

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE
COMUNICACION**



**“COMPARACION DE LA ESTABILIZACION DE RODADURAS
GRANULARES CON CEMENTO Y EL MULTIENZEMATICO
PERMA ZYME”**

Por:

DIMAS ABAN MERLOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN presentado a consideración de la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de Licenciatura de INGENIERÍA CIVIL.

SEMESTRE - II - 2020

TARIJA – BOLIVIA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFIA Y VIAS DE
COMUNICACION**

**“COMPARACION DE LA ESTABILIZACION DE RODADURAS
GRANULARES CON CEMENTO Y EL MULTIENTZEMATICO
PERMA ZYME”**

Por:

DIMAS ABAN MERLOS

SEMESTRE - II - 2020

TARIJA - BOLIVIA

DEDICATORIA:

Dedico este proyecto de tesis a Dios, a mi madre Carlota Merlos Martínez, a mi padre Julián Aban Ventura, quienes me dieron la vida y me educaron con valores y principios siendo un pilar fundamental para mi formación personal y profesional y a quienes como los consejeros y guías supieron dirigirme por el buen camino.

INDICE

ADVERTENCIA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

RESUMEN

CAPITULO I DISEÑO TEORICO Y METODOLOGICO

	Página.
1.1 INTRODUCCION.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 JUSTIFICACION.....	3
1.4 SITUACION PROBLEMÁTICA	4
1.4.1 Determinación del problema	4
1.5 OBJETIVOS.....	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 FORMULACION DE LA HIPOTESIS	5
1.6.1 Hipótesis.....	5
1.6.2 Identificación de las variables	6
1.6.3 Conceptualización y operacionalización	7
1.7 DISEÑO METODOLOGICO	9
1.7.1 Unidad de estudio, población y muestra.	9
1.7.2 Tamaño de muestra	11
1.8 ESQUEMA DE LA PERSPECTIVA USADA.....	12
1.9 ALCANCE DE LA INVESTIGACION	13

CAPITULO II
FUNDAMENTO TEORICO

	Página
2.1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.....	14
2.1.1 Estabilización física.....	15
2.1.2 Estabilización química	15
2.1.3 Estabilización mecánica	16
2.1.4 Propiedades del suelo a mejorar	17
2.1.5 Ventajas de los suelos estabilizados.....	18
2.2 ESTABILIZACIÓN SUELO-CEMENTO.....	20
2.2.1 Aplicaciones del suelo-cemento.....	22
2.2.2 Material granular estabilizado con cemento.....	23
2.2.3 Proceso de estabilización con cemento	24
2.2.4 Cemento portland tipo I (IP-30).....	25
2.3 ESTABILIZADOR DE SUELOS PERMA ZYME	25
2.4 COMPARACIÓN ENTRE ESTABILIZANTES.....	27
2.5 CARRETERAS	28
2.5.1 Autopista	28
2.5.2 Autorrutas.....	28
2.5.3 Carreteras primarias	28
2.5.4 Caminos colectores.....	29
2.5.5 Caminos locales.....	29
2.5.6 Caminos de desarrollo	29
2.6 CAPAS DE UN PAVIMENTO.....	29

2.6.2 Subrasante	29
2.6.3 Base	29
2.6.4 Subbase.....	30
2.7 CLASIFICACIÓN DE MATERIALES PARA BASES Y SUBBASES.....	30
2.8 BASES Y SUBBASES ESTABILIZADAS CON ADITIVOS	31
2.9 BASE DE RODADURA O AFIRMADOS	31
2.10 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DE PAVIMENTACIÓN	32
2.11 METODOLOGÍA DE DISEÑO DE ESPESORES	35
2.12 MATERIALES DE AFIRMADO	36
2.13 MARCO REFERENCIAL	38
2.14 MARCO NORMATIVO	39
2.15 ANALISIS Y TENDENCIA DEL INVESTIGADOR.....	40

CAPITULO III

RELEVAMIENTO DE LA INFORMACION

	Página
3.1 CRITERIO DE SELECCIÓN, USO Y APLICACIÓN	41
3.2 CRITERIO DE LA VARIACION DEL PORCENTAJE DE CEMENTO	41
3.2.1 Proceso de obtención y caracterización del cemento	41
3.3 CRITERIO DE LA VARIACION DEL PORCENTAJE DE PERMA ZYME 30X.....	42
3.3.1 Proceso de obtención y especificaciones del producto perma zyme	42
3.4 CRITERIO DEL NUMERO DE ENSAYOS	43
3.5 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACION.....	44
3.5.1 Ubicación.....	44

3.5.2 Muestreo del suelo granular de la vía Pampa redonda - Tunal	45
3.6 CARACTERIZACIÓN DEL SUELO GRANULAR	46
3.6.1 Procedimientos para la preparación de muestras de suelos por cuarteo	
AASHTO T248	46
3.6.2 Análisis granulométrico ASTM D422 / AASHTO T88.....	47
3.6.3 Límites de atterberg ASTM D4318 / AASHTO T90-T89	53
3.6.4 Contenido de humedad y clasificación ASTM D2216.....	55
3.6.5 Compactación AASHTO T-180 / ASTM D1557.....	56
3.6.6 Relación de soporte de California C.B.R. ASTM D1883 / AASHTO T193	61
3.7 CARACTERÍSTICAS CÁLCULO DE LAS MUESTRAS CON EL ADITIVO	
PERMA ZYME VERSIÓN 30X.....	67
3.7.1 Para la compactación y C.B.R.....	67
3.8 CARACTERÍSTICAS CÁLCULO DE LAS MUESTRAS CON EL ADITIVO	
CEMENTO.....	69
3.8.1 Para la compactación y C.B.R.....	69

CAPITULO IV

ANALISIS Y COMPARACION DE RESULTADOS

	Página
4.1 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	70
4.2 RESULTADOS DEL MATERIAL NATURAL.....	70
4.3 RESULTADOS CON PERMA ZYME	73
4.3.1 Límites de atterberg.....	73
4.3.2 Compactación.....	74
4.3.3 Relación de soporte de California C.B.R.	77
4.4 RESULTADOS CON CEMENTO PORTLAND TIPO I.....	80

4.4.1 Límites de Atterberg.....	80
4.4.2 Compactación.....	81
4.4.3 Relación de soporte de California CBR.	85
4.5 TRATAMIENTO ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.....	87
4.5.1 C.B.R. con el porcentaje óptimo de los aditivos utilizados.....	87
4.5.2 Análisis del tratamiento estadístico de los resultados	88
4.6 RESULTADO DE LAS VARIABLES	90
4.6.1 Variables independientes.....	90
4.6.2 Variables dependientes.....	90
4.6.3 Relación y resumen de resultados de las variables.....	90
4.7 VALIDACION DE HIPOTESIS.....	91
4.8 VERIFICACION DE HIPOTESIS.....	92
4.9 COSTO DE ESTABILIZACION.....	94
4.9.1 Estabilización con perma zyme	94
4.9.2 Estabilización con cemento portland tipo I	95
4.10 EVALUACIÓN TÉCNICA.....	96
4.10.1 Límites de Atterberg.....	96
4.10.2 Compactación.....	97
4.10.3 Relación de soporte de California CBR.	99
4.11 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	100
4.12 COMPARACION TÉCNICA	101
4.13 COMPARACION ECONOMICA	102
4.14 COMPARACION AMBIENTAL	103
4.15 COMPARACION SOCIAL	106

CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
5.1 CONCLUSIONES.....	109
5.2 RECOMENDACIONES	111

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ANEXO 1. Caracterización del suelo en estado natural.

ANEXO 2. Estabilización del suelo con perma zyme.

ANEXO 3. Estabilización del suelo con cemento.

ANEXO 4. Fichas técnicas de los aditivos perma zyme 30x y cemento.

ANEXO 5. Tablas y gráficos para el dimensionamiento de los espesores para
bajo tráfico por el método NAASRA.

ANEXO 6. Análisis de precios unitarios.

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N°1.1: Operacionalización variables independientes.....	7
Tabla N°1.2: Operacionalización variable dependiente.	8
Tabla N°1.3: Unidad de estudio.	9
Tabla N°1.4: Suelos estabilizados con productos químicos.....	10
Tabla N°1.5: Cantidad de ensayos según el método.	11
Tabla N°2.1: Rango de cemento requerido en estabilización suelo-cemento.	22
Tabla N°2.2: Comparación de estabilizantes.	27
Tabla N°2.3: Carreteras con IMDA igual o mayor a 300 vehículos.	33
Tabla N°2.4: Carretera con IMDA menor a 300 vehículos.....	34
Tabla N°3.1: Numero de ensayos del material granular en estado natural.	44
Tabla N°3.2: Coordenadas de la ubicación del material granular.....	44
Tabla N°3.3: Datos de la granulometría muestra N°1	49
Tabla N°3.4: Datos de la granulometría muestra N°2.	50
Tabla N°3.5: Datos de la granulometría muestra N°3.	51
Tabla N°3.6: Planilla de resultados de las granulometrías promedio.	52
Tabla N°3.7: Resultado correspondiente al contenido de humedad natural.	55
Tabla N°3.8: Clasificación de los suelos según AASHTO y SUCS.	56
Tabla N°3.9: Determinación de la humedad optima suelo natural N°1.	58
Tabla N°3.10: Determinación de la humedad optima suelo natural N°2.	59
Tabla N°3.11: Determinación de la humedad optima suelo natural N°3.	60
Tabla N°3.12: Resultados de densidad seca y humedad optima.	60
Tabla N°3.13: Resultados del ensayo C.B.R. N°1.....	64
Tabla N°3.14: Resultados del ensayo C.B.R. N°2.....	65
Tabla N°3.15: Resultados del ensayo C.B.R. N°3.....	66

Tabla N°4.1: Clasificación de suelo y propiedades físicas del material granular en estado natural.	70
Tabla N°4.2: Propiedades mecánicas del material granular en estado natural.....	72
Tabla N°4.3: Resumen de los resultados de límites de Atterberg.	73
Tabla N°4.4: Resumen de resultados de compactación.	74
Tabla N°4.5: Resumen de resultados de C.B.R.....	77
Tabla N°4.6: Resumen de los resultados de límites de Atterberg.	80
Tabla N°4.7: Resumen de resultados del ensayo de compactación.	81
Tabla N°4.8: Resumen de resultados de C.B.R.....	85
Tabla N°4.9: Resumen de resultados de los C.B.R. del material granular añadiendo perma zyme y cemento.....	87
Tabla N°4.10: Resultados de los C.B.R. obtenidos en la estadística.	88
Tabla N°4.11: Resultados y relación de variables.....	90
Tabla N°4.12: Correlación de las variables de CBR por el método normal.	91
Tabla N°4.13: Interpretación de coeficientes de correlación.	92
Tabla N°4.14: Resumen de valores de los límites de Atterberg.....	96
Tabla N°4.15: Resumen de valores del ensayo de compactación.	97
Tabla N°4.16: Resumen de valores obtenidos del ensayo CBR.	99
Tabla N°4.17: Resumen de resultados de comparación de costos de estabilización.....	100
Tabla N°4.18: Comparación de propiedades físicas y mecánicas.....	101
Tabla N°4.19: Comparación ambiental entre un material de banco con un material de cantera estabilizado	104
Tabla N°4.20: Uso total de energía para los materiales de construcción de pavimentos. (Chappat y Bilal, 2003).	105
Tabla N°4.21: Comparación social de un material de banco y un material de cantera.	106

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N°2.1: Distribución de esfuerzos en bases granulares sin estabilizar y estabilizada.....	24
Figura N°3.1: Bolsa de cemento el puente.....	41
Figura N°3.2: Muestreo del suelo granular.....	45
Figura N°3.3: Cuarteo del material.....	46
Figura N°3.4: Proceso del tamizado.....	48
Figura N°3.5: Tamizado de la muestra.....	48
Figura N°3.6: Aparato de casa grande.....	54
Figura N°3.7: Muestra no plástica y base de vidrio.....	54
Figura N°3.8: Equipo de compactación T-180.....	57
Figura N°3.9: Proceso de compactación.....	57
Figura N°3.10: Equipo de C.B.R.....	62
Figura N°3.11: Medición del extensómetro.....	62
Figura N°3.12: Moldes C.B.R. retirados del tanque de agua.....	63
Figura N°3.13: Prueba de penetración.....	63
Figura N°4.1: Muestra del material no plástico.....	73
Figura N°4.2: Producto perma zyme.....	76
Figura N°4.3: Suelo granular compactado.....	76
Figura N°4.4: Perma zyme diluido en agua.....	78
Figura N°4.5: Moldes de C.B.R.....	79
Figura N°4.6: Muestra con cemento no plástica.....	80
Figura N°4.7: Material granular con cemento.....	84
Figura N°4.8: Compactación del material granular con cemento.....	84
Figura N°4.9: Lectura del equipo de C.B.R.....	86
Figura N°4.10: Comparación de costos directos, sociales, ambientales (Wilmot 2004).....	103

INDICE DE GRAFICO

	Página
Gráfico N°3.1: Curva granulométrica muestra N°1.	49
Gráfico N°3.2: Curva granulométrica muestra N°2.	50
Gráfico N°3.3: Curva granulométrica muestra N°3.	51
Gráfico N°3.4: Curva granulométrica promedio.	52
Gráfico N°3.5: % de humedad vs Densidad N°1.	58
Gráfico N°3.6: % de humedad vs Densidad N°2.	59
Gráfico N°3.7: % de humedad vs Densidad N°3.	60
Gráfico N°3.8: Penetración vs Esfuerzo. N°1.	64
Gráfico N°3.9: C.B.R vs Densidad seca N°1.	64
Gráfico N°3.10: Penetración vs Esfuerzo. N°2.	65
Gráfico N°3.11: C.B.R vs Densidad seca N°2.	65
Gráfico N°3.12: Penetración vs Esfuerzo. N°3.	66
Gráfico N°3.13: C.B.R vs Densidad seca N°3.	66
 Gráfico N°4.1: Curva granulométrica suelo natural.	 71
Gráfico N°4.2: Efecto de perma zyme en la máxima densidad seca.	74
Gráfico N°4.3: Efecto de perma zyme en el contenido de humedad.	75
Gráfico N°4.4: Efecto de perma zyme en el C.B.R. al 100%.	77
Gráfico N°4.5: Efecto del cemento portland tipo I en la máxima densidad máxima seca.	82
Gráfico N°4.6: Efecto del cemento portland tipo I en el contenido de humedad óptimo.	83
Gráfico N°4.7: Efecto del cemento portland tipo I en el C.B.R. al 100%.	85
Gráfico N°4.8: Evaluación del porcentaje de C.B.R. estabilizado con perma zyme.	88
Gráfico N°4.9: Evaluación del porcentaje de CBR estabilizado con cemento.	89
Gráfico N°4.10: Comparación de la densidad máxima seca entre los dos aditivos.	97
Gráfico N°4.11: Comparación del contenido óptimo de humedad entre los dos aditivos.	98

Gráfico N°4.12: Comparación del C.B.R. al 100% entre los dos aditivos.....	99
Gráfico N°4.13: Costo de los aditivos a utilizar para 3 km de camino.	100
Gráfico N°4.14: Análisis de precios unitarios.....	102