

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DPTO. TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN



**“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE
RELLENOS DE DENSIDAD CONTROLADA (RDC) ELABORADOS
CON ADITIVOS ESPUMÍGENOS APLICADOS COMO SUB BASE DE
PAVIMENTOS.”**

Por:

ROBERTO CARLOS CORTEZ ALVARADO

Proyecto presentado a consideración de la "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO" como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Julio de 2015

TARIJA – BOLIVIA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DPTO. TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

**“EVALUACIÓN DE PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE
RELLENOS DE DENSIDAD CONTROLADA (RDC) ELABORADOS
CON ADITIVOS ESPUMÍGENOS APLICADOS COMO SUB BASE DE
PAVIMENTOS.”**

Por:

ROBERTO CARLOS CORTEZ ALVARADO

Julio de 2015

TARIJA – BOLIVIA

.....
Msc. Ing. Ernesto Alvarez Gozalvez.

DECANO

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

.....
Msc .Ing. Silvana Paz Ramírez.

VICEDECANA

FACULTAD DE CIENCIAS

Y TECNOLOGÍA

TRIBUNAL:

.....
Msc. Ing. Marcelo Pacheco Nuñez.

.....
Ing. Mario Luis Ticona Copa.

.....
Ing. Mario Enrique Aparicio.

ADVERTENCIA:

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIAS:

A Dios por cuidarme en todo momento, darme vida, salud y esperanza.

A mi madre Maria Yilka Alvarado por ser el ejemplo de amor, perseverancia, comprensión, tolerancia y cariño que me brinda en todo momento.

A mi padre Roberto Cortez Baldiviezo por inculcarme siempre los mejores valores y aptitudes para enfrentar esta importante etapa.

AGRADECIMIENTOS:

A mi padre, a mi madre, a mis hermanas, cuñado y toda mi familia que me apoyaron incondicionalmente.

Al Ing. Jhonny Mario Orgáz Fernández, por su valiosa asesoría y orientación durante su desarrollo.

Al Ing. Marcelo Segovia Cortez, por su amistad, confianza y apoyo a lo largo de la carrera.

A mis amigos por hacer agradable cada uno de los momentos compartidos, especialmente a mi grupo de amigos denominados los ¡No Tobes! que siempre están ahí cuando uno los necesita.

PENSAMIENTO:

“Es mucho mejor arriesgarse a cosas importantes para ganar gloriosos triunfos, aún si por mala fortuna se fracasa, que estar al nivel de esos pobres espíritus que ni gozan mucho ni sufren mucho porque viven en el gran crepúsculo que no conoce ni la victoria ni la derrota”

TEODORO ROOSEVELT.

INDICE GENERAL

CONTENIDO PÁGINA

INTRODUCCION

1.1 INTRODUCCION.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.2 JUSTIFICACION.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3 DISEÑO TEORICO.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3.1 Planteamiento del Problema.	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1.1 Situación Problemica.	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1.2 Problema.	¡Error! Marcador no definido.
1.3.2 Objetivos de Investigación.	3
1.3.2.1 Objetivo General.	3
1.3.2.2 Objetivos Especificos.	4
1.3.3 Hipótesis.	4
1.3.4 Variables.	4
1.3.5 Alcance.	4
1.4 DISEÑO METODOLOGICO.	6
1.4.1 Unidad.	6
1.4.2 Población.	6
1.4.3 Muestra.	6
1.4.4 Medios.	6
1.4.5 Metodología.	7
1.4.6 Tratamiento Estadístico.	8

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE Y RELLENOS DE DENSIDAD CONTROLADA

2.1 GENERALIDADES.	9
2.2 CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE EN PAVIMENTOS.	13
2.2.1 Especificaciones de Capas Sub Base según Normas.	14

2.2.2	<i>Controles de Calidad en Capas Sub Base.</i>	18
2.2.2.1	<i>Ensayos de Control en Material de Capas Sub Base.</i>	26
2.2.3	<i>Aditivos.</i>	42
2.2.3.1	<i>Aditivos Espumígenos.</i>	45
2.3	USO DE SUB BASES MEJORADAS.	46
2.3.1	<i>Alternativa de Rellenos de Densidad Controlada en Sub Base.</i>	47
2.3.1.1.	<i>Materiales Utilizados.</i>	48
2.3.1.2.	<i>Proceso de Elaboración.</i>	53
2.3.1.3.	<i>Control de la Aplicación del Relleno con Densidad Controlada.</i>	53

CAPITULO III

INVESTIGACION SOBRE LA APLICACIÓN DE RDC EN MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE

3.1.	<i>UBICACIÓN DE LA PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES.</i>	56
3.2.	<i>CARACTERISTICAS DE LA ZONAS DE PROCEDENCIA.</i>	58
3.3	<i>MUESTREO DE LOS MATERIALES PARA LA APLICACIÓN.</i>	59
3.4	<i>PROCESO DE LA CARACTERIZACION.</i>	62
3.4.1	<i>Agua.</i>	63
3.4.2	<i>Aditivo.</i>	63
3.4.3	<i>Caracterización de la Arena.</i>	64
3.4.4	<i>Caracterización del Cemento.</i>	66
3.4.5.	<i>Resultados de la Caracterización.</i>	67
3.5.	DOSIFICACION DE LA MEZCLA.	82
3.5.1.	<i>Proporciones de la Mezcla.</i>	82
3.6.	CONTROL DE LA MEZCLA CON DENSIDAD CONTROLADA.	83
3.6.1.	<i>Ensayos de Control.</i>	83
3.6.2.	<i>Análisis de los Resultados.</i>	102

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.	113
4.2. RECOMENDACIONES.	115

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO

PÁGINA

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES SOBRE MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE Y RELLENOS DE DENSIDAD CONTROLADA

Tabla N° 1. Graduaciones para materiales de sub-base.	14
Tabla N° 2. Características capa sub-base.	19
Tabla N° 3. Gradación de materiales capa sub-base.	20
Tabla N° 4. Secuencia de control: Granulometría	21
Tabla N° 5. Secuencia de control: dmax y wop.	22
Tabla N° 6. Secuencia de control: Compactación.....	23
Tabla N° 7. Tolerancias: Granulometría capa sub-base.	25
Tabla N° 8. Diámetros Efectivos.	28
Tabla N° 9. Valores de Carga Unitaria	41
Tabla N° 10. Energías de Compactación	42
Tabla N° 11. Clasificación de suelos para Infraestructura de Pavimentos. ..	42
Tabla N° 12. Graduación para agregado fino para rellenos fluidos.....	50

CAPITULO III

INVESTIGACION SOBRE LA APLICACIÓN DE RDC EN MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE

Tabla N° 13. Tamaño de los la agregados según norma ASTM C-33.....	64
Tabla N° 14. Granulometría del agregado fino.....	68
Tabla N° 15. Porcentaje de humedad y absorción	69
Tabla N° 16. granulometría del agregado fino.....	69
Tabla N° 17. Porcentaje de humedad y absorción	70
Tabla N° 18. Granulometría del agregado fino.....	71
Tabla N° 19. Porcentaje de humedad y absorción	72

Tabla N° 20. Peso Específico Arena San Blas.	72
Tabla N° 21. Peso Específico Arena Santa.	73
Tabla N° 22. Peso Específico Arena El Rancho.	73
Tabla N° 23. Peso Unitario Suelto Arena San Blas.	74
Tabla N° 24. Peso Unitario Compacto Arena San Blas.	74
Tabla N° 25. Peso Unitario Suelto Arena Santa Ana.	75
Tabla N° 26. Peso Unitario Compacto Arena Santa Ana.	75
Tabla N° 27. Peso Unitario Suelto Arena El Rancho.	76
Tabla N° 28. Peso Unitario Compacto Arena El Rancho.	76
Tabla N° 29. Equivalente de Arena San Blas.	77
Tabla N° 30. Equivalente de Arena Santa Ana.	77
Tabla N° 31. Equivalente de Arena El Rancho.	78
Tabla N° 32. Peso Específico del cemento.	79
Tabla N° 33. Datos para el porcentaje de finura.	80
Tabla N° 34. Resultados Obtenidos en Laboratorio.	80
Tabla N° 35. Datos para el porcentaje de finura.	81
Tabla N° 36. resultados obtenidos en laboratorio.	81
Tabla N° 37. Proporciones de la Mezcla.	82
Tabla N° 38. Resultados de Pesos Volumétricos.	83
Tabla N° 39. Resultados de Pesos Volumétricos.	84
Tabla N° 40. Resultados de Pesos Volumétricos.	85
Tabla N° 41. Resultados de Pesos Volumétricos.	86
Tabla N° 42. Resultados de Pesos Volumétricos.	87
Tabla N° 43. Resultados de Pesos Volumétricos.	88
Tabla N° 44. Resultados de Pesos Volumétricos Promedio.	89
Tabla N° 45. Resultados de Resistencia a Compresión.	91
Tabla N° 46. Resultados de Resistencia a Compresión.	92
Tabla N° 47. Resultados de Resistencia a Compresión.	93
Tabla N° 48. Resultados de Resistencia a Compresión.	94
Tabla N° 49. Resultados de Resistencia a Compresión.	95

Tabla N° 50. Resultados de Resistencia a Compresión.	96
Tabla N° 51. Resultados Promedio de Resistencia a Compresión.	97
Tabla N° 52. Resultados Capacidad de Soporte CBR a los 7 días.	99
Tabla N° 53. Resultados Comparativos Resistencia vs CBR.	100
Tabla N° 54. Resultados de CBR a los 28 días en Función a la Resistencia.	101
Tabla N° 55. Tabla Comparativa de Costos.	110

INDICE GRAFICOS

CONTENIDO	PÁGINA
-----------	--------

CAPITULO III

INVESTIGACION SOBRE LA APLICACIÓN DE RDC EN MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE

Gráfico N° 1. curva granulométrica agregado fino.	68
Gráfico N° 2. curva granulométrica agregado fino.	70
Gráfico N° 3. Curva granulométrica agregado fino.	71
Gráfico N° 4. Histograma Comparativo de Resultados Peso Volumétrico.	84
Gráfico N° 5. Histograma Comparativo de Resultados Peso Volumétrico.	85
Gráfico N° 6. Histograma Comparativo de Resultados Peso Volumétrico.	86
Gráfico N° 7. Histograma Comparativo de Resultados Peso Volumétrico.	87
Gráfico N° 8. Histograma Comparativo de Resultados Peso Volumétrico.	88
Gráfico N° 9. Histograma Comparativo de Resultados Peso Volumétrico.	89
Gráfico N° 10. Histograma de Resultados Peso Volumétrico Promedio.	90
Gráfico N° 11. Histograma Comparativo de Resistencias a Compresión.	91
Gráfico N° 12. Histograma Comparativo de Resistencias a Compresión.	92
Gráfico N° 13. Histograma Comparativo de Resistencias a Compresión.	93
Gráfico N° 14. Histograma Comparativo de Resistencias a Compresión.	94
Gráfico N° 15. Histograma Comparativo de Resistencias a Compresión.	95
Gráfico N° 16. Histograma Comparativo de Resistencias a Compresión.	96
Gráfico N° 17. Histograma de Resistencias a Compresión Promedio.	97
Gráfico N° 18. Grafica de Resultados Resistencia vs Días.	98

Gráfico N° 19. Histograma de Resultados Promedio de CBR a los 7 días...99	
Gráfico N° 20. Grafico Comparativo Resistencia a Compresión vs CBR a los 7 días.100	
Gráfico N° 21. Histograma de Resultados CBR Promedio a los 28 días....101	
Gráfico N° 22. Relación de la Resistencia vs Peso Volumetrico.....99	
Gráfico N° 23. Relación del Peso Volumetrico vs CBR.....99	

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	PÁGINA
CAPITULO II	
ASPECTOS GENERALES SOBRE MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE Y RELLENOS DE DENSIDAD CONTROLADA	
Fig. 1. Transmisión de esfuerzos en pavimentos10	10
Fig. 2. Distribución de esfuerzos pavimento rígido.....11	11
Fig. 3. Faja de gradación A, B y C para sub-base.15	15
Fig. 4. Representación de volúmenes de suelo28	28
Fig. 5. Aparato de Casagrande.....30	30
Fig. 6. Rodillos de obtención de Limite Plástico.....31	31
Fig. 7. Carta de Plasticidad (Descripción)32	32
Fig. 8. Máquina de los Ángeles33	33
Fig. 9. Compactación con maquinaria.35	35
Fig.10. Equipo para ensayo de CBR.....40	40
CAPITULO III	
INVESTIGACION SOBRE LA APLICACIÓN DE RDC EN MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE	
Fig. 11. Ubicación zona de procedencia Arena Natural - San Blas.....56	56
Fig. 12. Ubicación zona de procedencia Arena Natural Santa Ana.....57	57
Fig. 13. Ubicación zona de procedencia Arena Chancada El Rancho.....57	57

INDICE DE FOTOS

CONTENIDO

PÁGINA

CAPITULO III

INVESTIGACION SOBRE LA APLICACIÓN DE RDC EN MATERIALES PARA CAPAS SUB BASE

Foto N° 1. Recolección de arena.....	60
Foto N° 2. Lavado de la arena utilizando tamiz N° 200.	60
Foto N° 3. Bolsa de Cemento El Puente 50 Kg.	61
Foto N° 4. Aditivo Espumígeno 20 Kg.....	61
Foto N° 5. Agua Potable.	62
Foto N° 6. Arenas Utilizadas.	62
Foto N° 7. Aditivo Espumígeno.....	62
Foto N° 8. Cementos Utilizados.....	62