	119
3.8.1 RESUMEN GENERAL DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA	119
3.9 GENERALIZACIÓN DE LA PROPUESTA	121
3.10 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA DE APLICACIÓN ..	127

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES	130
4.2 RECOMENDACIONES	133
4.3 BIBILOGRAFIA.....	135
ANEXOS.....	136

ÌNDICE DE FIGURAS

Contenido	Pagina
FIGURA 1. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	18
FIGURA 2. ESTABILIZACIÓN MECÁNICA DE SUELOS	21
FIGURA 3. CAMINO DE SUELO CON POLVO DE LADRILLO	31
FIGURA 4. MÉTODO DEL HIDRÓMETRO	41
FIGURA 5. CONJUNTO DE MALLAS PARA EL ANÁLISIS MECÁNICO DE SUELO	47
FIGURA 6. EJEMPLO DE CURVA GRANULOMÉTRICA	48
FIGURA 7. TIPOS DIFERENTES DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS	49
FIGURA 8. VARIACIÓN DE LA PLASTICIDAD SEGÚN EL CONTENIDO DE HUMEDAD	51
FIGURA 9. PRINCIPIO DE LA COMPACTACIÓN	53
FIGURA 10. CURVA DE COMPACTACIÓN	56

FIGURA 11. SUELO DEL BARRIO LOS CHAPACOS	74
FIGURA 12. MÁQUINA TRITURADORA Y EL LADRILLO MACIZO	78
FIGURA 13. LUGAR DONDE SE OBTUVO EL LADRILLO MOLIDO	79
FIGURA 14. ENSAYO DEL HIDRÓMETRO	81
FIGURA 15. CALIBRACIÓN DEL FRASCO	83
FIGURA 16. ENSAYO DEL PESO ESPECÍFICO DEL POLVO DE LADRILLO	83
FIGURA 17. HORNO Y CAPSULAS QUE SE UTILIZARON PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD	85
FIGURA 18. ENSAYO DEL HIDRÓMETRO	88
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL FINO ..	89
FIGURA 20. MÉTODO DEL LAVADO	90
FIGURA 21. GRAFICA DE GRANULOMETRÍA (MÉTODO DEL LAVADO) ..	92
FIGURA 22. ENSAYO DE LÍMITE LIQUIDO	94
FIGURA 23. ENSAYO DE LÍMITE PLÁSTICO	95
FIGURA 24. GRAFICA DE LÍMITE LÍQUIDO	96
FIGURA 25. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (T-180)	99
FIGURA 26. COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (T-180)	101
FIGURA 27. MOLDES DE CBR SUMERGIDOS EN EL AGUA	102
FIGURA 28. EL MOLDE EN LA PRENSA DE C.B.R.	103
FIGURA 29. DISPERSIÓN DE DATOS DE LAS 6 MEZCLAS DE SUELOPOLVO DE LADRILLO	104
FIGURA 30. GRAFICA DE CAJAS Y BIGOTES DE LAS 6 MEZCLAS DE SUELO-POLVO DE LADRILLO	106

FIGURA 31. DIAGRAMA DE BARRAS MÚLTIPLE	109
FIGURA 32. GRAFICA CARGA VS PENETRACIÓN	112
FIGURA 33. GRÁFICA DENSIDAD SECA VS C.B.R.....	113

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Pagina
Cuadro 1. Propiedades del agua	41
Cuadro 2. Factores de corrección “a” para el peso unitario de solidos	42
Cuadro 3. Factores de corrección por temperatura Ct.....	42
Cuadro 4. Valores de k para varias combinaciones de pesos unitarios y temperaturas	43
Cuadro 5. Valores de k para varias combinaciones de pesos unitarios y temperaturas	44
Cuadro 6. Clasificación de suelos según el valor de C.B.R	59
Cuadro 7. Valores de C.B.R.	66
Cuadro 8. Espesores mínimos sugeridos para capas de rodaduras	69
Cuadro 9. Resultados de granulometría polvo de ladrillo	80
Cuadro 10. Resultados del hidrómetro polvo de ladrillo	82
Cuadro 11. Resultados del hidrómetro polvo de ladrillo	84
Cuadro 12. Resultados de contenido de humedad	86
Cuadro 13. Resultados del ensayo del hidrómetro	88
Cuadro 14. Resultados de granulometría	91

Cuadro 15. Resultados de límites de atterberg	95
Cuadro 16. Resultados del ensayo del hidrómetro	97
Cuadro 17. Resultados de compactación proctor modificado (T-180)	100
Cuadro 18. Resumen Estadístico de las 6 mezclas de suelo-polvo de ladrillo	105
Cuadro 19. Frecuencias para las 6 mezclas de suelo-polvo de ladrillo	108
Cuadro 20. Medias con intervalos de confianza del 95,0%	110
Cuadro 21. Resultados de valor de soporte de california (C.B.R.)	111
Cuadro 22. Resultados de caracterización de suelos	115
Cuadro 23. Resultados de ensayos de resistencia de los suelos	117
Cuadro 24. Resultados del contenido óptimo de polvo de ladrillo	132

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido

ANEXO I. CARACTERIZACIÓN DEL POLVO DE LADRILLO

ANEXO II. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO-POLVO DE LADRILLO

ANEXO III. ENSAYO DEL HIDRÓMETRO

ANEXO IV. COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO (T-180)

ANEXO V. VALOR RELATIVO DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R

ANEXO VI. ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS