

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil

**Funcionalidad del aditivo sólido rocatech
70/30 como aglomerante para una base
estabilizada con la tecnología proes en el
proyecto Red Vial N°3-Cusco**

Kenneth Junior Leon Fierro

Huancayo, 2016

Tesis para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil



Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

AGRADECIMIENTOS

Dios

Por todo lo que he recibido y todo lo que está aún por llegar, por darme la vida, guiarme en cada paso que doy día a día, por darme sabiduría y oír mis oraciones.

Mi familia

Por ser un grupo de personas que siempre me brindan su apoyo incondicional, por ser mi fuerza y motivo para conseguir mis metas profesionales, mis padres y hermanos cada uno de ellos siempre con un gran consejo. Todos ustedes son mi mayor inspiración.

Ing. Juan Pablo Bellolio

Por ser la persona que confió en mí desde que comencé con esta investigación, me proporcionó información valiosa de acuerdo a su experiencia en este campo de carreteras, por los consejos que me brinda día a día para desarrollarme profesionalmente. Y por la amistad sincera que nos une.

Ing. Augusto García Corzo

Por apoyar esta investigación y por la disposición en seguirla.

A mis amigos

Por sus buenos deseos siempre, brindándome un poco de su tiempo pese a la distancia para hacerme despertar cuando sentía que no me alcanzaba el tiempo y presionarme para terminar la tesis.

DEDICATORIA

A mi madre, mi persona favorita, una mujer luchadora y admirable, que siempre quiere lo mejor para mi desarrollo profesional.

A mi padre, una persona fuerte y optimista, por darme las armas suficientes para valerme en este mundo tan complicado.

A los dos agradezco su incondicional ayuda y los valores que formaron en mi persona.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	3
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1.1 Planteamiento del problema	3
1.1.2 Formulación del problema	6
1.1.2.1 Problema general	6
1.1.2.2 Problemas específicos.....	6
1.2 OBJETIVOS	6
1.2.1 Objetivo general.....	6
1.2.2 Objetivos específicos	7
1.3 JUSTIFICACIÓN Y FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.3.1 Justificación de la investigación	7
1.3.2 Factibilidad de la investigación	8
1.4 HIPÓTESIS Y VARIABLES	8
1.4.1 Hipótesis general.....	8
1.4.2 Hipótesis específicas.....	8
1.4.3 Variables, operacionalización	9
CAPÍTULO II	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
2.2 BASES TEÓRICAS	16
2.2.1 Estabilización de suelos	16
2.2.2 Propiedades de los suelos	17
2.2.3 Tipos de estabilización suelos	22
2.2.3.1 Estabilización mecánica	22
2.2.3.2 Estabilización física	23
2.2.3.3 Estabilización química	25
2.2.4 Estabilización química de suelos empleando nuevas tecnologías	33
2.2.5 Estabilización química con la tecnología Proes	35
2.2.5.1 Descripción general.....	35
2.2.5.2 Materiales	36
2.2.5.3 Equipos necesarios	37
2.2.5.4 Procedimiento de trabajo	38
2.2.5.5 Cuidado de la estabilización	43

2.2.5.6	Limitaciones meteorológicas.....	44
2.2.5.7	Carpeta de rodado.....	44
2.2.5.8	Control de calidad.....	47
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	49
2.3.1	Capacidad de soporte del suelo (CBR).....	49
2.3.2	Coeficiente estructural.....	52
2.3.3	Deflexión del pavimento.....	54
2.3.4	Módulo resiliente.....	54
2.3.5	Evaluación estructural del pavimento.....	58
2.3.6	Número estructural.....	59
2.3.7	Proceso de ionización.....	59
2.3.8	Normalización de deflexiones.....	60
	CAPÍTULO III.....	62
	METODOLOGÍA.....	62
3.1	MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	62
3.1.1	Método de la investigación.....	62
3.1.1.1	Método general.....	62
3.1.1.2	Método teórico.....	62
3.1.1.3	Método específico.....	63
3.1.2	Tipo de investigación.....	63
3.1.3	Nivel de investigación.....	63
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	64
3.3.1	Población.....	64
3.3.1.1	Datos generales.....	64
3.3.1.2	Ubicación.....	65
3.3.2	Muestra.....	67
3.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS DEL TRAMO DE PRUEBA.....	67
3.4.1	Ubicación del tramo de prueba.....	67
3.4.2	Fase de antecedentes y proyección.....	69
3.4.3	Fase de diseño de pavimentos.....	70
3.4.3.1	Tráfico de diseño.....	70
3.4.3.2	CBR de diseño.....	73
3.4.3.3	Diseño de espesor de pavimento por el método NAASRA.....	74
3.4.3.4	Estructura de pavimento.....	75
3.4.4	Fase de laboratorio.....	77
3.4.4.1	Canteras de recarga y pruebas de laboratorio.....	77
3.4.4.2	Determinación del coeficiente estructural.....	78
3.4.5	Fase de campo.....	91

3.4.5.1	Construcción del tramo de prueba (base estabilizada Proes)	91
3.4.5.2	Control de calidad y estructural	99
3.4.5.3	Control de la capacidad estructural de la base estabilizada con Proes	101
3.4.6	Fase operacional.....	106
3.4.6.1	Retroanálisis del módulo elástico de la base estabilizada con Proes	106
CAPÍTULO IV		113
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		113
4.1	RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.....	113
4.1.1	Resultados de control de calidad y laboratorio.....	113
4.1.1.1	Incremento de capacidad de soporte con Proes y Rocatech 50/50, cantera 85+500	113
4.1.1.2	Incremento de capacidad de soporte con Proes y Rocatech 70/30	114
4.1.1.3	Incremento de capacidad de soporte con Proes y cemento.....	114
4.1.2	Resultados del control de la capacidad estructural de la base estabilizada con Proes y Rocatech 70/30	115
4.1.3	Comportamiento de la base estabilizada con Proes	118
4.1.4	Comparación de costos unitarios de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y Proes, la base estabilizada con cemento y Proes y una base granular	121
4.1.4.1	Análisis de costo unitario de una base granular e = 17 cm	123
4.1.4.2	Análisis de costo unitario de una base estabilizada con Proes e = 11 cm	124
4.1.4.3	Análisis de costo unitario de una base estabilizada con Rocatech 70/30 – Proes	125
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	126
CONCLUSIONES.....		127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		129
MATRIZ DE CONSISTENCIA		132
ANEXOS		
Anexo 1: Matriz de consistencia		
Anexo 2: Ensayo de laboratorio cantera 79+500 - natural		
Anexo 3: Ensayo de laboratorio cantera 85+500 - natural		
Anexo 4: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 50/50 50 kg/m ³ - Proes 0.25 lt/m ³		
Anexo 5: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 50/50 55 kg/m ³ - Proes 0.26 lt/m ³		
Anexo 6: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 50/50 45 kg/m ³ - Proes 0.27 lt/m ³		
Anexo 7: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 50/50 55 kg/m ³ - Proes 0.27 lt/m ³		
Anexo 8: Resumen diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 50/50 - Proes		
Anexo 9: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 70/30 55 kg/m ³ - Proes 0.26 lt/m ³		
Anexo 10: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 70/30 45 kg/m ³ - Proes 0.27 lt/m ³		
Anexo 11: Diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 70/30 55 kg/m ³ - Proes 0.27 lt/m ³		
Anexo 12: Resumen diseño de la cantera 85+500 con Rocatech 70/30 - Proes		
Anexo 13: Diseño de la cantera 85+500 con cemento 55 kg/m ³ - Proes 0.27 lt/m ³		

Anexo 14: Diseño de la cantera 85+500 con cemento 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

Anexo 15: Resumen diseño de la cantera 85+500 con cemento - Proes

Anexo 16: Diseño de la cantera 79+500 con Rocatech 50/50 55 kg/m³ - Proes 0.27 lt/m³

Anexo 17: Diseño de la cantera 79+500 con Rocatech 70/30 50 kg/m³ - Proes 0.26 lt/m³

Anexo 18: Diseño de la cantera 79+500 con Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.27 lt/m³

Anexo 19: Diseño de la cantera 79+500 con cemento 55 kg/m³ - Proes 0.27 lt/m³

Anexo 20: Resumen diseño de la cantera 79+500

Anexo 21: Estabilidad Marshall cantera 79+500, Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

Anexo 22: Estabilidad Marshall cantera 85+500, Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

Anexo 23: Resumen de Estabilidad Marshall, Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

Anexo 24: UCS cantera 79+500, Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

Anexo 25: UCS cantera 85+500, Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

Anexo 26: Resumen de UCS, Rocatech 70/30 55 kg/m³ - Proes 0.28 lt/m³

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Permeabilidad según la textura del suelo.....	20
Tabla 2. Permeabilidad según la estructura del suelo.....	20
Tabla 3. Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos $3 \% \leq \text{CBR} \leq 6 \%$	24
Tabla 4. Rango de cemento requerido en estabilización con cemento.....	28
Tabla 5. Categorías de CBR para subrasante.....	51
Tabla 6. Valor relativo de soporte, CBR en subbase granular	51
Tabla 7. Valor relativo de soporte, CBR en base granular.....	51
Tabla 8. Coeficientes de resistencia relativa de las diferentes capas de un pavimento flexible.....	52
Tabla 9. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento ai.....	53
Tabla 10. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR	56
Tabla 11. Cuadro de construcción proyecto Red Vial 3 – Cusco.....	65
Tabla 12. Conteo de tráfico diseño tramo 4 y 5.....	72
Tabla 13. Número de repeticiones de EE de diseño	72
Tabla 14. Clasificación según volumen de tránsito.....	72
Tabla 15. CBR de la capa material granular existente (%)......	73
Tabla 16. CBR de la subrasante (%)......	74
Tabla 17. CBR de diseño por sectores homogéneos (%)......	74
Tabla 18. Espesor de capa de granular por NAASRA.....	75
Tabla 19. Resultados de clasificación de suelos para canteras de recarga.....	77
Tabla 20. CBR con dosificaciones Rocatech 50/50 - Proes, km 85+500.....	79
Tabla 21. CBR con dosificaciones Rocatech 70/30 – Proes, km 85+500.....	79
Tabla 22. CBR con dosificaciones para Cemento - Proes, km 85+500.....	79
Tabla 23. CBR con dosificaciones para Rocatech 50/50 y 70/30, km 79+500.....	80
Tabla 24. Resultados de estabilidad Marshall (método Illinois).....	82
Tabla 25. Valores promedio, mínimo y máximo de estabilidad Marshall.....	83
Tabla 26. Valores de estabilidad Marshall para diferentes percentiles.....	83
Tabla 27. Resultados de resistencia a la compresión no confinada (UCS).....	85
Tabla 28. Valores promedio, mínimo y máximo de resistencia la compresión no confinada	85
Tabla 29. Resistencia a la compresión no confinada, diferentes percentiles.....	86

Tabla 30. Diseño de pavimentos.....	89
Tabla 31. Detalle de solución para el pavimento	90
Tabla 32. Plan de aseguramiento de la calidad según Plan de Conservación Vial... ..	100
Tabla 33. Valores de referencia del factor de distribución de presión.....	109
Tabla 34. Análisis comparativo entre base granular y base estabilizada	122
Tabla 35. Costo unitario de base granular.....	123
Tabla 36. Costo unitario de base estabilizada con cemento - Proes.....	124
Tabla 37. Costo unitario de base estabilizada con Rocatech 70/30 - Proes.....	125

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Preparación de la subrasante.....	38
Figura 2. Esparcido del material para base.....	39
Figura 3. Aplicación aditivo sólido en bolsas.....	39
Figura 4. Aplicación aditivo sólido con camión esparcidor.....	40
Figura 5. Mezclado y batido aditivo sólido con suelo.....	40
Figura 6. Adición aditivo líquido Proes.....	41
Figura 7. Mezclado aditivo líquido Proes con suelo.....	41
Figura 8. Mezclado con recicladora y cisterna.....	42
Figura 9. Compactación con rodillo vibratorio.....	43
Figura 10. Compactación luego de recicladora.....	43
Figura 11. Tránsito durante la faena.....	44
Figura 12. Imprimación asfáltica reforzada.....	45
Figura 13. Lechada asfáltica (Slurry Seal).....	46
Figura 14. Colocación de mezcla asfáltica.....	46
Figura 15. Mecanismo de falla del suelo generado por el pistón.....	49
Figura 16. Deformaciones por cargas repetitivas.....	55
Figura 17. Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliencia	57
Figura 18. Normalización de deflexiones.....	61
Figura 19. Ubicación y localización del proyecto.....	66
Figura 20. Lugar de trabajo (tramo de prueba).....	68
Figura 21. Estructura del pavimento.....	77
Figura 22. Valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con el nomograma para bases granulares.....	81
Figura 23. Valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con el nomograma para bases constituida por mezcla asfáltica.....	84
Figura 24. Valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con el nomograma para base granular tratada con cemento.....	87
Figura 25. Incorporación de material para mejoramiento de la subrasante.....	92
Figura 26. Extracción de cantera, zarandeo y carguío de material con plasticidad.....	92
Figura 27. Recarga de material a estabilizar	92
Figura 28. Tendido de material a estabilizar	93
Figura 29. Rocatech 70/30 en big bag, separado con la longitud correspondiente.....	93

Figura 30. Aplicación de Rocatech 70/30 en la plataforma a estabilizar.....	93
Figura 31. Aplicación de Rocatech 70/30 en bolsa de 50 kg.....	94
Figura 32. Rocatech 70/30 en bolsas de 50 kg, separado con la longitud correspondiente.....	94
Figura 33. Tendido de Rocatech 70/30 en la plataforma a estabilizar.....	94
Figura 34. Escarificado de material con Rocatech 70/30.....	95
Figura 35. Mezclado de material de cantera con Rocatech 70/30 en seco.....	95
Figura 36. Adición del aditivo líquido Proes en la cisterna con agua.....	95
Figura 37. Incorporación de dilución agua y aditivo líquido Proes a la mezcla en seco.....	96
Figura 38. Mezclado aditivo líquido (Proes 100), con material de recarga y Rocatech 70/30.....	96
Figura 39. Conformación de la base estabilizada	96
Figura 40. Compactación de la base estabilizada	97
Figura 41. Refine de la base estabilizada	97
Figura 42. Sellado de la base estabilizada	97
Figura 43. Sellado de huecos en la base estabilizada	98
Figura 44. Acabado de la base estabilizada sin recubrimiento.....	98
Figura 45. Riego de liga de la base estabilizada	98
Figura 46. Slurry Seal en la base estabilizada	99
Figura 47. Acabado de la base estabilizada con recubrimiento.....	99
Figura 48. Control de materiales estabilizados en pista.....	100
Figura 49. Control de compactación de la base con densímetro nuclear.....	101
Figura 50. Control de penetración dinámica de cono (PDC).....	101
Figura 51. Configuración básica del LWD y elementos opcionales.....	102
Figura 52. Partes del LWD y operación en terreno.....	103
Figura 53. Computador de mano Juno - Trimble.....	104
Figura 54. Medición con LWD en la subrasante.....	104
Figura 55. Medición con LWD en la base estabilizada sin recubrimiento a los 7 días.....	105
Figura 56. Medición con LWD en la base estabilizada con recubrimiento a los 7 días.....	105
Figura 57. Medición con LWD en la base estabilizada a los 4 meses.....	105
Figura 58. Medición con LWD en la base estabilizada a los 14 meses.....	106
Figura 59. Software LWDmod.....	106
Figura 60. Distribución de presión materiales granulares y cohesivos.....	109
Figura 61. Análisis por punto medido con LWDmod.....	112
Figura 62. Lugar de medición con LWD	115

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Determinación de espesor de capa granular.....	75
Gráfico 2. Sectorización de subrasante.....	91
Gráfico 3. Carga vs deflexión en un punto de medición.....	111
Gráfico 4. Deflexión y localización con LWDmod.....	111
Gráfico 5. Incremento del CBR con Rocatech 50/50 - Proes.....	113
Gráfico 6. Incremento del CBR con Rocatech 70/30 - Proes.....	114
Gráfico 7. Incremento del CBR con cemento - Proes.....	114
Gráfico 8. Resultados del módulo a los 7 días de construcción.....	116
Gráfico 9. Porcentaje de los resultados del módulo a los 7 días de construcción.....	116
Gráfico 10. Resultados del módulo a los 40 días de construcción.....	116
Gráfico 11. Porcentaje de los resultados del módulo a los 40 días de construcción.....	117
Gráfico 12. Resultados del módulo a los 400 días de construcción.....	117
Gráfico 13. Porcentaje de los resultados del módulo a los 400 días de construcción.....	117
Gráfico 14. Resultados del módulo a los 640 días de construcción.....	118
Gráfico 15. Porcentaje de los resultados del módulo a los 640 días de construcción.....	118
Gráfico 16. Comparación de la base estabilizada en el tiempo.....	119
Gráfico 17. Comportamiento de la Eo en el tiempo.....	119
Gráfico 18. Comportamiento de la base estabilizada en el tiempo.....	120
Gráfico 19. Número estructural requerido para la base estabilizada	120

RESUMEN

El propósito de la intervención de un corredor vial mediante la Conservación por Niveles de Servicio en nuestro país es buscar que las vías se encuentren en permanente buen estado y confort para el usuario.

Como profesionales que buscamos la integración del país, mediante el desarrollo de zonas de extrema pobreza, ingreso a grandes potenciales económicos sin explotación, conexión de mercados internos y externos para construir un país más competitivo, es fácil de comprender el elevado costo que representa el intervenir inoportunamente una carretera para asegurar el uso permanente de ésta, costos que significan recuperación de vías existentes con materiales costosos, costo de combustible para distancias muy alejadas de las canteras, plantas de preparación de material etc. Por ello, una buena alternativa para soluciones básicas o inversión de 5 a 10 años en corredores viales por conservación es la utilización de la estabilización química y dentro de ésta la tecnología Proes, para estos tipos de pavimentos básicos o corredores económicos, puesto que tiene como resultados beneficios económicos, estructurales, amigables tanto en el aspecto social como medioambiental.

Los suelos tratados mantienen un comportamiento estable, flexible, controladas las variaciones volumétricas producidas por el agua, con alta capacidad de soporte y expansión nula: CBR > 100 %, módulo elástico hasta 2000 MPa y resistencia a la compresión no confinada hasta 5 MPa y, sobre todo, con buena transitabilidad los 365 días del año, bajo todas las condiciones climáticas.

Palabras clave: Niveles de servicio, soluciones básicas, pavimentos económicos, capacidad de soporte, módulo elástico, resistencia a la compresión no confinada.

ABSTRACT

The purpose of the intervention of a road corridor through the Conservation for Service Levels in our country is to find tracks in a permanent good state for the user.

As professionals who search integration in your country, through the development of zones of extreme poverty, great economic potential of income without exploitation, connexion of internal and external markets for building a more competitive country, it is easy to understand the elevated cost that represents not timely intervention in a road to ensure the permanent use of it, cost that means recover of existing tracks with expensive materials, fuel cost with long distances of quarry, etc. For this, a better alternative for solutions or investment of 5 to 10 years in corridors for conservation is the use of chemical stabilization through Proes technology in this types of basic pavements or economic corridors, since it has as results economical structural benefits, friendly both the social aspect as environmental,

The treated soil retains a stable, flexible behaviour, controls the volumetric variations produced by the water, with high bearing capacity and no expansion: CBR > 100 %, elastic modulus until 2000 MPa, a compressive strength unconfined until 5 MPa and also with a good transitivity for the 365 days of the year, under all types of weather.

Keywords: Service levels, basic solutions, economic pavement, bearing capacity, elastic modulus, compressive strength unconfined.

INTRODUCCIÓN

La red de carreteras nacionales y regionales de nuestro país, especialmente las carreteras transversales o de penetración, son de gran interés para el desarrollo de la economía del país y principalmente de las zonas de sierra y selva alejadas de las zonas de mayor crecimiento económico, que normalmente se concentran en la costa. Es por ello que para evitar el deterioro prematuro de estas carreteras se deben contar con una estructura de pavimento adecuada o solución básica y un mantenimiento rutinario oportuno, de esta forma se soluciona los altos costos de operación, incremento del número de accidentes de tránsito y pérdida de confianza del público usuario respecto a las entidades que se encarga de la operación y mantenimiento de las carreteras.

Como solución a estos problemas el Gobierno Regional de Cusco con el apoyo de Provias Nacional, desarrolló políticas de conservación y mantenimiento por niveles de servicio de su Red Vial regional, de esta manera se interviene la carretera en forma oportuna y metódica mediante actividades de conservación rutinaria, periódica, solución básica, reparaciones menores y atención de emergencias viales.

“Las soluciones básicas tienen por finalidad mejorar la vida útil y el nivel de servicio de la capa de rodadura de las carreteras, que sufren rápido deterioro por efecto de tránsito y el clima, por esto se realiza un mejoramiento de la vida útil, que significa incrementar el periodo de diseño de 5 años (afirmado) a 10 años (solución básica) y la posibilidad de programar las actividades de mantenimiento periódico en tiempos previsible, lo que no ocurre actualmente con las capas de afirmado convencional” ⁽¹⁸⁾.

“Las soluciones básicas son intervenciones que implican una mayor inversión inicial por la incorporación de un estabilizador al material conformante de la capa de rodadura con el empleo de equipos convencionales, sobre la cual podría colocarse además un recubrimiento bituminoso(...)” ⁽¹⁸⁾. Estas soluciones básicas deben cumplir el requerimiento técnico principal como el número estructural de **SN=0.87**, aprobada por el Gobierno Regional de Cusco y supervisión.

Es así que de 524 Km de longitud total de la Red Vial N°3 – Cusco, 480 Km corresponde a una intervención mediante solución básica y de estos 267.94 km de carretera se trabajó con la tecnología Proes mediante la estabilización química.

Para determinar si uno o unos aditivos al incorporarse al aditivo líquido Proes generan incrementos importantes en la resistencia y/o en la capacidad estructural, se desarrollaron diseño de mezclas de suelos con diferentes dosificaciones y diferentes canteras, aditivos, construcción del tramo de prueba, seguimiento del control estructural de la base estabilizada con la tecnología Proes y concluir con alternativas de mejora para las entidades responsables de la gestión vial para que apliquen las soluciones básicas, tanto en los proyectos de conservación y mantenimiento, como también en vías de primer nivel.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1 Planteamiento del problema

El Perú, como país en vías de desarrollo, está en proceso de potenciar su infraestructura, específicamente el área vial, donde la red de carreteras nacionales y regionales de nuestro país, especialmente las carreteras transversales o de penetración, tienen una participación muy importante en el desarrollo de la economía de las zonas de sierra y selva, alejadas de las de mayor crecimiento económico, que normalmente se concentran en la costa.

En ese sentido, en el año 2007 el Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte–Provias Nacional, Unidad Ejecutora del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC en adelante), responsable de la administración y operación de la Red Vial Nacional, ha desarrollado una nueva estrategia de desarrollo de infraestructura vial, denominada Proyecto Perú 1, que es un mecanismo contractual de gestión para la conservación y desarrollo gradual de las carreteras donde las prestaciones se controlan por niveles de servicio, es decir, que la carretera se

encuentre en buen estado, confort y transitabilidad para todos los usuarios, a un costo determinado y a riesgo del contratista.

“El Proyecto Perú, es una estrategia para desarrollar económicamente al país a través de la recuperación y puesta en valor de la actual Red Vial, buscando lograr la integración total del territorio patrio” ⁽¹⁶⁾.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los buenos resultados del Proyecto Perú, el MTC, en trabajo coordinado con los gobiernos regionales y locales, está gestionando estos proyectos de conservación donde se debe intervenir grandes corredores viales (logísticos) que estén en el orden de 150-500 km de longitud, “(...) los cuales deben unir mínimo 02 departamentos, o una frontera con un destino de importancia (en la práctica se tienen carreteras que une 4 departamentos)” ⁽¹⁶⁾.

Es así que el año 2012 el Gobierno Regional de Cusco envió a concurso público la contratación del “Servicio de Gestión Vial por Niveles de Servicio de la Red N° 3 del Proyecto de Redes Viales Regionales Integrando el Cusco” para unir 16 centros poblados, dentro de ellas a 3 importantes ciudades desde Calca, Quillabamba hasta Kimbiri de las provincias de Calca y La Convención, con una extensión de 524 km de carretera que permite la conexión con pueblos importantes de la sierra (4568 msnm) y selva central (605 msnm) de los departamentos de Cusco y Ayacucho. Con el único objetivo de mejorar la transitabilidad de estas carreteras de penetración para el transporte de los pobladores y carga, con esto se reduce los costos vehiculares, distancias y tiempos de viaje a favor de los pobladores.

De esta forma se busca mantener esta vía regional con una adecuada serviciabilidad, interviniendo en forma oportuna y metódicamente mediante las actividades de conservación rutinaria, conservación periódica-solución básica, reparaciones menores y atención de emergencias viales.

Los términos de referencia (TdR), dentro de los cuales se establecen los requerimientos contractuales, técnicos y operativos de un contrato, especifican para la conservación periódica. La solución básica, que consiste en la “colocación de material granular, el cual deberá ser estabilizado con emulsión asfáltica. El número estructural (SN) de esta capa no debe ser menor de 0.87. Como protección superficial se colocará un mortero asfáltico modificado con polímero (e = 1cm);

estos trabajos se ejecutarán en todo el ancho de la calzada...”; sin embargo, los mismos TdR en forma alternativa indican que “...el contratista podrá proponer una solución distinta a la planteada en los presentes Términos de Referencia, debiendo dicha solución contar con la aprobación de la supervisión y la entidad y cumplir con el número estructural (SN) mínimo de 0.87, técnicamente sustentada asimismo deberá garantizar el cumplimiento de los Niveles de Servicio”.

El Consorcio Peruano de Conservación, constructora que se adjudicó el contrato, determinó el cambio de solución básica (de una base estabilizada con emulsión asfáltica por la de una base estabilizada químicamente con la tecnología Proes).

La tecnología Proes consiste en la estabilización química de suelos, con baja capacidad de soporte e inestables, que formen parte de la estructura de un pavimento, potenciando así su disminución de la permeabilidad e incrementando su capacidad de soporte, manteniendo un comportamiento flexible y estable. Esta tecnología utiliza un aditivo sólido y un aditivo líquido que actúan directamente sobre la parte fina y plástica de los suelos de comportamiento inestable.

Inicialmente en la Red Vial n.º 3 de Cusco se comenzó a trabajar con bases granulares—chancadas y con base estabilizada con la tecnología Proes, dentro de esta última, con un aditivo sólido (cemento portland) y aditivo líquido Proes 100, que en función de los suelos, distancias de canteras y dosis utilizadas, satisfacen el requerimiento estructural de los TdR señalado en los párrafos anteriores.

Sin embargo, el objetivo de esta tesis es incorporar nuevas tecnologías como mejora para este tipo de pavimentos económicos, dar a conocer nuevos aditivos sólidos que sirven como aglomerante en la tecnología Proes, dentro de esta tenemos los aditivos sólidos (Rocatech 70/30 y Rocatech 50/50), donde el parámetro de comparación será el control estructural que tiene el aditivo sólido (cemento portland).

1.1.2 Formulación del problema

Como consecuencia de los argumentos presentados que anteceden a estas líneas, se desarrolla un estudio que modifique el aglomerante (aditivo sólido) por otro para la utilización en la tecnología Proes y que, asegurando el requerimiento estructural, genere beneficios sociales, económicos al proyecto y a la población. El problema de la investigación queda planteado de la siguiente manera:

1.1.2.1 Problema general

- ✓ ¿La utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la tecnología Proes cumpla con el nivel estructural requerido?

1.1.2.2 Problemas específicos

- ✓ ¿Qué coeficiente estructural es el adecuado en la utilización de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y la tecnología Proes para que cumpla con el $SN = 0.87$?
- ✓ ¿El uso del aditivo sólido Rocatech 70/30 como aglomerante en una base estabilizada con la tecnología Proes genera un beneficio económico y asegura el requerimiento estructural?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- ✓ Demostrar que la utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la tecnología Proes cumpla con el nivel estructural requerido.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el coeficiente estructural adecuado para que en la utilización de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y la tecnología Proes cumpla con el $SN = 0.87$.
- ✓ Determinar si el uso de Rocatech 70/30 en una base estabilizada con la tecnología Proes genera un beneficio económico y asegura el requerimiento estructural.

1.3 JUSTIFICACIÓN Y FACTIBILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Justificación de la investigación

La investigación se ejecutó para demostrar la utilización del aditivo sólido Rocatech (mezcla de 70 % de cemento Mishky y 30 % de Puzolana Carpetek) como aglomerante para la tecnología Proes frente a la estabilización química de suelos y permitir generar estructuras con incremento importante en la capacidad de soporte (CBR), proporcionar estabilidad a suelos inestables, disminuir su permeabilidad y mantener un comportamiento flexible de este pavimento económico. Asimismo, para dar a conocer a los expertos en la materia los estabilizadores químicos como solución a cambio a las tradicionales.

Teniendo en consideración que el aditivo sólido cemento Portland Yura hasta ese momento cumplía de manera adecuada con los parámetros, según los TdR, según su estructura ($SN = 0.87$), según su funcionalidad para los niveles de servicio ($IRI \leq 3.5$ m/km) y según el Plan de Conservación Vial de la misma forma cumple con el $CBR \geq 100$ %, modulo elástico de la base estabilizada ≥ 370 MPa.

Sin embargo, para demostrar el uso del aditivo en mención se desarrollaron ensayos comparativos, considerando diferentes dosificaciones entre 2 aditivos sólidos: Rocatech 70/30 y Rocatech 50/50, demostrándose así que el aditivo Rocatech 70/30, como aglomerante para la tecnología Proes, sirve para incorporar el filler faltante a los finos del material de recarga y así producir la reacción química junto al aditivo líquido Proes.

1.3.2 Factibilidad de la investigación

Para realizar la investigación se contó con el área de laboratorio del Consorcio Peruano de Conservación (CPC), área de control de calidad del CPC y Proes Tech, área de Ingeniería del CPC y Proes Tech.

1.4 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.4.1 Hipótesis general

- ✓ La utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la tecnología Proes cumpla con el nivel estructural requerido.

1.4.2 Hipótesis específicas

- ✓ El coeficiente estructural adecuado para que en la utilización de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y la tecnología Proes cumpla con el SN = 0.87, es 0.20/pulg o su equivalente 0.079/cm.
- ✓ El uso de Rocatech 70/30 en una base estabilizada con la tecnología Proes genera un beneficio económico y además asegura el requerimiento estructural.

1.4.3 Variables, operacionalización

Variables	Tipo de Variable	Conceptualización	Dimensiones	Categorías	Indicador	Subindicadores
Funcionalidad del aditivo sólido en la base estabilizada con tecnología Proes	VD	Mejora económica y estructural de suelos por estabilización química con tecnología Proes	Aditivo sólido - Rocatech 70/30 Cemento Aditivo Líquido - Proes 100	Nivel Estructural	Ensayos control de calidad	CBR en laboratorio de suelo estabilizado con aditivos CBR in situ (PDC) de suelos estabilizados con aditivos
					Deflexión	Operación y medición con LWD
					Módulo elástico	Retrocálculo de Módulo elástico de la Base Proes LWDmod
Requerimiento Estructural	VI	Parámetro para el cumplimiento del mejoramiento en las propiedades del suelo	Número estructural	Coeficiente estructural	Ensayos de laboratorio	Granulometría Límites Abrasión Proctor CBR natural CBR aditivos
					Capacidad de soporte del suelo CBR	Laboratorio in situ Nomograma Aashto - 93
					Estabilidad Marshall	Laboratorio Nomograma Aashto - 93
					Resistencia a la compresión no confinada (UCS)	Laboratorio Nomograma Aashto - 93

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- A. El artículo científico de Rodríguez (1), que tiene como título “Pavimentos económicos sobre vías afirmadas experiencia peruana”, cuyo objetivo fue generar un estudio de las experiencias de la pavimentación de vías afirmadas o no pavimentadas, aplicando una solución económica de pavimentación de diseño propio sobre una vía de la sierra nacional. El artículo presenta como resultado básicamente la solución propuesta se compone de cambiar la superficie afirmada inicial por una base estabilizada con emulsión asfáltica más una superficie bituminosa final. El artículo tiene las siguientes conclusiones:
1. Con estas soluciones se logra el objetivo principal que es asegurar la transitabilidad de la vía.
 2. Estas intervenciones constituyen el primer paso de mejora de estas vías que a futuro con los incrementos vehiculares y con mayores recursos pueden irse planteando otras intervenciones.

- B. En el artículo científico de Camacho (2), que tiene como título, “Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado” cuyo objetivo es analizar especímenes de arcilla sometidos a diferentes períodos de curado natural y simultáneamente mediante curado artificial acelerado, obteniendo una relación entre el tiempo de curado natural y el tiempo equivalente de curado acelerado dependiendo del tipo de material estudiado. Para obtener resultados se llevaron a cabo ensayos de plasticidad de muestras estabilizadas con aceite sulfonado, sometidas a diferentes periodos de curado tanto en condiciones naturales como en una cámara de envejecimiento acelerado. El artículo concluye con la evidencia de cierta tendencia a la disminución de la plasticidad en la arcilla estabilizada con aceite sulfonado cuando está sometida a un proceso de curado bajo condiciones ambientales que permitan la reacción electroquímica.
- C. Murillo (3) realizó la investigación: “Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño”, en el Facultad de Ingeniería de la Universidad de Cuenca-Ecuador, el año 2010. Luego de estudiar la estabilización de bases granulares con adición del 7% de cemento a materiales procedentes de cantera, llega a las siguientes conclusiones:
1. Los valores del CBR se incrementan al adicionar cemento al mismo material, dicho incremento va desde el 159% hasta el 400%.
 2. Los valores del índice de plasticidad disminuyen al agregar cemento a la muestra obteniéndose los valores que se dan en la tabla:

INDICE DE PLASTICIDAD		
MUESTRA	NATURAL	ESTABILIZADO
1	3,2	0,7
2	3,4	2,7
3	2,5	1,8
4	8,7	8,6
5	4,9	4,5
6	3,0	3,0
7	5,3	4,7

3. A pesar de considerarse que la base estabilizada con cemento, tiene un mejor comportamiento desde el punto de vista estructural, dándose una menor deformabilidad, mayor resistencia, menor permeabilidad, con lo que se reducen los efectos del bombeo en el pavimento que es una de las causas para el fracaso de la estructura. Sin embargo en base al análisis económico que se presentan en las distintas alternativas de diseño, la alternativa de base sin estabilizar, resulta ser la menos costosa, existiendo una diferencia del 6.7% en costo, entre el diseño de ésta y la que utiliza base estabilizada con cemento.

D. El trabajo de Zavala (4) sobre las soluciones básicas en carreteras no pavimentadas en Perú describe los resultados de la experiencia desarrollada por el MTC utilizando diferentes alternativas para los deterioros comunes en los afirmados, mediante soluciones básicas basadas en la aplicación de diversos estabilizadores para su utilización con suelos que predominan en las tres regiones naturales del Perú, donde no existen o son muy costosos los materiales granulares, con el objeto de recomendar y apoyar las aplicaciones de estas soluciones en las carreteras de las Redes Viales Nacional, Departamental y Vecinal del país. Asegurando que los suelos predominantes de la selva que no son considerados por las metodologías convencionales: arcillas, arcillas arenosas y arenas predominantemente finas, después de tener gran cantidad de ensayos con diferentes estabilizadores químicos existe una variación del CBR considerable en las mezclas de materiales limo-arcilloso y arena fina utilizando el estabilizador químico Proes, que comparado con 6 estabilizadores obtiene el mejor resultado el incremento de la capacidad de soporte.

E. Soza y Bustamante (5) realizaron la investigación: “Estudio de alternativa para la estabilización de suelos con material existente en el camino El Boquete-Santa Ana”, en el Sistema de Estudios de Post Grado de la Facultad Tecnológica de la Construcción de la Universidad Nacional de Ingeniería – Nicaragua, el año 2003. Después de evaluar desde el punto de vista técnico y económico las alternativas de diseño mediante la estabilización química con Cemento Portland, Cal Hidratada y Químico Polimérico Base 2000, llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Basado en los datos obtenidos en los ensayos de proctor estándar, CBR y resistencia a la compresión, efectuados a los especímenes preparados con cada uno de los estabilizantes utilizados, se concluye que la estabilización con cemento logra mayores valores de resistencia, en comparación con la cal; quedando ésta en un segundo plano, debido a que para los contenidos de cal ensayados se alcanzaron menores resistencias.
 2. La resistencia alcanzada en el suelo estabilizado con el químico polimérico es ligeramente mayor que la resistencia del suelo natural, aunque por debajo del requisito establecido en el manual técnico; por lo cual este último estabilizante no es aplicable a este tipo de suelo.
 3. Del análisis estructural realizado para la estabilización tanto con cemento como con cal; se determinó que los espesores son de 35 cm. y 55 cm. respectivamente; los cuales satisfacen las condiciones de esfuerzos de tracción en la capa inferior, siendo estos menores que los admisibles.
 4. Haciendo comparaciones entre los costos estimados de construcción, que considera las actividades de escarificación, mezclado, conformación y compactación (no incluyendo obras de drenaje); en la estabilización con cemento y cal; para los espesores resultantes en el análisis estructural, se determina que la diferencia de costo del suelo-cemento con respecto al suelo-cal es del 27.92 %, teniendo el suelo-cemento el menor costo. Aunque el precio unitario de la estabilización con cal es menor, su costo total es mayor debido al espesor considerado; lo cual la convierte en una alternativa desfavorable.
 5. Adicionalmente se establece que con la estabilización del suelo existente con cemento, se logra incrementar el valor soporte del mismo, obteniéndose un mejor comportamiento físico mecánico, que permite una adecuada transitabilidad, reduciendo los costos de mantenimiento y la explotación de los materiales de bancos.
- F. Ravines (6) realizó la investigación: “Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras”, en el departamento de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, el año 2010. Luego de evaluar el nuevo producto en el mercado Perma Zyme, el autor obtuvo las siguientes conclusiones:

1. Aumento del valor soporte relativo y de la resistencia. Se confirma una mejoría en los resultados de las pruebas CBR, con un aumento en los resultados de las pruebas de hasta el 200 % en el material con aditivo con respecto al material sin aditivo.
2. Los mejores resultados se dieron en aquellas probetas en la cuales se trabajó con la mayor concentración de aditivo y con la condición de 72 horas de secado antes de colocarlas en la poza de curado.
3. Existe la tendencia a la disminución del hinchamiento. Mayor reducción en aquellas probetas a las cuales se dejó el aditivo actuar 72 horas antes de ponerlas en la cámara de curado.

G. Zuluaga (7) realizó la investigación: “El uso de la cal en la estabilización de suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles). Un caso particular”, en la Especialización en Vías y Transporte de la Universidad Nacional de Colombia, en el año 2005. Después de estabilizar el suelo de origen volcánico utilizando cal como aditivo estabilizador en diferentes dosificaciones: 2 %, 5 % y 10 % de la MDS, el autor obtuvo las siguientes conclusiones:

1. El tipo de suelo con el que se llevó a cabo la investigación, de acuerdo con la clasificación SUCS es un MH (suelo tipo andosol), limo de alta compresibilidad; por lo que es un suelo susceptible a los cambios volumétricos ante variaciones de humedad, notándose esto en los resultados del límite líquido del suelo.
2. Analizando los resultados de los ensayos, se puede deducir que para suelos derivados de cenizas volcánicas la cal como estabilizante a nivel de laboratorio proporciona un mejoramiento de las condiciones físicas y mecánicas del suelo. Es importante anotar el aumento en la resistencia del suelo con adición de cal a los 14 días de curado.

Porcentaje de Cal	CBR
2 %	10.40 %
5 %	17.30 %
10 %	25.30 %

3. La cal como estabilizante incrementó el CBR de 4.4% en su estado natural, hasta un CBR de 46.4% para una dosificación del 10% a 28 días de curado.

- H. Melendres (8) realizó la investigación. “Estabilización química con cal viva para carreteras con suelos arcilloso”, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, en el año 2007. Luego de estudiar el mecanismo de estabilización producido por la cal viva en suelos arcillosos de la carretera Aguaitia-Pucallpa, llega a las siguientes conclusiones:
1. La tendencia del CBR para suelos estabilizados con cal es creciente y se satisface el requerimiento de capacidad portante para porcentajes mayores a 4% para la mayoría de suelos estudiados, las propiedades de estos se muestran en una carta de plasticidad de suelos a los que se les aplico la estabilización.
 2. El índice de plasticidad es mejorado notablemente en suelos arcillosos hasta un porcentaje de 4%, para porcentajes mayores el IP muestra un comportamiento no tan sensible al aumento de porcentaje de cal.
 3. Este análisis comparativo realizado tiene la intención de presentar un factor más de decisión para futuros proyectos en los cuales ya se tendrá como base los tipos de suelos estabilizados, y comparar con el estudio de suelos de cualquier proyecto a ejecutarse, puesto que es limitante el tamaño de la muestra tomada para toda la región.
 4. Definitivamente a este tipo de investigaciones, se le puede aplicar un seguimiento al desempeño del pavimento en el tiempo, con fines de verificar el aumento de rigidez de la capa cementante mediante métodos deflectométricos y mediante retrocálculo encontrar en módulo resiliente para diferentes etapas y estados climáticos de tal forma que para la segunda etapa de los proyectos se hable ya de un módulo resiliente efectivo. También se podrá calibrar mediante un seguimiento los modelos de falla y comprobar la eficiencia del diseño realizado.
- I. Martinez (9) realizó la investigación. “Correlación de la fallas en pavimentos respecto a la estabilización de los suelos en las capas de base y sub base”, en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Veracruzana, en el año 2011. Luego de estudiar algunas fallas presentadas en la superficie del pavimento y la estabilización en las capas de base y sub-base, trató de buscar una solución práctica y económica. La investigación tiene las siguientes conclusiones:

1. Se puede decir que el uso del cemento es mucho más efectivo que la cal pero con la diferencia de costos que hay entre estos dos materiales, ya que el cemento tiene un costo más elevado que la cal. El uso de estos estabilizantes garantiza que el pavimento sea más resistente a las cargas vehiculares y evitar las apariciones de fallas.
2. Las fallas que tienen los pavimentos se deben a que no hay una correcta compactación en las capas de base y subbase, en este caso el material utilizado fue un material para base hidráulico proveniente de la carretera Cardel – Xalapa en un Banco de materiales, es decir que si se estabiliza o mejora el suelo de estas capas la vida útil del pavimento ya sea rígido o flexible tendrá más durabilidad y se gastara menos en los mantenimientos de dichos tramos carreteros, aunque en el proceso constructivo sea un poco más caro, pero no se tendrá que hacer los mantenimientos tan seguidos.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Estabilización de suelos

Si un suelo tiene buena capacidad de soporte, resistencia a los esfuerzos de corte, y si su comportamiento estructural no cambia significativamente frente a variaciones de humedad, se dice que es un suelo estable. Sin embargo, cuando se presenta un suelo que no reúne las características necesarias para trabajar directamente con él, se tendrá cuatro posibilidades:

- ✓ Utilización del suelo como de bajo aporte
- ✓ Sustitución de los suelos
- ✓ Combinación de los suelos
- ✓ Modificación de sus propiedades (estabilización)

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub base granular o base granular, para obtener

un material de mejor calidad se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.) ⁽¹⁰⁾.

La estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación ⁽¹⁰⁾.

“La estabilización se define como un proceso (...) mediante la reducción de sus susceptibilidades a la influencia del agua y a las condiciones del tránsito, cambiando considerablemente las características del mismo, produciendo un aumento en su resistencia y estabilidad a largo plazo; es decir durabilidad. Por ejemplo; para suelos arcillosos de características plásticas que tienden a sufrir cambios volumétricos debido a cambios de humedad y con baja capacidad de soporte el objetivo principal será una reducción en su índice de plasticidad, ya que un IP demasiado alto significará un alto valor de expansión y/o su opuesta contracción, a la vez una baja capacidad para soportar cargas” ⁽⁶⁾.

2.2.2 Propiedades de los suelos

La estabilización se fundamenta en el mejoramiento de las propiedades de los suelos como: Estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, durabilidad y compresibilidad.

A. Estabilidad volumétrica

La estabilidad volumétrica se ve reflejada mediante la expansión y contracción de suelos, relacionados a los cambios de humedad, esto se presenta en forma rápida originando en muchos casos el levantamiento del pavimento (si son suelos expansivos), acompañado de las variaciones estacionales o con las actividades de obra ⁽¹¹⁾.

Por lo tanto, si las expansiones que se desarrollan debido a un incremento de humedad no se controlan en alguna forma, estas

presiones pueden ocasionar graves deformaciones y rupturas en el pavimento y en general, en cualquier obra. Es por ello que resulta necesario detectar los suelos expansivos, su composición y el tratamiento más adecuado ⁽¹¹⁾.

Para el desarrollo de esta propiedad nos enfocaremos en los suelos arcillosos; los cuales tienen la capacidad de expansión o de contracción dependiendo de su contenido de humedad. En un suelo de estas características la finalidad principal es modificar esa masa de arcilla expansiva transformándola a una masa completamente rígida o en una masa granulada pero con una capacidad de expansión mínima donde las partículas estén lo suficientemente ligadas para resistir la presión expansiva interna de la arcilla. Esto generalmente se logra con la aplicación de tratamientos químicos o térmicos ⁽⁶⁾.

B. Resistencia

La resistencia de los suelos, con algunas excepciones, es en general más baja cuanto mayor sea su contenido de humedad ⁽¹¹⁾.

Los suelos arcillosos al secarse, alcanzan grandes resistencias teniéndose inclusive la condición más alta de resistencia cuando se calientan a temperaturas muy elevadas como suceden en la fabricación de tabiques y ladrillos. Existen casos en donde la disminución de la humedad puede significar reducción en la resistencia, pues se han presentado casos de deslizamientos de tierra provocados por arcillas que se secaron y se agrietaron, provocando con ellos que el comportamiento del material sea el de un suelo friccionante que puede tener menor resistencia que se considera como cohesivo a humedades mayores. La acción abrasiva del tránsito, por ejemplo, puede hacer que un material cohesivo se pulverice y pierda su cohesión ⁽¹¹⁾.

Por otro lado, dependiendo de la humedad y energía de compactación, se pueden lograr diferentes características de resistencia en un suelo arcilloso, ya que un suelo de éstos compactado del lado seco en la curva de compactación presenta, con la humedad de compactación, un

comportamiento relativamente elástico y con una resistencia relativamente alta; mientras que este mismo suelo compactado con una alta humedad, no obstante que su peso volumétrico seco sea alto, presentaría resistencias bajas y comportamiento plástico viscoso: este efecto se debe en general, a que una alta humedad produce en una arcilla efectos de repulsión entre sus partículas, propiciando con ello que la cohesión sea menor que en el caso de emplear humedades de compactación bajas ⁽¹¹⁾.

“Resulta evidente que los procedimientos que sirvan para mantener a un suelo sin que se produzcan cambios volumétricos, son también adecuados para mantener la resistencia en el suelo (...)” ⁽¹¹⁾. Para mejorar esta propiedad se suele usar algunos procedimientos para lograr una mayor resistencia o incrementar el peso volumétrico:

- ✓ Compactación (mediante amasado, vibración o impactos)
- ✓ Drenaje (para reducir la cantidad y/o presión de agua en los poros de los suelos)
- ✓ Estabilización mecánica con combinación de otros suelos
- ✓ Estabilización química con aditivos (cemento, cal, etc)

C. Permeabilidad

“En los suelos la permeabilidad se plantea, en términos generales, en dos problemas básicos, como son el relacionado con la disipación de las presiones de poros y el relacionado con el flujo del agua a través del suelo. El tener presiones de poros elevadas puede originar deslizamientos en explanaciones y el flujo de agua a través del suelo puede originar tubificaciones y arrastres” ⁽¹¹⁾.

“Capacidad que tiene un medio de transmitir agua (u otra sustancia); el medio es permeable cuando éste deja pasar a través de él una cantidad significativa de fluido, y es impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. El suelo se puede definir como permeable pues presenta poros; en este caso son los espacios vacíos que le permiten absorber el agua; a su vez estos espacios vacíos están interconectados de tal forma

que dispone de caminos por los que el agua puede pasar fácilmente; si no ocurre esto, es decir, la cantidad de espacios vacíos es mínima; entonces el suelo será impermeable o de baja permeabilidad” (6).

“La permeabilidad también se ve afectada por la textura y la estructura del suelo; las que a su vez dependerán del número y del tamaño de los poros del suelo” (6).

Tabla 1. Permeabilidad según la textura del suelo (6).

Suelo	Textura	Permeabilidad
Suelos Arcillosos	Fina	De muy lenta a muy rápida
Suelos Limosos	Moderadamente Fina	
	Moderadamente Gruesa	
Suelos Arenosos	Gruesa	

Tabla 2. Permeabilidad según la estructura del suelo (6).

Suelo	Textura	Permeabilidad
Laminar	Gran traslapo	De muy lenta a muy rápida
	Ligero traslapo	
En bloque		
Prismática		
Granular		

Por lo tanto; al tener estos tipos de suelos "obligatoriamente hablaremos en este trabajo sobre los factores químicos, debido a que tienen una influencia directa en la permeabilidad, ya que la estructura del suelo se ve influenciada por la naturaleza y por la cantidad de iones presentes, en este caso hablaremos de aquellos elementos que participan directa o indirectamente en las actividades químicas. Por ejemplo: dependiendo de qué tipos de aditivos se agrega al suelo, éstas alterarán la estructura del suelo, pudiendo aumentar o disminuir la permeabilidad” (6).

D. Durabilidad

Una condición muy deseable en los suelos estabilizados es esta propiedad que se relaciona con la resistencia al intemperismo, erosión y abrasión al desgaste del tráfico, generalmente los problemas de durabilidad están asociados a los suelos cercanos de la superficie de

rodamiento. Una de las maneras de mejorarla es la adición de químicos, dependiendo del tipo de suelo.

Estos problemas pueden afectar tanto a los suelos naturales como a los estabilizados, si bien en estos últimos los peores comportamientos suelen ser consecuencia de diseños inadecuados, tales como una mala elección del agente estabilizador o un serio error en su uso ⁽¹¹⁾.

Una deficiencia importante en los estudios de estabilizaciones es la carencia de pruebas adecuadas para estudiar la durabilidad. La durabilidad es pues uno de los factores más difíciles de cuantificar y la reacción común ha sido la de sobre-diseñar la cual a veces no puede ser lo correcto ⁽¹²⁾.

E. Compresibilidad

“Es el grado en que la masa del suelo disminuye su volumen bajo el efecto de una carga (...)” ⁽⁶⁾. Esta propiedad es importante, pues modifica la permeabilidad, también altera la magnitud y el sentido de las fuerzas existentes entre las partículas, modificando la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y se provocan deslizamientos.

En los suelos de textura gruesa (gravas y arenas), la compresibilidad será mínima, pues sus partículas están en contacto. Sin embargo, en los suelos de grano fino (arcillas y limos), comprime la masa húmeda, gran parte de la humedad y el aire presentes se elimina y se produce una reducción en su volumen.

En el caso de arcillas saturadas, si no se permite el drenaje y se aplican esfuerzos, éstos serán tomados por el agua. En el momento en que se permita el drenaje, los esfuerzos son transmitidos gradualmente al esqueleto o estructura del suelo; este proceso produce una compresión gradual de dicha estructura, fenómeno conocido como consolidación ⁽¹¹⁾.

2.2.3 Tipos de estabilización suelos

Existen varios procedimientos para mejorar la condición de un suelo y someterlo a tratamiento, estos se subdividen en tres grupos:

- ✓ Estabilización mecánica
- ✓ Estabilización física
- ✓ Estabilización química

2.2.3.1 Estabilización mecánica

“Con la estabilización mecánica de suelos se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo” ⁽⁶⁾, y se logra aumentar la resistencia al corte.

Al compactar el suelo se obtiene:

- ✓ “Mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo.
- ✓ Mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales por lo tanto inestabilidad de la estructura.
- ✓ Disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y dilatación del suelo y por último ocasionará una disminución de los asentamientos” ⁽⁶⁾.

Para asegurar una buena compactación, deben realizarse pruebas de terreno, y controles de calidad para definir qué equipo será el mejor para el tipo de material, el espesor de capas, el número de pasadas para cumplir con todas las especificaciones técnicas de densidad seca de cada material.

Los elementos que intervienen en la compactación de suelos son:

- ✓ Características físicas de los suelos.
- ✓ El equipo de compactación.

- ✓ La forma de empleo del equipo seleccionado para el tipo de suelo en particular.
- ✓ Equipos de medición para los controles de calidad y asegurar el requerimiento solicitado establecidos en los TdR o Plan de Gestión Vial.

“Entre los procedimientos de estabilización mecánica tenemos” ⁽⁶⁾:

- ✓ **Amasado:** Los equipos están constituidos básicamente por rodillos de pata de cabra, donde la compactación se realiza de abajo hacia arriba, originando una mayor presión en el lecho inferior. Se utilizan para suelos finos (cohesivos).
- ✓ **Impactos de carga:** Se utilizan pisones los cuales combinan el impacto, la vibración y el mezclado; son perfectas para áreas confinadas y se utilizan para compactar suelos finos.
- ✓ **Presión estática:** Con rodillos lisos y neumáticos que combinan utilizan la acción de amasado con el peso estático.
- ✓ **Vibración:** Se usan los rodillos vibratorios para ayudar al reacomodo de las partículas.
- ✓ **Métodos mixtos:** Es la combinación de los anteriores procedimientos.

2.2.3.2 Estabilización física

Existen muchos métodos para mejorar el suelo produciendo cambios físicos en el mismo, entre éstos tenemos:

- ✓ **Combinación o mezcla de suelos:** La estabilización considera la combinación o mezcla de materiales del suelo existente con materiales de préstamo (canteras). “Por ejemplo, los suelos de grano grueso, como las gravas-arenas limpias tienen una alta fricción interna que les permite soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser pavimento de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino. Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad.

La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas” ⁽⁷⁾, después del mezclado se conforma y compacta de acuerdo a la densidad y espesor requerido.

- ✓ **Sustitución de suelos:** De uso frecuente para la capa de subrasante (suelo natural existente) donde por factores de baja capacidad de soporte, materiales inadecuados o contaminados y con muy poco aporte para el pavimento, se realiza una remoción de suelo existente y se adiciona un material de características buenas para la exigencia del pavimento, la carga para lo cual estará solicitada y que esté contemplado dentro del manual de carreteras vigente.

Tabla 3. Espesores recomendados para estabilización por sustitución de suelos $3\% \leq \text{CBR} \leq 6\%$ ⁽¹⁰⁾.

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (cm)
0	25 000	25.0
25 001	75 000	30.0
75 001	150 000	30.0
150 001	300 000	35.0
300 001	500 000	40.0
500 001	750 000	40.0
750 001	1 000 000	45.0
1 000 001	1 500 000	55.0
1 500 001	3 000 000	55.0
3 000 001	5 000 000	60.0
5 000 001	7 500 000	60.0
7 500 001	10 000 000	65.0
10 000 001	12 500 000	65.0
12 000 001	15 000 000	65.0
15 000 001	20 000 000	70.0
20 000 001	25 000 000	75.0
25 000 001	30 000 000	75.0

- ✓ **Geosintéticos:** “A diferencia de los suelos, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos. La experiencia de los geosintéticos frente a los agentes agresivos y respecto a su resistencia

mecánica ha permitido la diversificación funcional de los geosintéticos; así tenemos, que la función drenante y anticontaminante es la misión específica de los geotextiles; la función específica de armado o refuerzo del terreno (o de la explanada) o de los pavimentos, está en el ámbito de las geomallas; y, la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas” ⁽¹⁰⁾.

Las funciones de separación y filtro de los geotextiles y la función de refuerzo de las geomallas se pueden combinar para proporcionar una estabilización mecánica de los suelos de subrasante inadecuada. Las geomallas también pueden utilizarse para reforzar la capa de base de un pavimento flexible, ya que nos permite mejorar el valor soporte y así mejorar el comportamiento de la estructura del pavimento y los geotextiles se pueden colocar en la interface de subbase-base a: (i) para permitir el drenaje de la subbase, cuando se evidencie un mal drenaje, por ejemplo por la utilización de una base densa o cerrada; y / o (ii) para permitir el rápido drenaje de la capa de base ⁽¹⁰⁾.

- ✓ **Vibroflotación:** Aplicable en arenas o suelos con alta permeabilidad y consiste en la inserción de un dispositivo vibratorio, capaz de aplicar un chiflón de agua simultáneamente con el vibrado, de tal manera que se produce la licuación de la arena logrando su compactación ⁽¹³⁾.

2.2.3.3 Estabilización química

Se refiere principalmente a la adición de agentes estabilizantes químicos específicos; comúnmente se usa cal, asfalto, cemento portland, entre otros. Con esta tecnología de estabilización se busca generar una reacción química del suelo con el estabilizante para lograr la modificación de las características y propiedades del suelo; y así darle mayor capacidad de respuesta a los requerimientos de carga dinámica a los que estará sometido:

A. Estabilización con cal

El suelo-cal se obtiene por mezcla íntima de suelo, cal y agua. Podemos utilizar la cal en tres “tipos” distintos: cal viva (óxido de calcio-CaO; obtenido por calcinación de materiales calizos), cal hidratada (hidróxido

de calcio- Ca(OH)_2 , se obtiene cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua) o una lechada de cal (es la suspensión de cal hidratada en agua, que puede elaborarse a partir de cal hidratada o cal viva). La cal hidratada es la que reacciona con las partículas arcillosas y las transforma permanentemente en una fuerte matriz cementante ⁽¹⁵⁾.

Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo es el de cambiar apreciablemente su plasticidad. Por ejemplo suelos de plasticidad $\text{IP} < 15$, aumentan tanto el LL como el LP, y también muy ligeramente su IP; en cambio, en los suelos de plasticidad con $\text{IP} > 15$ disminuye el IP ⁽¹⁰⁾.

También aumenta la humedad óptima de compactación, lo que permite la densificación de suelos de elevada humedad natural, que de otro modo no permitirían la construcción de la capa de rodadura sobre ellos. Es frecuente que la mezcla se realice en dos fases, con un período intermedio de reacción de 1-2 días. La aplicación más usual de las estabilizaciones con cal es en subrasantes y como capa de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o con canteras de materiales granulares lejanos ⁽¹⁰⁾.

La National Lime Association resume las propiedades que se obtienen después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

- ✓ "Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y a un incremento del límite plástico.
- ✓ Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas.
- ✓ Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).
- ✓ La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
- ✓ Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.
- ✓ Incremento de la resistencia a la compresión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.

- ✓ Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
- ✓ Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
- ✓ Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia o el ascenso capilar de aguas subterráneas” ⁽¹⁵⁾.

Se debe tener presente, el “problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cal, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cal” ⁽¹⁰⁾.

B. Estabilización con cemento

“El material llamado suelo - cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una compactación y un curado adecuados. De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente (...)” ⁽¹⁰⁾.

“El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo próctor como en la compactación de suelos. Las propiedades del suelo-cemento dependen de” ⁽¹⁰⁾:

- ✓ Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- ✓ Ejecución.
- ✓ Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. Al añadir cemento a un suelo y antes de iniciarse el fraguado, su IP disminuye, su LL varía ligeramente y su densidad máxima y humedad-óptima aumenta o disminuyen ligeramente, según el tipo de suelo ⁽¹⁰⁾.

“La dosificación de cemento para suelo-cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, según lo siguiente” ⁽¹⁰⁾:

Tabla 4. Rango de cemento requerido en estabilización con cemento ⁽¹⁰⁾.

Clasificación de suelos AASHTO	Rango de cemento requerido en porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 – 5
A-1-b	5 – 8
A-2	5 – 9
A-3	7 – 11
A-4	7 – 12
A-5	8 – 13
A-6	9 – 15
A-7	10 - 16

Es conveniente que la compactación se inicie cuando la humedad *in situ* sea la prescrita y en todo caso, en menos de una hora a partir del mezclado, y se debe terminar entre 2 y 4 horas, según las condiciones atmosféricas. A nivel de subrasante, se exige un grado de compactación mínimo 95 % de la MDS del proctor modificado, según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100 % ⁽¹⁰⁾.

Debe tenerse en cuenta, el problema del posible fisuramiento de estas estabilizaciones o de bases tratadas con cemento, debido a una falta o descuido en el curado que hace perder humedad a la capa estabilizada, en el periodo previo a la colocación de la siguiente capa. Este proceso se agrava cuando la carretera se ubica en zonas calurosas; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con cemento ⁽¹⁰⁾.

C. Estabilización con productos asfálticos:

“La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad” ⁽¹⁰⁾:

- ✓ Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo para evitar deformaciones de la capa mejorada bajo la acción del tránsito ⁽¹⁰⁾.

- ✓ “En suelos cohesivos, se busca que el estabilizante aglomere las partículas de arcilla y obture los vacíos, impermeabilizando el suelo, haciéndolo menos sensible a los cambios de humedad y por tanto más estable en condiciones adversas” ⁽¹⁰⁾.

La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla N°200, LL < 30 e IP < 10 ⁽¹⁰⁾.

“El material asfáltico usualmente empleado son las emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. La mezcla se hace con frecuencia *in situ*, y la elección del ligante asfáltico dependerá de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. La granulometría puede ser abierta, cerrada con finos o cerrada sin finos, pero una mayor superficie específica exigirá un ligante de curado y rotura más lentos, para permitir una mezcla más adecuada. En zonas con temperaturas elevadas, también deberán usarse productos de curado y rotura más lentos, éstos podrán ser más viscosos” ⁽¹⁰⁾.

“Se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras” ⁽¹⁰⁾.

“Este tipo de aglutinantes puede usarse casi con cualquier tipo de material, aunque por economía se recomienda que se emplee en suelos gruesos o en materiales triturados que no presenten un alto índice de plasticidad; puede usarse también con las arcillas, pero solo le procura impermeabilidad; además, para el caso de suelos plásticos, con otros productos se logra mayor eficiencia y economías” ⁽¹⁰⁾.

“La dosificación depende de la granulometría del suelo, suelos finos requieren mayor cantidad de asfalto, así suelos plásticos muy finos no

pueden estabilizarse a un costo razonable debido a la dificultad para pulverizarlos y la cantidad de bitumen exigido. En general, la cantidad de asfalto utilizado varía entre un 4% y un 7% y en todo caso la suma de agua para compactación más el asfalto no debe exceder a la cantidad necesaria para llenar los vacíos de la mezcla compactada” ⁽¹⁰⁾.

“Se permite un periodo de curado de dos días antes de liberar al tránsito la capa estabilizada. Si con el paso de los vehículos se observan desprendimientos del agregado, suspender el tránsito y someter a una nueva compactación en horas de mayor temperatura hasta que cese el fenómeno” ⁽¹¹⁾. “El proceso de curado en la estabilización con asfalto tiene una gran importancia, depende de muchas variables, como cantidad de asfalto aplicado, humedad y viento, cantidad de lluvias y la temperatura ambiente; razón por la cual es fundamental considerar el curado de estas capas estabilizadas o tratadas con asfalto” ⁽¹⁰⁾.

D. Cloruro de sodio

El principal uso de la sal es como control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación ⁽¹⁰⁾.

La sal es un estabilizante natural, compuesto aproximadamente por 98 % de NaCl y un 2 % de arcillas y limos, cuya propiedad fundamental, al ser higroscópico, es absorber la humedad del aire y de los materiales que le rodean, reduciendo el punto de evaporación y mejorando la cohesión del suelo. Su poder coagulante conlleva a un menor esfuerzo mecánico para lograr la densificación deseada, debido al intercambio iónico entre el Sodio y los minerales componentes de la matriz fina de los materiales, produciéndose una acción cementante ⁽¹⁰⁾.

Los suelos que se usen para la construcción de Suelo-Sal deben estar limpios y no deben tener más de 3 % de su peso de materia orgánica ⁽¹⁰⁾. El índice de plasticidad del suelo debe ser mayor a 8 %, pero para la fracción de suelos que pasa la malla N°200 el requerimiento mínimo es de 12 %. No obstante, para mayores índices de plasticidad del suelo, se

permite aceptar para la fracción de suelos que pasa la malla #200, menores valores de IP hasta un límite no menor a 9 % ⁽¹⁰⁾.

“El tamaño máximo del agregado grueso que contenga el suelo no debe ser mayor de 1/3 del espesor de la capa compactada de suelo-sal. El espesor total de la capa de suelo estabilizado con sal será de 150 mm o 200 mm, según se especifique en el Proyecto. Normalmente la cantidad de sal está comprendida entre 50 y 80 kg/m³ de suelo a estabilizar. No obstante, la cantidad adecuada de sal depende de los resultados que se obtengan en el laboratorio y posterior aplicación en el tramo piloto o de prueba” ⁽¹⁰⁾.

E. Cloruro de calcio

Este producto trabaja de forma similar a la sal común, pero es preferible debido al efecto oxidante que tiene el cloruro de sodio. En todo caso, el cloruro de calcio ayuda al proceso de compactación y contribuye con la resistencia del suelo, previene el desmoronamiento de la superficie y es un paliativo del polvo. Las características higroscópicas de este producto ayudan a mantener la humedad en la superficie del camino ⁽¹⁰⁾.

La dosificación es de 1 %-2 % de cloruro de calcio en peso respecto del suelo seco. El mezclado, compactación y terminación son similares a los de la estabilización con cloruro de sodio; generalmente se aplica disuelto en agua mediante riego al comienzo de la temporada seca ⁽¹⁰⁾.

“El suelo a estabilizar deberá presentar las siguientes características” ⁽¹⁰⁾:

- ✓ Agregado grueso (1” – N° 4) de 10 – 60 %.
- ✓ Agregado fino menor que la malla N° 200 de 10 – 30 %.
- ✓ Índice plástico IP = 4 – 15 %.
- ✓ Sulfatos 001% máximo.

F. Cloruro de magnesio

“El cloruro de magnesio (MgCl) es un cloruro en forma de cristales de color blanco, más efectivo que el cloruro de calcio para incrementar la tensión superficial y producir una superficie de rodado más dura.

Químicamente, el cloruro de magnesio está constituido aproximadamente por un 10.5 % de magnesio, un 33.5 % de cloro, un 52 % de agua y un 4 % de impurezas, grasoso al tacto por su gran contenido de humedad. Para el uso vial presenta las siguientes propiedades útiles" ⁽¹⁰⁾:

- ✓ Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- ✓ Ligante: Cohesiona las partículas finas y permite consolidar la carpeta de rodado.
- ✓ Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- ✓ Baja temperatura de congelamiento: -32.8° C.
- ✓ Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

En los caminos pavimentados, el cloruro de magnesio puede utilizarse para prevenir la formación de hielo sobre la calzada ("anti-icing"), o bien para derretir hielo ya formado sobre el pavimento ("de-icing"), debido a que permite bajar el punto de congelamiento del agua e impedir la formación de hielo, a temperaturas ambientales por debajo de los -5° C. En los caminos no pavimentados, se utiliza bajo dos formas de aplicación diferentes ⁽¹⁰⁾:

- ✓ Como tratamiento supresor de polvo: el camino no pavimentado (afirmado) debe ser previamente preparado, humedecido y compactado, y estar libre de deterioro en superficie ⁽¹⁰⁾.
- ✓ Como estabilizador superficial: en este caso, se debe mezclar la parte superior de la capa de afirmado con el producto diluido en agua, en un espesor variable entre 7 y 15 cm de acuerdo al diseño efectuado ⁽¹⁰⁾.

G. Escorias de fundición

Hoy en día las escorias de acería o de otros hornos de fundición se emplean en muchas partes del mundo, como material de base y sub-base en los pavimentos, en la estabilización de sub-rasantes, en la carpeta asfáltica formando parte del ligante bituminoso. Al emplearse este

subproducto en construcción de infraestructura vial se evita explotar nuevas canteras, manteniendo el paisaje de la zona; como no requiere procesar los agregados se reduce el consumo de energía y combustibles, y se reducen las emisiones de CO₂ al ambiente ⁽¹⁰⁾.

En los suelos estabilizados con escoria y cal el porcentaje estimado en peso de cal se encuentra en 1.5-3 % y de la escoria entre 35-45 % en volumen. La utilización de grados con tamaño máximo limitado al de las arenas facilita los trabajos de mantenimiento sin desgastar prematuramente las cuchillas de motoniveladoras ni formar estrías sobre la calzada.

2.2.4 Estabilización química de suelos empleando nuevas tecnologías

Se centran en la capacidad de intercambio de las partículas de los elementos:

A) Polímeros

La palabra polímero se usa para una gran variedad de productos ofrecidos a la industria de construcción de carreteras. Algunos productos de “polímeros” tienen la misma fórmula que los jabones en polvo. Algunos simplemente lubrican el suelo para ayudar a lograr la máxima densidad cuando se compacta el suelo tratado. Ellos no tienen propiedades vinculantes del todo. Muchos de estos polímeros requieren gran contenido de arcilla y cuentan con una capa a ser tratada que tiene arcilla para proporcionar las propiedades vinculantes requeridas para una base de carreteras exitosa. Estabilización de suelos y control de polvo es una forma única de polímero entrelazados de estireno acrílico, basada en agua, económicamente efectiva, amigable al ambiente ⁽²²⁾.

Lo que distingue a los polímeros de los materiales constituidos por moléculas de tamaño normal son sus propiedades mecánicas. Los polímeros en general, tienen una muy buena resistencia mecánica ⁽⁶⁾.

La estabilización de suelos se logra al mejorar significativamente la capacidad de carga y la resistencia de todos los materiales tratados. Cada partícula es cubierta con el polímero y luego se entrelaza por la formula única de polímeros entrelazados al ser compactados formando una masa semi-rígida, flexible, resistente al agua y con capacidad de carga ⁽⁶⁾.

B) Caucho de neumáticos

El uso del caucho de los neumáticos se da cuando se requiere mayor resistencia, impermeabilizar y prolongar la vida útil de la mezcla asfáltica.

C) Estabilización iónica

Aplicada a suelos finos. El principio básico es un fuerte intercambio iónico entre el agente estabilizador con las partículas de arcilla mineral, de esta forma se desplaza el agua de adsorción ocupando el espacio iónico vacante, así se bloquea la capacidad de absorción de agua de las partículas activas del suelo responsables del hinchamiento y la pérdida de su capacidad soporte. Las partículas libres de las cargas electrostáticas que las mantenían separadas y del agua que las rodeaba se acercan y aglomeran pudiendo aumentar la capacidad de carga por fricción entre partículas y lograr una mayor densidad por compactación ⁽⁶⁾.

D) Aceite sulfonado

El aceite sulfonado cuya finalidad específica es impedir las variaciones volumétricas, “es un producto derivado de la fracción naftaleno del petróleo, sulfonado; ácido de acción corrosiva en materiales orgánicos muertos y suaves en los vivos. Es un líquido espeso de color negro con una gravedad específica de 1.15, el PH es alrededor de 1.25, su viscosidad es ligeramente menor a la del agua, soluble en ella, a la cual ioniza con extrema rapidez; en solución acuosa es de alta conductividad. Las partículas finas de arcillas y limos, debido a su composición mineralógica, tienen exceso de iones negativos (aniones), por la cual

atraen los iones positivos (cationes) del agua, haciendo que ésta se adhiera a ellas, formando el agua peculiar” ⁽¹¹⁾.

El aceite sulfonado, por su composición química, tiene un enorme potencial de intercambio iónico. Cuando se colocan pequeñas cantidades del producto en agua, activan los iones h^+ y $(\text{OH})^-$ de ella, ionizándola, la cual intercambia vigorosamente sus cargas eléctricas con las partículas del suelo, haciendo que el agua adherida a las partículas rompa su enlace electroquímico y se desprenda convirtiéndose en agua libre que drena por gravedad, evaporación y compactación. Siendo que la relación electroquímica de intercambio iónico es permanente ⁽¹¹⁾.

Es por esto que el campo de acción del aceite sulfonado son los materiales con plasticidad y los principales efectos que tiene sobre los suelos de matriz arcillosa son: reduce espacios intersticiales, reduce la permeabilidad, incrementa la sedimentación, mejora la respuesta a la compactación y aumenta la densidad del suelo. Los estudios realizados con aceites sulfonados y la evidencia obtenida mediante ensayos realizados en campo, muestran que el sistema de estabilización electroquímica es una alternativa competitiva para disminuir el potencial expansivo de los suelos arcillosos ⁽²⁾.

2.2.5 Estabilización química con la tecnología Proes

2.2.5.1 Descripción general

El sistema de pavimentación con la tecnología Proes, consiste en la estabilización química por ionización de suelos, con baja capacidad de soporte e inestables, que formen parte de la estructura de un pavimento.

La estabilización química consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo natural para cumplir con los requisitos óptimos, y posteriormente incorporar un aditivo sólido y un aditivo líquido, de acuerdo a las dosificaciones, establecidas según resultados de ensayos de laboratorio y también de acuerdo a los requerimientos que se debe cumplir en el proyecto o contrato.

Una vez tratado este material, se desarrolla un comportamiento permanente, estable ante variaciones de humedad, de baja permeabilidad y flexible que permite aumentos considerables en la capacidad estructural, aumentando en varias veces su CBR (>100 %) y su módulo elástico de hasta 2000 MPa.

Para el correcto funcionamiento del proceso es necesario que, junto con la aplicación de la tecnología Proes, se cuente con las condiciones adecuadas de humedad (no pierda la humedad óptima) y la temperatura ambiente sea mayor a 10°C por al menos 4 horas del día (para evitar el fenómeno de “latencia”, que es cuando la temperatura es menor a 8°C, la reacción química se paraliza hasta que la temperatura supere los 10°C para que el proceso de construcción y reacción de la estabilización se realice con un adecuado procedimiento en terreno, y, por sobre todo, contar con las obras de drenaje y saneamiento necesarias para la correcta evacuación de las aguas, tanto en la superficie como en la estructura del camino.

2.2.5.2 Materiales

El suelo a estabilizar químicamente corresponderá al suelo existente en la rasante actual del camino o un material mezclado o preparado para este propósito, que en términos generales debe cumplir las siguientes características ⁽²⁶⁾:

A) Granulometría

- ✓ Los siguientes tipos de suelos A-2, A-4, A-5, A-6, A-7.
- ✓ Tamaño máximo: 2”
- ✓ Pasante malla # 4 \geq 50%
- ✓ Pasante malla # 200 \geq 12% ⁽²⁶⁾.

B) Plasticidad

- ✓ Límite líquido \geq 30%
- ✓ $5 \leq IP \leq 20\%$ ⁽²⁶⁾.

C) Abrasión

- ✓ “Si los materiales a estabilizar van a conformar capas estructurales, los agregados gruesos deben tener un desgaste a la abrasión (máquina de los angeles) MTC-207 no mayor a 50%” ⁽¹⁰⁾.

Es posible estudiar otro tipo de suelos para ser estabilizados químicamente con la tecnología Proes, pero es necesario hacer nuevos estudios de dosificación para mejorar la capacidad estructural del suelo ⁽²⁶⁾.

La dosificación de los aditivos sólido y líquido utilizados en la estabilización, así como los espesores, serán definidos en el proyecto de ingeniería, una vez conocidas las características específicas del material a estabilizar ⁽²⁶⁾.

Si en caso el suelo natural disponible no cumple con las características descritas, se propone una combinación de dosificación y adición de materiales para lograr los resultados esperados ⁽²⁶⁾.

2.2.5.3 Equipos necesarios

Los equipos mínimos necesarios son:

- ✓ Motoniveladora (escarificado y acordonado, pre-mezclado suelo con aditivo sólido, mezclado de suelo con aditivo sólido y aditivo líquido, perfilado final).
- ✓ Camiones cisterna (aplicación aditivo líquido y humectación de la base). Cantidad de camiones depende de distancia de transporte y volumen de agua.
- ✓ Rodillo liso vibratorio y/o rodillo pata de cabra (compactación) para zonas de mucha arcilla ⁽²⁶⁾.

Adicionalmente, se puede utilizar:

- ✓ Camión esparcidor de aditivo sólido (esparcir aditivo sólido).
- ✓ Recicladora o pullver-mixer con camión cisterna (aplicación aditivo líquido y mezclado de los aditivos sólido y líquido con el material).
- ✓ Retroexcavadora o cargador frontal (manipulación del aditivo sólido, transportado en el formato de maxi sacos o big bags).
- ✓ Camión $\frac{3}{4}$ con estanques plástico y presión por bomba ⁽²⁶⁾.

Los rendimientos promedios están en el rango de 300 - 400 m³ por jornada de 8 horas. En el caso de utilizar recicladora se puede en el rango 900 - 1400 m³ por jornada ⁽²⁶⁾.

2.2.5.4 Procedimiento de trabajo

A) Preparación de la subrasante

Este ítem quedará definido en el proyecto de ingeniería dependiendo de las condiciones del camino. En general es que con motoniveladora se escarifique la superficie de camino que será aprovechada para la base. Este material se acordona y se procede a compactar la subrasante. Sin embargo si se trabajará por primera vez y sin recarga aún, también remover, humectar, perfilar y compactar la subrasante ⁽²⁶⁾.

Antes de colocar el material de base y después de haber dado término al movimiento de tierras, la subrasante debe ser perfilada a las cotas y pendientes indicadas en planos del proyecto ⁽²⁶⁾.



Figura 1. Preparación de la subrasante ⁽²⁶⁾.

La sobre excavación en que se incurra se absorberá con el material natural extraído de la excavación o con el material de base. Luego se procederá a compactar el sello, según lo establezca el proyecto. Después de perfilada y compactada la subrasante, debe controlarse el cumplimiento de las cotas en todos los puntos y deberá agregarse o

quitarse el material que sea necesario para llevar rasante a los niveles especificados en el plano de proyecto ⁽²⁶⁾.



Figura 2. Esparcido del material para base

B) Aplicación de aditivos y mezclado

Terminada la preparación de la subrasante a se realiza la estabilización del suelo. Con el equipo adecuado, motoniveladora, camión esparcidor, se procede a adicionar el aditivo sólido, que puede ser suministrado en bolsas o a granel, en la dosis especificada y se mezcla el suelo (con humedad natural) con el aditivo sólido y se extiende. Esta adición del aditivo sólido se puede realizar antes, siendo independiente la adición del aditivo líquido diluido en el agua de amasado ⁽²⁶⁾.



Figura 3. Aplicación aditivo sólido en bolsas



Figura 4. Aplicación aditivo sólido con camión esparcidor ⁽²⁶⁾.



Figura 5. Mezclado y batido aditivo sólido con suelo ⁽²⁶⁾.

Después de adición del aditivo sólido, en un camión cisterna, se diluye el aditivo líquido Proes en un volumen máximo determinado por el diferencial entre la humedad óptima y la humedad natural del suelo (se debe contar con equipo para medir humedad natural del material, ya sea con densímetro o speedy), más el agua estimada por pérdidas por

evaporación en la manipulación y tiempo de trabajo. El riego del suelo, su revoltura y extensión con motoniveladora se realizan simultáneamente. Es recomendable en caso de condiciones climáticas inestable, diluir el aditivo líquido en menos cantidad de agua, para asegurar el 100 % de aplicación del aditivo líquido. Si falta agua, se adiciona después ⁽²⁶⁾.



Figura 6. Adición aditivo líquido Proes ⁽²⁶⁾.



Figura 7. Mezclado aditivo líquido Proes con suelo ⁽²⁶⁾.

El mezclado de los aditivos debe ser homogéneo en toda la plataforma, respetando el espesor de diseño geométrico y ejecutado en el tiempo que se permita lograr la compactación, para la cual se dispone de 4,0 horas como máximo desde la adición del aditivo líquido Proes 100, dado por la reacción y endurecimiento de la mezcla ⁽²⁶⁾.

Es posible realizar el proceso constructivo con recicladora, este equipo tiene un tambor fresador que se introduce en la plataforma para mezclar

suelo, aditivo sólido y succiona la dilución de agua con aditivo líquido Proes 100 que se incorpora a una cisterna y éste es impulsado por la recicladora en el estabilizado.



Figura 8. Mezclado con recicladora y cisterna

C) Compactación

El equipo adecuado para la compactación es el rodillo liso vibratorio o rodillo pata de cabra (estática o dinámica). El rodillo puede trabajar después que la motoniveladora este conformando la plataforma y/o puede trabajar luego que la recicladora esté dejando suelto el material mezclado de la plataforma estabilizada. La cantidad de equipo siempre es dada por el rendimiento de los equipos de compactación ⁽²⁶⁾.

No deben compactarse espesores sueltos superiores a 25 cm, siendo necesario hacer bases compactadas por capas cuando el espesor de diseño (compacto) sea superior. En casos de espesores reducidos (menor a 15 cm) prestar especial cuidado en evitar la sobre compactación. “La compactación deberá ser igual o superior al 95 % de la MDS del proctor modificado” ⁽¹⁰⁾.



Figura 9. Compactación con rodillo vibratorio ⁽²⁶⁾.



Figura 10. Compactación luego de recicladora

2.2.5.5 Cuidado de la estabilización

Durante los cuatro primeros días de la estabilización se debe cuidar la humedad del suelo tratado (es decir que la base Proes se mantenga con el óptimo contenido de humedad), de tal forma que si se produce evaporación superficial del agua, deberá regarse ⁽²⁶⁾.

Una opción de control de la evaporación es colocar un riego de liga con emulsión lenta diluida en agua, lo que puede realizarse 24 horas después de haber terminado las faenas de estabilización. No es necesario esperar los cuatro días para hacer la imprimación ⁽²⁶⁾.

2.2.5.6 Limitaciones meteorológicas

Para realizar faenas de estabilización, es necesario que la temperatura ambiente sea mayor a 10° C por lo menos 4 horas del día durante el primer mes de curado. Esta condición de temperatura debe cumplirse para evitar el fenómeno de “latencia”, que es cuando la temperatura es menor a 8° C, la reacción química se paraliza hasta que la temperatura supere los 10° C. Se debe suspender la estabilización química cuando las condiciones climáticas predominantes en esa temporada se estimen como lluviosas y frías (temperaturas que no superan los 10° C y precipitaciones frecuentes) ⁽²⁶⁾.

2.2.5.7 Carpeta de rodado

El sector a estabilizar puede ser transitado durante y después de la estabilización, a excepción al exceso de humedad. Sin embargo la base estabilizada con Proes está diseñada primordialmente para agregar capacidad estructural al camino o plataforma y no como carpeta de rodado permanente, ya que la acción abrasiva del tráfico la desgasta ⁽²⁶⁾.



Figura 11. Tránsito durante la faena ⁽²⁶⁾.

Para proteger la base estabilizada y aumentar su vida útil se requiere sellar la base con alguna carpeta de rodado con tratamiento asfáltico u otro. La base Proes es una base ligada, de baja permeabilidad, cohesiva, flexible y con un módulo elástico entre 370 y 2.000 MPa según dosificación y material a estabilizar. Estas características permiten que la carpeta de rodado sea diseñada exclusivamente para resolver el tema de la abrasión y no para agregar capacidad estructural al pavimento ⁽²⁶⁾.

Dependiendo del tráfico, clima, estándar requerido y otras condiciones de operatividad, se pueden usar carpetas de rodado desde un riego de liga, una imprimación asfáltica reforzada con emulsiones, un Slurry Seal o una mezcla de asfalto en caliente de espesor bajo que será determinado por diseño según envergadura del proyecto. También se pueden utilizar otros sistemas de carpeta de rodado, adocreto o adoquin, losas de hormigón y otros sellados no asfálticos ⁽²⁶⁾.

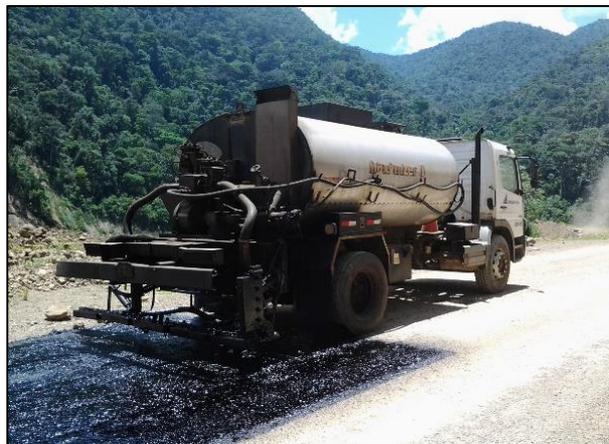


Figura 12. Imprimación asfáltica reforzada



Figura 13. Lechada asfáltica (*slurry seal*)



Figura 14. Colocación de mezcla asfáltica ⁽²⁶⁾.

Las especificaciones de materiales y métodos de aplicación son los estándar de cada carpeta de rodado, con la sola excepción del proceso de imprimación que para el caso particular de esta tecnología corresponde a un “riego de liga” y para el que se deberá utilizar emulsiones asfálticas de quiebre lento del tipo CSS-1h diluidas entre 1:3 y 1:6 en agua, en una tasa de 0,7 a 1,0 lt/m² (de solución) ⁽²⁶⁾.

Para el caso de una imprimación reforzada, recomendable en caso de clima inestable y lluvias, posterior al riego de liga especificado en párrafo anterior, se realiza un segundo riego de CSS-1h diluido en agua (1:1) a una tasa de 0,8 a 1,0 lts/m² (de solución), más esparcido de arena inmediatamente después del segundo riego de liga. Se entrega posteriormente al tránsito ⁽²⁶⁾.

2.2.5.8 Control de calidad

A. Previo al inicio de la estabilización

Antes del inicio de las faenas de estabilización química, los análisis de los materiales a estabilizar. Estos análisis de verificación deberían realizarse antes de comenzar la estabilización. Se deberá individualizar el sector de donde se toma la muestra de suelo e indicar a qué tramo representa. Los ensayos mínimos requeridos son:

- ✓ Análisis granulométrico por tamizado (Norma MTC E-107, AASHTO T-88, ASTM D422).
- ✓ Límites de consistencia – pasa la Malla N°40 (Norma MTC E-110, E-111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D4318).
- ✓ Ensayo proctor modificado (Norma MTC E-115, AASHTO T-180, ASTM D1557).
- ✓ Abrasión los ángeles = 50% máx. (Norma MTC E-207, AASHTO T-96, ASTM C131)
- ✓ Capacidad de soporte CBR natural y con aditivos (Norma MTC E-132, AASHTO T-193, ASTM D1883)

B. Durante el proceso de estabilización

Durante el proceso de estabilización se debe realizar ensayos de capacidad de soporte CBR y estabilidad marshall. Se recomienda que la cantidad mínima de ensayos a realizar sea uno cada 3.000 m² de superficie estabilizada. Se deberá individualizar el sector de donde se toma la muestra de suelo. La muestra de suelo a ensayar debe ser tomada una vez que el aditivo sólido haya sido incorporado y homogéneamente revuelto con el suelo a estabilizar (esto debería ser

cuando el suelo ha sido revuelto y extendido y está listo para recibir el aditivo líquido) y el aditivo líquido es incorporado en Laboratorio. Los ensayos mínimos requeridos son ⁽²⁶⁾:

- ✓ Control de compactación
- ✓ Capacidad de soporte CBR. (Expansión)
- ✓ Estabilidad Marshall
- ✓ Resistencia a la compresión no confinada ⁽²⁶⁾.

C. Nuevas dosificaciones.

Durante la ejecución de grandes obras y diferentes tramos, donde el suelo varía de acuerdo a geografía y altura, se continúa haciendo nuevos estudios de dosificación, con objeto de lograr dosificaciones más eficientes, considerando los materiales locales, subrasante y el aditivo sólido disponible ⁽²⁶⁾.

D. Para recepción de la estabilización.

Inmediatamente terminada la compactación de las bases estabilizadas, para recepcionarlas, se realiza controles de la compactación alcanzada por las mismas. Verificar que la base no se encuentre con huecos, que tenga el sellado con material fino restante, que no tenga material con sobre tamaño, espesor y ancho indicado en el diseño y sobretodo las cunetas esté con dimensiones y pendiente adecuada ⁽²⁶⁾.

E. Finalizado el proceso de estabilización

Después de 7 días de estabilizado el suelo, se podrá solicitar ensayos con penetrómetro dinámico de cono portátil (PDCCP) ⁽²⁶⁾.

Adicionalmente, pasado 7, 21 y 30 días de la estabilización, se deberá programar control de las bases estabilizadas por medio de deflectometría de impacto (LWD), para verificar la evolución del módulo elástico de la Base Proes y comparar a los requerimientos de la obra en función de su estructura ⁽²⁶⁾.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.3.1 Capacidad de soporte del suelo (CBR)

La capacidad de soporte del suelo se obtiene mediante la relación de soporte de California (CBR) que mide la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, permite obtener un porcentaje de la relación de soporte a las cargas ⁽¹⁹⁾.

A. Definición de CBR

El CBR está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad, en una probeta normalizada constituida por una muestra patrón de material triturado ⁽¹⁹⁾.

“El ensayo permite obtener un número de la relación de soporte, que no es constante para un suelo dado sino que se aplica sólo al estado en el cual se encontraba el suelo durante ensayo” ⁽¹⁹⁾. “El CBR de un suelo es la carga unitaria correspondiente a 0.1” ó 0.2” de penetración, expresada en por ciento en su respectivo valor estándar” ⁽²³⁾.

La expresión que define al C.B.R., es la siguiente ⁽²³⁾:

$$CBR = \left(\frac{\text{Carga unitaria del ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} \right) * 100(\%)^{(23)}$$

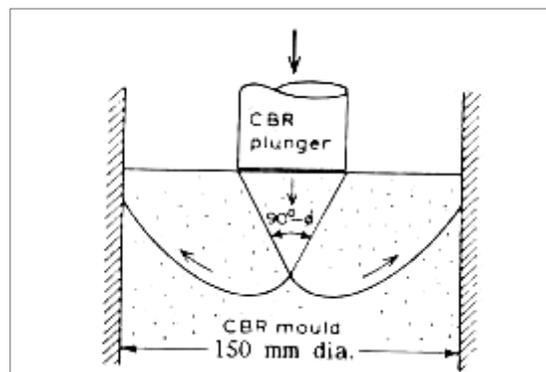


Figura 15. Mecanismo de falla del suelo generado por el pistón ⁽²³⁾.

B. Definición de número CBR

Usualmente el número de CBR se basa en la relación de la carga unitaria (lbs/pulg².) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración del pistón de penetración (19.4 cm²) dentro de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs/pulg².) requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. Los ensayos de CBR se hacen sobre muestras compactadas con un contenido de humedad óptima y máxima densidad seca obtenido del ensayo proctor modificado ⁽²³⁾.

C. Utilización del CBR

El procedimiento de este ensayo determina los materiales para subrasante, subbase y base de pavimentos a partir de especímenes compactados en laboratorio. Consiste de los siguientes pasos:

- ✓ Preparar los especímenes para el ensayo de suelos, esto en el caso que solo se requiera CBR natural, sin embargo para el uso de aditivos químicos como es la tecnología Proes, se requiere que se prepare el espécimen, cubrir con una bolsa plástica y dejarlo en un lugar seco por 7 días para que se produzca la reacción química.
- ✓ Inmersión de los especímenes en agua por 4 días, esto para CBR de suelo natural y suelo con aditivos y medición de la expansión.
- ✓ Realizar el ensayo de penetración en las muestras de suelos preparadas.

Aunque los ensayos de penetración son frecuentemente realizados en especímenes de laboratorio, también podrían realizarse sobre muestras inalteradas de suelo o en el campo donde se encuentra el suelo.

El CBR se encuentra clasificado por rangos para cada elemento del pavimento, por el material a utilizar y por el aporte que éste dará al pavimento.

Subrasante: Las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento, están definidas en seis (06) categorías, en base a su capacidad de soporte CBR ⁽¹⁰⁾.

Tabla 5. Categorías de CBR para subrasante ⁽¹⁰⁾.

Categorías de subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante muy buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante excelente	De CBR ≥ 30%

Subbase granular: El CBR del material que debe cumplir con este elemento se encuentra dado en el *Manual de Carreteras* vigente.

Tabla 6. Valor relativo de soporte, CBR en subbase granular (*) ⁽¹⁰⁾.

CBR en Subbase granular	mínimo 40 %
-------------------------	-------------

(*) Referido al 100 % de la máxima densidad seca y una penetración de 0.1" (2.5mm)

Base granular: El CBR del material que debe cumplir con este elemento se encuentra dado en el *Manual de Carreteras* vigente.

Tabla 7. Valor relativo de soporte, CBR en base granular (*) ⁽¹⁰⁾.

Para carreteras de segunda clase, tercera clase, bajo volumen de tránsito; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	mínimo 80 %
Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, autopistas; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	mínimo 100 %

(*) Referido al 100 % de la máxima densidad seca y una penetración de 0.1" (2.5mm)

2.3.2 Coeficiente estructural

Referido a la característica de los materiales usados en cada una de las capas de la estructura de un pavimento flexible, de acuerdo a sus condiciones ingenieriles este coeficiente del método AASHTO 93 representa la capacidad estructural del material para resistir cargas solicitantes para cada una de las capas (asfalto, bases y subbases granulares, bases tratadas con asfalto y bases tratadas con cemento). Conforme a estos coeficientes, se diseña de un paquete estructural para un pavimento flexible.

Dentro de la bibliografía revisada se encuentra la siguiente donde define un valor de coeficiente estructural para un material similar al utilizado por la estabilización con la tecnología Proes, donde se indican los coeficientes de resistencia relativa de las diferentes capas de un pavimento flexible (para espesores en pulgadas), los mismos que han sido determinados en base a los resultados de la carretera experimental AASHTO:

- ✓ Base tratada con cemento (No un suelo – cemento): **0.15 - 0.23**
- ✓ Base tratada con material bituminoso: **0.25 - 0.30**

Componentes de un pavimento	Coeficientes (a)		
	a ₁	a ₂	a ₃
Capa de rodamiento			
Mezcla in situ (Estabilidad baja)	0.20		
Mezcla en planta (Estabilidad alta)	0.44*		
Arena asfalto	0.40		
Capa de base			
Grava arenosa		0.07(2)	
Piedra picada		0.14*	
Base tratada con cemento (no un suelo-cemento):			
650lb/pulg ² , o más(1)		0.23(2)	
400 a 650 =		0.20	
400 = , o menos		0.15	
Base tratada con material bituminoso:			
De gradación gruesa		0.30(2)	
Arena asfalto		0.25	
Base tratada con cal		0.15-0.30	
Subbase			
Grava arenosa			0.11*
Arena o arcilla arenosa			0.05-0.10

Tabla 8. Coeficientes de resistencia relativa de las diferentes capas de un pavimento flexible ⁽²¹⁾.

Asimismo en base a los datos de la Guía Aashto 93, el *Manual de Carreteras, Sección: Suelos y Pavimentos* da los valores de coeficientes estructurales para las diferentes capas de pavimentos “a_i”:

Tabla 9. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a_i ⁽¹⁰⁾.

Componente del Pavimento	Coeficiente Estructural	Valor a_i (cm)	Observación
Capa Superficial			
Carpeta asfáltica en caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20°C (68°F)	a_1	0.170 / cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico
Carpeta asfáltica en frío, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Micropavimento 25mm	a_1	0.130 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 1'000,000$ EE
Tratamiento superficial bicapa.	a_1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 500,000$ EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8 %; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (<i>slurry seal</i>) de 12mm.	a_1	(*)	Capa superficial recomendada para tráfico $\leq 500,000$ EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8 % y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considera por no tener aporte estructural	a_1		
Base			
Base granular CBR 80 %, compactada al 100 % de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de base recomendada para Tráfico $\leq 10'000,000$ EE
Base granular CBR 100 %, compactada al 100 % de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de base recomendada para Tráfico $> 10'000,000$ EE
Base granular tratada con asfalto (estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_2	0.115 / cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base granular tratada con cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_2	0.070 / cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base granular tratada con cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_2	0.080 / cm	Capa de base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Subbase			
Subbase granular CBR 40 %, compactada al 100 % de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de subbase recomendada para Tráfico $\leq 15'000,000$ EE

En base de estos datos de manuales y de bibliografías, el primer objetivo específico de esta tesis es encontrar el valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con Proes. No existe un valor confiable en la Aashto o bibliografía para aceite sulfonado o aditivos químicos para asegurar este valor y con esto el número estructural.

2.3.3 Deflexión del pavimento

La deflexión de un pavimento se define como el valor que representa la respuesta estructural ante la aplicación de una carga vertical externa. También se define como el desplazamiento vertical del paquete estructural de un pavimento ante la aplicación de una carga; generalmente, la carga es producida por el tránsito vehicular. Cuando se aplica una carga en la superficie no solo se desplaza el punto bajo su aplicación produciendo una deflexión máxima, sino que también se desplaza una zona alrededor del eje de aplicación de la carga, que se denomina cuenco de deflexión ⁽¹⁷⁾.

La deflexión permite ser correlacionada con la capacidad estructural de un pavimento, de manera que si la deflexión es alta en un modelo estructural, la capacidad estructural del modelo de pavimento es débil o deficiente, y lo contrario, si la deflexión es baja, quiere decir que el modelo estructural del pavimento tiene buena capacidad estructural ⁽¹⁷⁾.

2.3.4 Módulo resiliente

El parámetro que se utiliza en la deformación bajo cargas estáticas es el módulo de elasticidad. El módulo elástico relaciona los esfuerzos aplicados y las deformaciones resultantes. El nivel de esfuerzos aplicado al suelo a través de la estructura del pavimento es mínimo comparado con las deformación en falla, por ello se asume que existe una relación lineal entre esfuerzos y las deformaciones ⁽¹⁴⁾.

El módulo de elasticidad de materiales no consolidados del pavimento comúnmente se caracteriza en términos del módulo de resiliencia, MR. El módulo de resiliencia se define como la relación de esfuerzos cíclicos aplicados sobre la deformación recuperable de la muestra luego de muchos

ciclos de cargas repetidas y por lo tanto es una medida directa de la rigidez de los materiales no consolidados en los sistemas de pavimento ⁽²⁰⁾.

No es una medida de la resistencia, pues el material no se lleva a rotura, sino que después de la deformación se retorna a su tamaño y forma original.

El módulo resiliente, relaciona el esfuerzo aplicado y la deformación elástica en la condición estable o residual cuando el suelo presente un comportamiento elástico. El módulo resiliente no representa el comportamiento total, desde el inicio de ciclo de cargas hasta el final. Sin embargo, el módulo resiliente relaciona las cargas móviles o rápidas y las deformaciones instantáneas resultantes. El valor del MR puede ser 10 veces el valor del módulo elástico ⁽²⁴⁾.

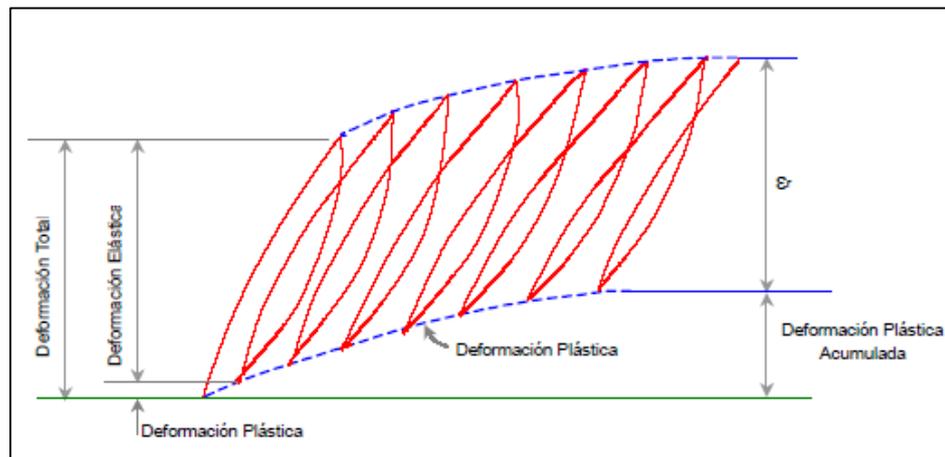


Figura 16. Deformaciones por cargas repetitivas ⁽²⁴⁾.

En la Figura 17. Se estudia el efecto de las cargas en el pavimento. Cada ciclo de carga produce en el suelo una componente de deformación plástica, no recuperable y una componente de deformación elástica, recuperable. Con los ciclos siguientes de cargas los incrementos de deformación plástica producidos tienden a desaparecer, en cambio las deformaciones elásticas recuperables tienden a ser constantes. El módulo elástico que es calculado en base a la deformación recuperable bajo carga repetitiva es denominado resiliente MR y está definido como ⁽²⁴⁾:

$$MR = \left(\frac{\sigma_d}{\epsilon_r} \right)$$

Donde:

- MR: Módulo resiliente
- σ_d : Esfuerzo desviador
- ϵ_r : Deformación elástica recuperable medida en la dirección axial luego de un determinado número de repeticiones (ciclo de carga) ⁽²⁴⁾.

Como está asociado a los materiales no consolidados del pavimento por lo tanto el Modulo de Resiliencia MR deberá determinarse mediante el ensayo de resiliencia determinado de acuerdo a las recomendaciones de Aashto. Para la presente se adoptará valores de MR y CBR siguiente ⁽¹⁰⁾:

Tabla 10. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR ⁽¹⁰⁾.

CBR % Subrasante	Módulo Resiliente Subrasante MR (Psi)	Módulo Resiliente Subrasante MR (MPa)
6	8,043.00	55.45
7	8,877.00	61.20
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.90
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	90.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02
19	16,819.00	115.96
20	17,380.00	119.83
21	17,931.00	123.63
22	18,473.00	127.37
23	19,006.00	131.04
24	19,531.00	134.66
25	20,048.00	138.23
26	20,558.00	141.74
27	21,060.00	145.2
28	21,556.00	148.62
29	22,046.00	152.00
30	22,529.00	155.33

Para obtener el módulo resiliente a partir del CBR, se empleará la siguiente ecuación que correlaciona el Mr – CBR, obtenida del Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties” preparado el 2001 por NCHRP Project 1-37A (National Cooperative Highway Research Program), documento que forma parte de MEPDG Mechanistic - Empirical Pavement Design Guide – AASHTO interim 2008) ⁽¹⁰⁾:

$$MR \text{ (Psi)} = 2555 \times CBR^{0.64} \text{ o } MR \text{ (MPa)} = 17.6 \times CBR^{0.64}$$

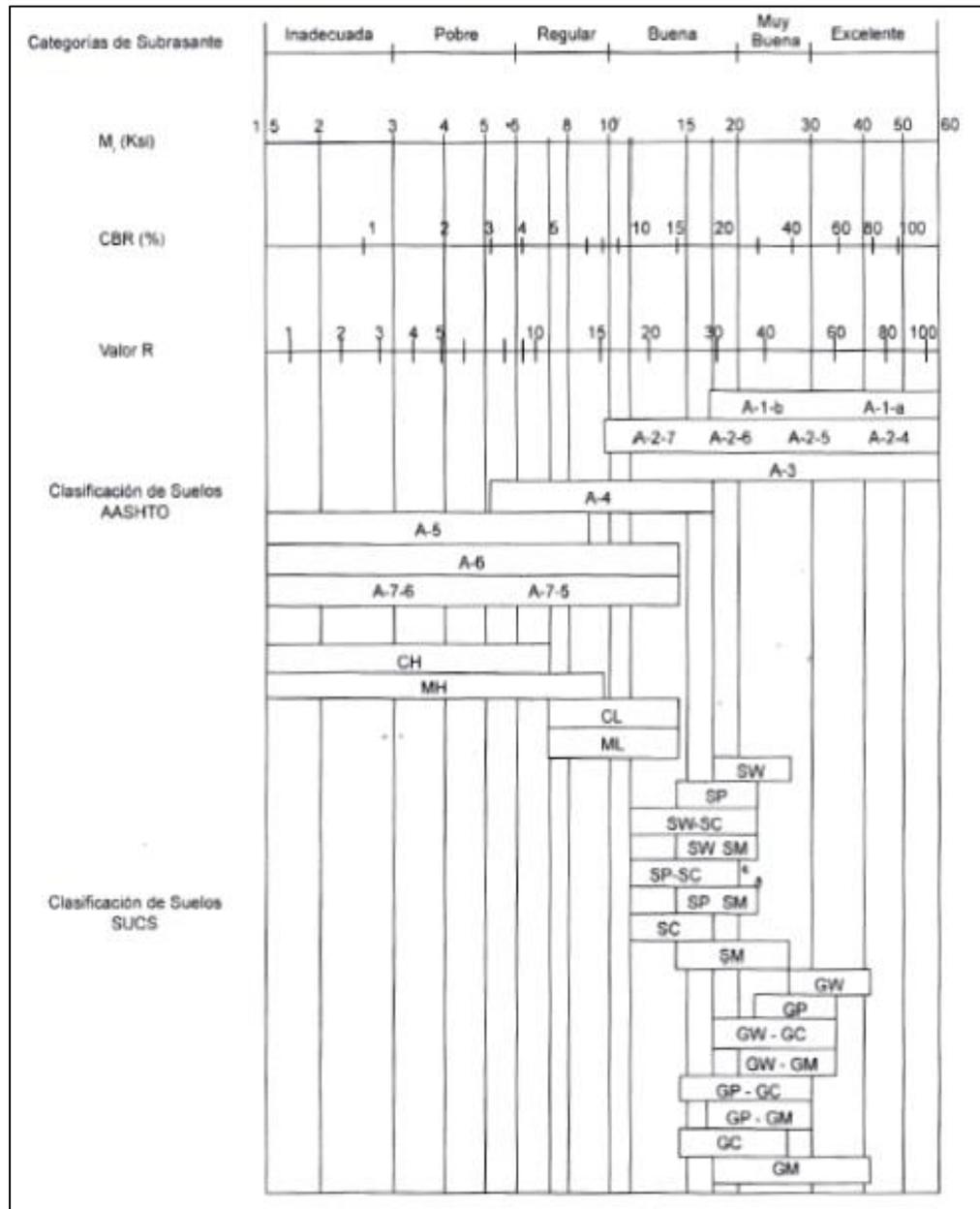


Figura 17. Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliencia ⁽¹⁰⁾.

Los suelos granulares que conforman las capas del pavimento, presentan una adecuada gradación y compactación. El comportamiento de estas capas granulares, bajo los ciclos de carga, no presentará deformaciones plásticas significativas. Se asume que durante el adecuado proceso constructivo, las deformaciones plásticas se anularán. En este caso es apropiado modelar un comportamiento de las capas con el módulo resiliente. La forma de obtener el módulo de capas que conforman el pavimento se realiza mediante el ensayo del módulo resiliente triaxial y por ensayos defletores (24).

2.3.5 Evaluación estructural del pavimento

Los métodos empleados para la evaluación estructural pueden ser destructivos o no destructivos, dependiendo del grado de alteración física producida a los materiales durante el proceso de evaluación. En el primer caso esto significa generalmente perforar el pavimento, para determinar el espesor de sus capas componentes, observar su estado (agrietamientos, densidad, humedad, segregación etc.) y obtener muestras de los materiales para ser ensayadas en el laboratorio. También puede excavar el pavimento para efectuar algún tipo de prueba a diferentes profundidades (CBR, peso volumétrico, módulo de reacción, etc).

En el segundo caso, generalmente implica la medición de deflexiones superficiales, radio de curvatura, forma de la cuenca de deformaciones, en ocasiones combinada con la obtención de pequeños núcleos del pavimento para determinar espesores y obtener algunas muestras para su ensayo en el laboratorio, como medida de verificación.

La deflexión es una medida de la respuesta del conjunto “pavimento-subrasante” frente a una determinada sollicitación (acción de las cargas móviles o estáticas de los vehículos). La medición de la deflexión es un ensayo no destructivo de gran rendimiento operacional que permite obtener un elevado número de determinaciones en poco tiempo, reduciendo al mínimo la cantidad necesaria de ensayos destructivos (calicatas) (10).

2.3.6 Número estructural

“Representa el espesor total del pavimento a colocar y debe ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación” ⁽¹⁰⁾:

$$“SN = a1 \times d1 + a2 \times d2 \times m2 + a3 \times d3 \times m3” \text{ }^{(10)}$$

Donde:

- ✓ “a1, a2, a3: coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.
- ✓ d1, d2, d3: espesores (en cm o pulg) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente.
- ✓ m2, m3: coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente” ⁽¹⁰⁾.

2.3.7 Proceso de ionización

Dentro de la tecnología Proes, la cual se basa netamente en la estabilización de suelos inestables a través de un proceso de reacción química, que depende mucho del estudio del suelo a tratar para dar efectividad al proceso antes indicado, es necesario conocer las características físico/mecánicas del suelo a tratar, ya que se cuenta con algunos parámetros dentro de las especificaciones, para esto se necesita saber el ensayo proctor modificado y CBR natural, para dar una dosificación conservadora para iniciar el estudio de la dosificación definitiva.

Los suelos finos tienen una característica bien manifiesta, y es que tienen comportamientos inestables ante variaciones de humedad, esto se da solo en suelos finos (arcillas), en la arcilla se genera la cohesión y para que éste exista se necesita de una carga positiva y negativa, el hecho de tener carga positiva y negativa hace que éstas se atraen entre si siempre que tengan un conductor (el agua), en función a esto, cuando se tiene el suelo sin agua no hay conductor por lo tanto no se atrae las partículas provocando

(resecamiento, polvo, contracciones fuertes) por temperaturas, por otro lado al estar sometido a mucha humedad (producen asentamientos, barro, lodo), en donde para ambos casos son altamente vulnerables, estos suelos tienden a esta falla por ser inestables y de baja calidad. Este fenómeno en este tipo de suelos se debe netamente a la composición de cargas eléctricas que presentan en su estructura, teniendo un desequilibrio de estas ya sean más abundantes las cargas positivas que las negativas o viceversa, pero la problemática se muestra y refleja claramente por esta condición en los suelos.

Los suelos van cambiando su estado de humedad con facilidad porque tienen cargas eléctricas libres que no tienen pares, por ejemplo: se podría tener “n” cantidad de cargas positivas y “n+a” de cargas negativas, en general en las arcillas predomina las cargas negativas, entonces teniendo la arcilla identificada con una cierta plasticidad (con esta plasticidad nos da por entendido que tienen una cargas eléctrica negativa libres) por esto se busca un filler que tenga cargas libres con la otra polaridad o sea cargas eléctricas positivas y se mezcla, sin embargo esto no significa que las cargas de la arcilla y de filler se unan, lo que pasa es que se generó una mezcla donde ahora el suelo fino ya no es el original, sino que es el suelo y filler que se incorporó, esto genera un escenario donde se trata de generar un equilibrio de cargas eléctricas, pero las partículas de arcilla tienen una composición que ante las variaciones de humedad cambia el volumen, el cual es propio de las arcillas y de los limos. Si se logra generar el equilibrio eléctrico a la mezcla de suelo - filler y se le agrega agua, se puede obtener una bastante buena cohesión, pero sigue siendo las partículas variables a la absorción, en estas condiciones el producto ionizador Proes en el proceso constructivo genera una especie de **potenciador** de equilibrio eléctrico que ayuda a adherirse mejor, más rápido y hace más eficiente el proceso de unión de cargas negativas con las cargas positivas, esto conlleva a que optimiza el sistema deficiente y **controla las variaciones volumétricas**.

2.3.8 Normalización de deflexiones

Inicialmente los datos de deflexión, obtenidos en el estudio deflectométrico se normalizan por carga a (40KN) teniendo en cuenta el valor de la carga

con que fueron generadas y considerando que la reacción al aplicar no siempre es constante.

Esta es una extrapolación donde se utiliza la teoría de Boussinesq. El concepto es: modelar el pavimento con un sistema multicapa (utilizando el E_0), y luego (aplicando la ecuación de Boussinesq) se ve cuánto sería la deflexión si se aplicara un plato de carga de 150 mm de radio y 40 kN de carga, asumiendo una razón de Poisson del suelo de 0.35. El objetivo de hacer este ejercicio teórico es simplemente estimar con el rango de cargas (muy inferiores a 40 kN), cuál sería la deflexión al cargarse el sistema con FWD.

Todo esto simula a los ejes equivalentes (EE) y la incidencia del tráfico pesado que es la que tiene preponderantemente importancia en diseño del pavimento. Aashto definió como un EE, al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 Tn de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Esto significa que para este eje simple carga 8.2 Tn, entonces para cada lado sería 4.1 Tn o 40KN.

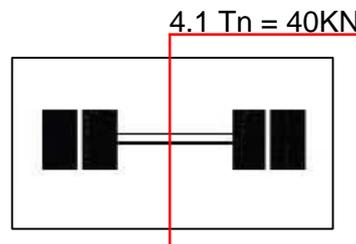


Figura 18. Normalización de deflexiones

Siempre se normaliza a 40 KN, que es el eje simple de diseño.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODO, TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Método de la investigación

3.1.1.1 Método general

En la presente investigación, se aplicó el **Método Científico** porque aportará como estrategia de investigación al ciclo completo de la investigación.

3.1.1.2 Método teórico

Los métodos teóricos que se emplearon para el desarrollo del proyecto son: **inducción–deducción** porque después de conocer las teorías de Boussinesq, diseño empírico–experimental de pavimentos Aashto 93, diseño de suelos mediante procedimientos mecanísticos se desarrolló ensayos en laboratorio y determinados los resultados se plasmó en la construcción del tramo de prueba, **análisis-síntesis**, luego de identificar un problema de una realidad en obra, se puede establecer una relación de causa-efecto entre aditivos o métodos tradicionales para la estabilización de

suelos y métodos con tecnología nueva para tener resultados de mejora en estos corredores económicos en beneficio de la población, **comparativo** porque se establece una comparación entre los resultados estructurales de una base estabilizada con Proes, pero con diferentes aditivos sólidos, ya sea Rocatech 70/30, Rocatech 50/50 y cemento portland, asimismo para estimar un comportamiento económico, mediante un análisis de costos unitarios, donde existen patrones de distancia medias y transporte, extracción, equipo y colocación de base estabilizada.

3.1.1.3 Método específico

Los métodos específicos que se emplearon para el desarrollo de la presente investigación son la **experimentación** con ensayos de laboratorio y construcción del tramo de prueba, la **observación** directa e indirecta del control de calidad por deflexión y controles estructurales por parte del Consorcio Peruano de Conservación y Proestech antes y después de la construcción de la base estabilizada con la tecnología Proes, para saber la evolución del módulo elástico que va presentando esta base con el tiempo.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es **aplicada**, debido a que se busca realizar una investigación original y novedosa aplicada a nuestra realidad nacional, con la finalidad de adquirir nuevos conocimientos y compartirla con personas que están en la gestión vial, para dar soluciones de tratamientos básicas, ya sea en carreteras pavimentadas y no pavimentadas de sierra y selva.

3.1.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación es **exploratorio-descriptivo**, puesto que no hay antecedentes frente a este tipo de estabilización, entonces mediante los ensayos de laboratorio y campo, junto al área técnica y de ingeniería, se trata de describir y explicar los resultados experimentados positivos que se obtuvo con esta tecnología, mediante el tramo de prueba que está sometido a constantes ensayos de verificación y cumplimiento para la entidad mandante.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Es diseño no experimental-transeccional exploratorio y descriptivo, es el tipo de estudio en el cual no se manipulan las variables; se recolectan datos en un momento mediante mediciones y ensayos, se observan los fenómenos en su ambiente para luego analizarlos. Se recolectaron datos de diseño y construcción en un tiempo único, se recolectaron datos el control estructural de diferentes tiempos que tienen como finalidad investigar y hacer el seguimiento del comportamiento que va teniendo y evolución de la estructura propuesta.

En este caso las variables que se estudiaron son el requerimiento estructural, como variable independiente, y la funcionalidad de la base estabilizada con la tecnología Proes, como variable independiente, y esto porque primero se necesita saber la condición estructural de la base nueva, para que cumpla esta funcionalidad.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

3.3.1 Población

La población está constituida por el proyecto de redes viales regionales integrando el Cusco, cuyo servicio de gestión vial por niveles de servicio de la Red Vial N° 3 distingue 2 rutas A y B, con la finalidad de realizar la conservación orientada a obtener los niveles de servicio de la red vial regional. Este programa contempla la contratación del servicio para la conservación de ejes viales para una longitud de 480 km de solución básica.

3.3.1.1 Datos generales

- ✓ Entidad : Gobierno Regional de Cusco
- ✓ Contrato de servicios : N° 190-2010-GR CUSCO/GGR
- ✓ Fecha de inicio : 26 de julio de 2012
- ✓ Plazo de ejecución : 5 años
- ✓ Fecha de término : 25 de julio de 2017
- ✓ Contratista–conservador : Consorcio Peruano de Conservación
- ✓ Modalidad de contratación : Precios unitarios

El proyecto contempla la elaboración del Plan de Conservación Vial (PCV), que está dividido en dos fases: Fase I de diseño y elaboración del Programa de Gestión Vial (PGV), que contempla los 6 primeros meses, y Fase 2 de Implementación del Programa de Gestión Vial, donde se ejecutan las actividades de conservación periódica que contempla el resto de periodo para los 480 km:

- Ruta A: Comprende los tramos T2, T3, T4 y T5, tiene una longitud de 215.5 km.
- Ruta B: Comprende los tramos T1, T2, T3, T4 y T5, tiene una longitud de 264.5 km.

Asimismo entre las rutas A y B se construyó de la siguiente forma:

- 269.8 km, se construyó con la tecnología Proes.
- 210.2 km, se construyó con material granular chancado.
- 480 km de longitud total para la solución básica.

Tabla 11. Cuadro de construcción proyecto Red Vial 3–CUSCO

SERVICIO DE GESTIÓN VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3 - CUSCO								
Código	Ruta	Base	Nombre de Tramo	Espesor Base (cm)	Ancho Base (m)	Progresiva		Longitud (Km)
						Inicio	Final	
	RUTA 3A							215.52
RV3-3AT2	T2	Proes	Quellopuito - Lares - Emp. Pte. Manto	11.00	4.20	00+000	52+430	52.43
RV3-3AT3	T3	Proes	Quellopuito - Amparaes	11.00	4.90	163+090	131+500	31.59
RV3-3AT4	T4	Proes	Amparaes - Emp. Pte. Manto - Colca	11.00	4.50	131+500	84+200	47.30
RV3-3AT5	T5A	Proes	Colca - Quebrada	11.00	4.50	84+200	63+000	21.20
RV3-3AT5	T5B	Granular	Chahuare - Quellouno - Quebrada	11.00	4.50	63+000	00+000	63.00
	RUTA 3B							264.48
RV3-3BT5	T1B	Granular	Km 21+000 - Palma Real	11.00	4.50	264+484	222+400	42.08
RV3-3BT5	T2A	Granular	Palma Real - Cirialo	11.00	4.50	222+400	167+420	54.98
RV3-3BT5	T2B	Proes	Cirialo - Kiteni	11.00	4.50	167+420	159+470	7.95
RV3-3BT3	T3	Proes	Kiteni - Kepashiato	11.00	6.30	159+470	128+440	31.03
RV3-3BT4	T4A	Proes	Kepashiato - Chirumpiari	11.00	7.10	128+440	70+850	57.59
RV3-3BT4	T4B	Proes	Kepashiato - Chirumpiari	11.00	6.50	70+850	50+140	20.71
RV3-3BT4	T4C	Granular	Kepashiato - Chirumpiari	11.00	6.50	50+140	40+200	9.94
RV3-3BT5	T5	Granular	Chirumpiari - Kimbiri	11.00	4.50	40+200	00+000	40.20
							TOTAL	480.00
							Proes	269.8
							Granular	210.2

3.3.1.2 Ubicación

- ✓ Región : Cusco
- ✓ Provincias : Calca, La Convención
- ✓ Distritos : Calca, Lares, Quellouno, Yanatile, Echarate, Pichari

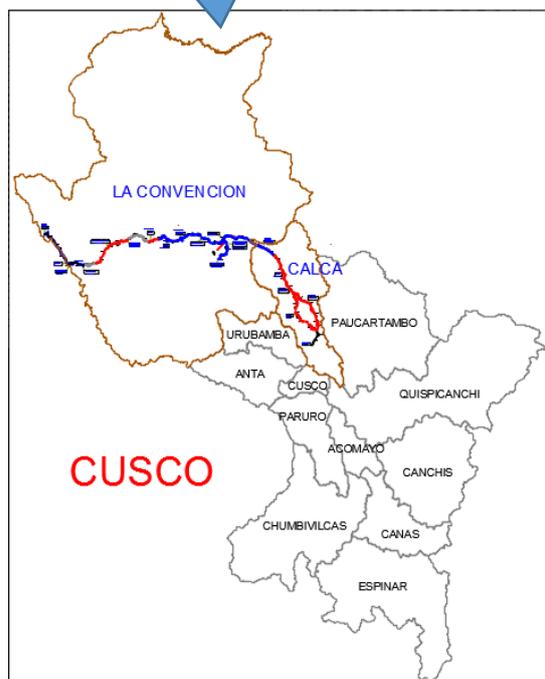
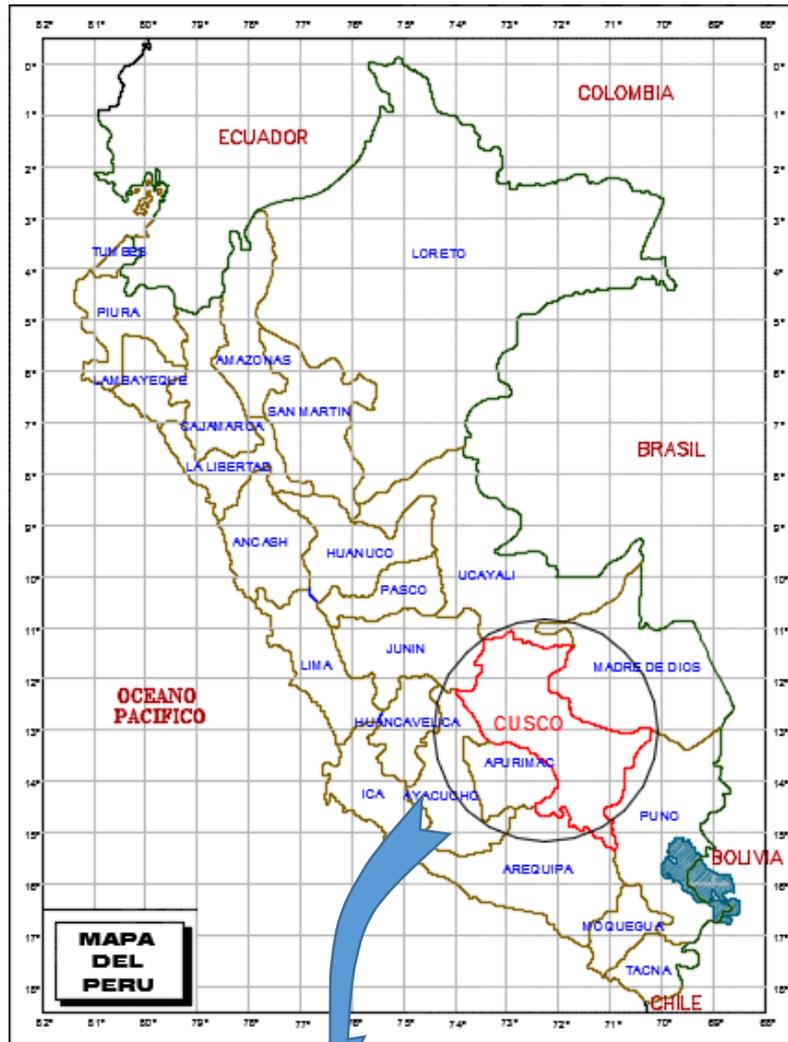


Figura 19. Ubicación y localización del proyecto.

3.3.2 Muestra

Se caracteriza principalmente al tramo piloto donde se desarrollaron las pruebas, ensayos, diseños y controles estructurales en un total de 9.8 km de efectivos longitud, comprendidos en los tramos: 3T4A Amparaes – Emp. Pte. Manto - Colca desde (90+000–84+200) y 3T5A Colca–Quebrada desde (84+000–80+000).

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS DEL TRAMO DE PRUEBA

3.4.1 Ubicación del tramo de prueba

La zona en estudio se ubica en el distrito de Lares, provincia de Calca, localizada en la parte centro oriental del departamento del Cusco. El tramo pertenece a la carretera principal de la Ruta A, que comunica las ciudades de Chahuares, Quellouno, Quebrada Onda, Colca, Amparaes, y Calca.

El tramo de prueba tiene una longitud efectiva de 9.8 km, está ubicado entre las progresivas 80+000–84+000 del tramo 5 y 84+200–90+000 de tramo 4, y todo esto pertenece a la ruta A de la Red Vial N° 3.

El acceso al tramo, desde la ciudad de Lima es por la carretera interoceánica sur, pasa por la ciudad de Ica a la provincia de Nazca, Abancay, Cusco, hasta llegar a la provincia de Calca, luego se dirige hacia Amparaes y continúa la carretera hasta la progresiva 90+000 que es el inicio del tramo de prueba.

En el tramo se presenta temporadas marcadas por lluvias de diciembre a marzo, con fuertes precipitaciones de 1600 mm a 2900 mm, temperatura media anual de 20 °C a 25.3 °C, con clima lluvioso semicálido con invierno seco, a unos 1500 msnm.

Lugar de Trabajo: Longitud de trabajo: 9.8 Km en (80+000–90+000),

- ✓ 3T4A Amparaes–Emp. Pte. Manto - Colca desde 90+000–84+200 = 5.8 Km
- ✓ 3T5A Colca–Quebrada desde 84+000–80+000 = 4 Km
- ✓ Poblado de Colca 84+200–84+000 = 0.2 Km

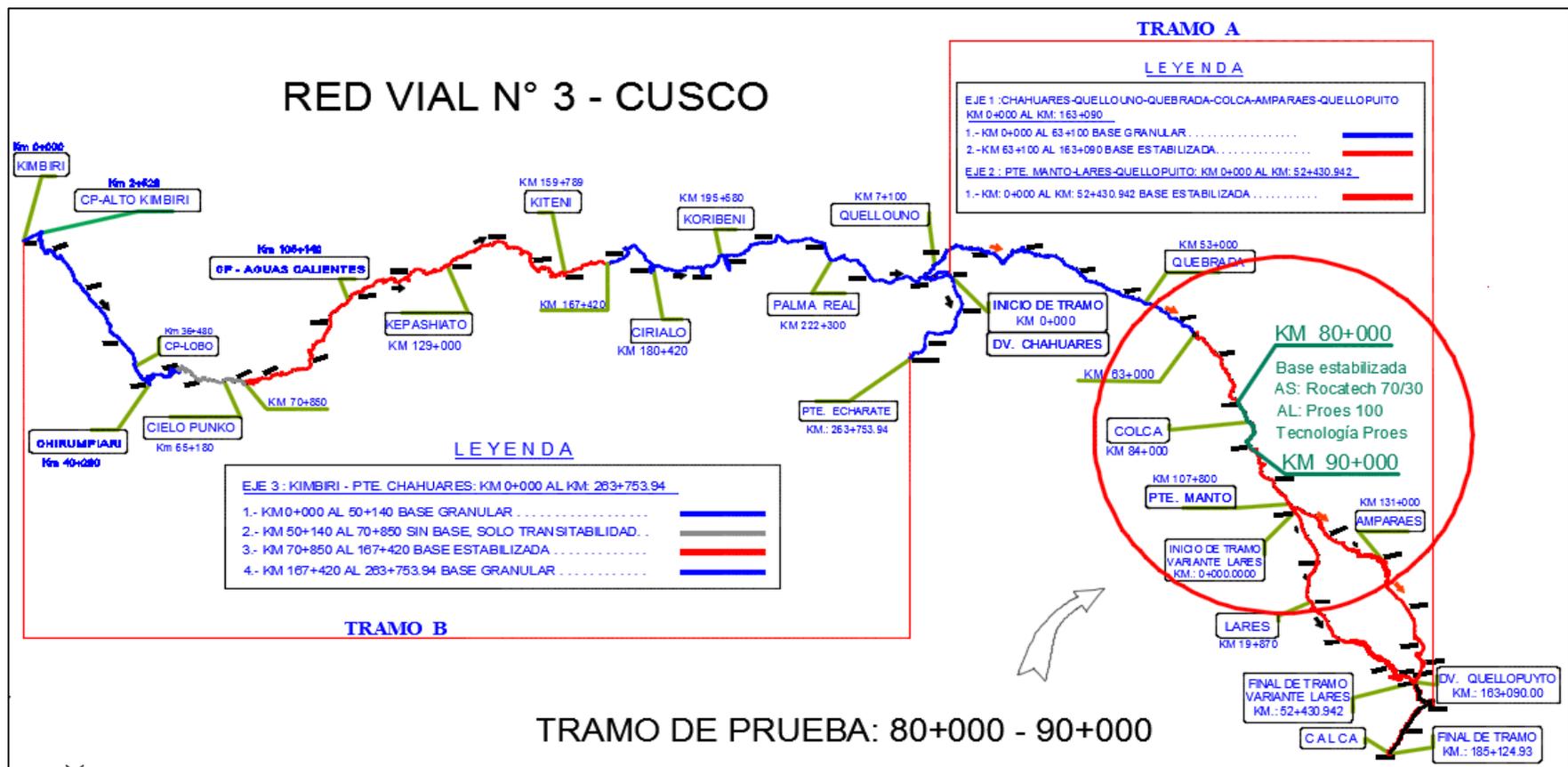


Figura 20. Lugar de trabajo (tramo de prueba).

3.4.2 Fase de antecedentes y proyección

En este tipo de proyectos de conservación por niveles de servicio la entidad propone una solución básica para tratar a las bases que se colocarán para reemplazar el uso de un afirmado tradicional.

Los términos de referencia (TdR) indican que la solución básica para la conservación periódica consiste en la “Colocación de material granular, el cual deberá ser estabilizado con emulsión asfáltica. El número estructural (SN) de esta capa no debe ser menor de 0.87. Como protección superficial se colocará un mortero asfáltico modificado con polímero (e = 1cm); estos trabajos se ejecutarán en todo el ancho de la calzada...”; sin embargo, los mismos TdR en forma alternativa indican que “...el Contratista podrá proponer una solución distinta a la planteada en los presentes Términos de Referencia, debiendo dicha solución contar con la aprobación de la Supervisión y la Entidad y cumplir como mínimo, con los niveles de servicio solicitados...”.

Estos antecedentes definen que no existe un diseño de pavimentos previo al número estructural (SN) requerido en los TdR, debido a que éste considera el valor de forma conservadora de acuerdo a los coeficientes estructurales de materiales conocidos según el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos y por experiencia en estos contratos de Proyecto Perú. Por lo expuesto, el procedimiento de diseño para el SN requerido y que define a la nueva solución básica propuesta comienza lo siguiente:

- Definición del espesor mínimo requerido para la capa granular, determinado aplicando el método de diseño de capas de revestimiento granular del *Manual para el Diseño de Caminos No Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito* del MTC, el mismo que está en función del CBR de diseño y al tráfico expresado en número de repeticiones de EE de 8.2 ton.
- Definido el espesor de la capa granular requerida, éste se compara con el espesor de material granular existente, y de la diferencia se obtendrá la adición de espesor de material granular a colocar.

- Luego de definir los espesores, se comprueba el coeficiente estructural para una base estabilizada con la tecnología Proes donde se utiliza como aditivo sólido Rocatech 70/30 y como aditivo líquido Proes 100. Este coeficiente se comprueba mediante ensayos de laboratorio y ensayos de control estructural luego de terminada la estabilización en el sector propuesto.

3.4.3 Fase de diseño de pavimentos

Para el diseño de pavimentos se necesita los resultados del estudio de suelos ejecutado en la plataforma existente, así como los resultados del conteo de tráfico.

La solución adoptada, cumple con las exigencias del *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Tránsito* y la Metodología NASSRA incluida en el mencionado manual, el diseño previsto es para un período de 05 años, este tramo se ha considerado como un sólo sector, indicando que el paquete estructural resultante está conformado por las capas de: subrasante o suelo de fundación, material granular existente, la recarga de material granular, éstas dos últimas constituyen una capa de material existente estabilizado, mediante la tecnología Proes, esta capa estabilizada estará siempre sobre una capa de material granular existente con un espesor mínimo de 100 mm.

Para el diseño se utiliza el CBR de la Subrasante del proyecto, según los resultados de laboratorio (Normas AASHTO T 193-63 y ASTM D1883-73) asimismo se utilizará el tráfico expresado en Número de Repeticiones de EE acumulados para el periodo de 5 años.

3.4.3.1 Tráfico de diseño

El estudio de tránsito, cargas y el volumen de tráfico son datos de vital importancia para el diseño estructural del pavimento, por lo que se debe establecer estaciones de conteo especialmente sí el tráfico proyectado será ligero y/o pesado.

El índice medio diario anual de tránsito (IMDA)

La carretera se diseña para un volumen de tránsito que se determina por la demanda diaria que cubrirá, calculado como el número de vehículos promedio que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual, normalmente determinada por el MTC para las diversas zonas del país ⁽¹⁰⁾. El Índice Medio Diario Anual (IMDA), ha sido determinado mediante el conteo de tráfico durante 7 días, el tráfico diario de cada día de la semana fue promediado y aplicando los factores de corrección para un día se obtuvo un IMD anual promedio, con el siguiente valor:

Estación Amparaes-Manto: 41 Veh. / día

Cálculo de tasas de crecimiento y la proyección

Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando la fórmula ⁽¹⁰⁾:

$$T_n = T_o (1+i)^{n-1}$$

Para los datos:

- "T_n = Tránsito proyectado al año "n" en veh/día.
- T_o = Tránsito actual (año base o IMD promedio en veh/día) de la Estación.
- n = Años del período de diseño de 5 años.
- i = Tasa anual de crecimiento del tránsito. Definida en correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico normalmente entre 2 % y 6 %" ⁽¹⁰⁾, a criterio se asume el 8.1 % promedio, considerando el crecimiento del PBI de Cusco en los últimos 5 años, producción y crecimiento poblacional.

Número de repeticiones de ejes equivalente (EALs)

Se realizó el conteo vehicular, cuyos resultados arrojan ejes equivalentes (EE), según los sectores de Amparaes hacia Pte. Manto y de Pte. Manto hace Quebrada como se muestra a continuación:

Tabla 12. Conteo de tráfico diseño tramo 4 y 5

Tramo 4 y 5	ESTACIÓN	PERIODO DE DISEÑO (años)	ESTUDIO DE TRAFICO EALS
Yanatile (Amparaes) - Pte. Manto - Colca - Quebrada - Quellouno	Amparaes - Pte. Manto	5	3.75E+05
	Pte. Manto - Quebrada	5	1.80E+05

Para el diseño del tramo de prueba se adoptó el mayor valor de ejes equivalentes, según la estación Amparaes-Pte. Manto, como se muestra a continuación:

Tabla 13. Numero de repeticiones de EE de diseño

Tramo 4 y 5	PERIODO DE DISEÑO (años)	ESTUDIO DE TRAFICO EALS
Yanatile (Amparaes) - Pte. Manto - Colca - Quebrada - Quellouno	5	3.75E+05

En la normativa:

Manual para la conservación de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (MDCNPBVT en adelante), señala la clasificación de volumen de tránsito de acuerdo a la cantidad vehículos pesados y ejes equivalentes del carril de diseño, se identifican las siguientes clases ⁽²⁵⁾:

Tabla 14. Clasificación según volumen de tránsito

CLASE	T0	T1	T2	T3
IMDA (Total vehículos ambos sentidos)	<15	16-50	51-100	101-200
Vehículos pesados (carril de diseño)	<6	6-15	16-28	29-56
N° Rep. EE (carril de diseño)	<2.5x10 ⁴	2.6x10 ⁴ -7.8x10 ⁴	7.9x10 ⁴ -1.5x10 ⁵	1.5x10 ⁵ -3.1x10 ⁵

De la clasificación, se determinó el volumen de ejes equivalentes que soportará la base Proes, para un IMDA de 41 veh./día y de vehículos pesados 29 veh./día, durante el período de diseño de 5 años se obtiene:

Clase T3, con IMDA entre 29 y 56 vehículos/día, según lo indicado en el MDCNPBVT:

$$EE = 1.5 \times 10^5 - 3.1 \times 10^5$$

Para fines del diseño se tomó la clase T3.

Por lo tanto para el **IMD = 41 Veh./día** se adoptó los ejes equivalentes de **3.75×10^5** .

3.4.3.2 CBR de diseño

a. Capa de material granular existente

Según la evaluación de campo y comparando con los resultados obtenidos en laboratorio con el perfil estratigráfico, se observa que la plataforma del tramo está conformada superficialmente por un material granular existente, gravas con arenas, con finos arcillo limosos, en un espesor promedio de 0.242 m, y de capa subyacente sobre una subrasante compuesta por material gravoso laminar de litología pizarrosa, con finos arcillosos a limosos.

Las características de soporte de las capas de suelos como material granular existente que conforman la plataforma actual son:

Tabla 15. CBR de la capa material granular existente (%)

N°	PROGRESIVA	CBR al 95 % MDS
1	83+000	14.7
2	88+000	16.8

b. Suelo de fundación (subrasante)

El terreno natural como subrasante registra las siguientes características de soporte:

Tabla 16. CBR de la subrasante (%)

N°	PROGRESIVA	CBR al 95 % MDS
1	83+000	11.1
2	88+000	17.0

c. Secciones homogéneas y CBR de diseño (subrasante)

De acuerdo a los criterios de la guía AAHTO'93 (Part III, Chapter 3 Guides for Field Data Collection) y considerando como referencia las mediciones deflectométricas como respuesta de comportamiento estructural de la capa granular existente, así como las características del suelo, se pudo definir sectores de comportamiento o de características homogéneas. Asimismo, con los valores de los ensayos de CBR en cada sector, se determinó el CBR de diseño:

Tabla 17. CBR de diseño por sectores homogéneos (%)

SECTORES HOMOGÉNEOS		CBR DE DISEÑO (%)
80+000	84+000	18.8
84+200	90+000	16.0

3.4.3.3 Diseño de espesor de pavimento por el método NAASRA

“Para el dimensionamiento de los espesores de la capa de afirmado, se adoptó como representativa la ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities) hoy (AUSTROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en Número de Repeticiones de EE” ⁽¹⁰⁾:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

Dónde:

e = Espesor de la capa de revestimiento granular o afirmado en mm

CBR = Valor del CBR de la subrasante

Nrep = Número de Repeticiones de EE para el carril de Diseño ⁽¹⁰⁾.

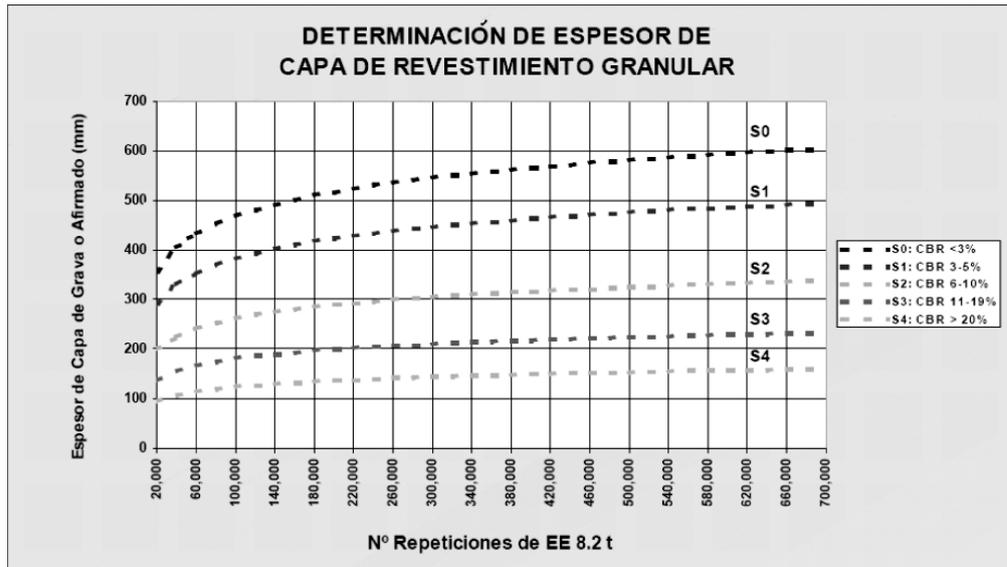


Gráfico 1. Determinación de espesor de capa granular

Periodo de Diseño: **5 años**

Nrep: Número de Repeticiones de EE para el carril de Diseño es **3.75×10^5** .

Para cada uno de los sectores o subtramos homogéneos se calculó el espesor de capa revestimiento granular o afirmado requerido. El resultado es el siguiente:

Tabla 18. Espesor de capa de granular por NAASRA

Sectores homogéneos		ESAL	CBR de diseño (%)	Espesor capa granular requerido según NAASRA (mm)	Espesor total (mm)
80+000	84+000	2.18E+05	18.8	150	210
84+200	90+000	3.75E+05	16.0	180	210

3.4.3.4 Estructura de pavimento

Con la finalidad de definir una estructura de pavimento con un nivel de serviciabilidad adecuado para el tramo de prueba, se presentan a continuación las consideraciones técnicas para la estructuración del pavimento.

Superficie de rodadura

Con el objetivo de conseguir una superficie de rodadura que brinde una aceptable serviciabilidad al usuario, se ha definido la colocación de un mortero asfáltico (Slurry Seal) modificado con polímero ($e = 10$ mm), que será colocado sobre la capa de material estabilizado. Para efectos de diseño el coeficiente de capa se considera nulo, siendo su aporte más relevante en la condición funcional del pavimento a construir

Base estabilizada con tecnología Proes

Se estudió los materiales de las canteras a emplearse en el tramo de prueba, seguidamente se realizó los diseños de mezcla de suelo con los aditivos sólidos (Rocatech 50/50, Rocatech 70/30 y cemento) y aditivo líquido (Proes 100), obteniendo valores de CBR desde 120.72 hasta 197.33% al 100 % de la MDS y 0.1" de penetración, asimismo se realizó ensayos de UCS y Marshall, que describiremos en el siguiente subcapítulo, el coeficiente estructural para esta capa es de 0.2 para espesores en pulgadas o su equivalente 0.079 para espesores en centímetros.

Material granular existente

De acuerdo al estudio del material granular existente, se verificó que hay presencia de espesores con valor de soporte CBR considerable para el aporte estructural, de acuerdo al MDCNPBVT en la página 139 se indica: *"En caso de que el tramo tenga ya una capa de afirmado, se aprovechará el aporte estructural de la capa existente. Sólo se colocará el espesor de afirmado necesario para completar el espesor total obtenido según la metodología de diseño empleada."*

La estructura del pavimento estabilizado ha sido definida de acuerdo a la siguiente figura.

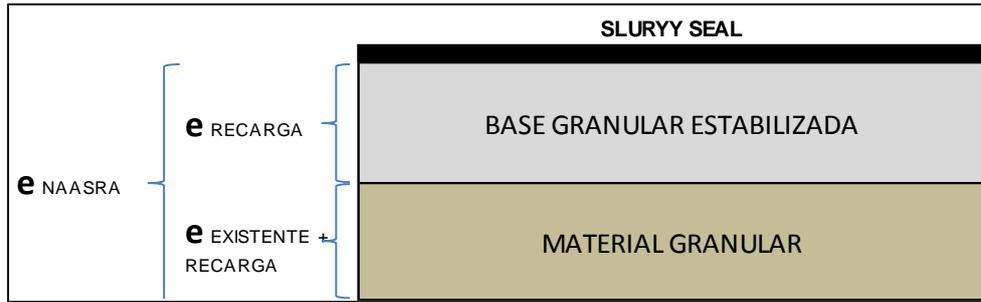


Figura 21. Estructura de pavimento

3.4.4 Fase de laboratorio

3.4.4.1 Canteras de recarga y pruebas de laboratorio

De las muestras de materiales de las canteras con fines de estabilización comprendidas en estos dos tramos de trabajo, se ejecutaron los diferentes ensayos de laboratorio para determinar la capacidad de soporte mediante el ensayo de valor de la relación de soporte CBR del material de recarga para estabilización con tecnología Proes, existente en las siguientes progresivas de las canteras más cercanas al tramo de prueba dentro de los tramos 3AT4 y 3AT5:

- ✓ Km 85+500 - 3AT4
- ✓ Km 79+500 - 3AT5

Tabla 19. Resultados de clasificación de suelos para canteras de recarga

FECHA	PROGRESIVA	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO												LÍMITES DE CONSISTENCIA		CLASIFICACION		PROCTOR		CBR 100 %	
		3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS	M.D.S (gr/cc)	O.C.H (%)	0.1	0.2
05-jul-14	Km 79+500	100.0	100.0	94.9	91.0	85.0	80.1	76.5	72.6	54.5	42.2	32.8	23.4	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	16.31	18.29
05-jul-14	Km 85+500	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.03	15.51	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.90	16.53	18.01
PROMEDIO		99.5	97.8	92.9	86.8	78.0	70.6	61.5	53.9	39.7	32.2	23.0	16.5	35.9	15.3	A-2-6 (0)	GC	2.036	11.26	20.67	22.87

Para luego proceder con la ejecución de ensayos con la dosificación de la tecnología, que consiste en aplicar:

- ✓ Aditivo líquido Proes, tasa en el rango de 0.25–0.30 lt/m³.
- ✓ Aditivo sólido Rocatech, tasa en el rango de 0.50–0.60 kg/m³.

3.4.4.2 Determinación del coeficiente estructural

El aporte resistente de la capa estabilizada con tecnología Proes es validado por sus bondades mediante pruebas, cuyo propósito al incluirse el aditivo sólido (función aglomerante por equilibrio de cargas eléctricas de los finos del material) y el aditivo líquido (función de ionizador que produce la optimización de esta reacción química), es de incrementar la resistencia del material aceptable como el principal criterio de diseño, incremento verificado para la capa estabilizada con Proes especialmente a través de tres parámetros el CBR, la Estabilidad Marshall y Resistencia a la Compresión no Confinada (UCS - Unconfined Compressive Strength), para cada una de las muestras ensayadas, que garantizarán la durabilidad deseada y un buen comportamiento. Sin embargo, la aceptación de la estimación del coeficiente estructural se realiza mediante el módulo elástico mediante los ábacos de Aashto y para lo cual se sugiere realizar los siguientes ensayos:

A. Valor de la relación de soporte CBR

Los resultados de las propiedades físicas del sector en estudio, en las condiciones más adversas, para la obtención del valor de la relación de soporte (CBR) al curarse 7 días al aire (periodo del proceso de reacción química) y 4 días sumergidos al agua, luego se procede con la rotura.

Previamente se determinaron las características físico-mecánicas del material de recarga, en dos sectores representativos de la ruta 3A, Tramo 4 sector km 85+500 y en el tramo 5 sector Km 79+500, se realizó diferentes dosificaciones en ambas canteras para determinar el incremento del CBR que aporta la tecnología Proes con Rocatech 50/50, Rocatech 70/30, cuyos resultados obtenidos están en función del ensayo de CBR, para nuestro caso la base estabilizada con Proes alcanzó valores de incrementos importantes de CBR con diferentes dosificaciones y con esto se determina la dosificación más conservadora, económica y de fácil construcción.

1. Ruta 3 tramo 4, cantera de recarga - km 85+500

- ✓ **Rocatech 50/50:** Mezcla (50 % de cemento Mishky y 50 % de puzolana Carpetek) y Proes dosificaciones 0.25-50, 0.26-55, 0.27-45, 0.27-55 todo esto en (lt/m3 y kg/m3) respectivamente.

Tabla 20. CBR con dosificaciones Rocatech 50/50 - Proes, km 85+500

Tramo	Dosificación	Material	Progresiva	Fecha	LIMITES DE CONSISTENCIA		CLASIFICACION		PROCTOR		CBR (0.1")	
					L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS	M.D.S (gr/cc)	O.C.H (%)	95% MDS	100% MDS
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 85+500	05/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	16.5	18.0
Red 3A T-4	Dosis 0.25 Lts / 50 kg. (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	88.80	108.91
Red 3A T-4	Dosis 0.26 Lts / 55 kg. (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	87.50	120.72
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 45 kg. (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	70.60	87.52
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	99.60	130.54

- ✓ **Rocatech 70/30:** Mezcla (70 % de cemento Mishky y 30 % de puzolana Carpetek) y Proes, dosificaciones 0.26-55, 0.27-45, 0.27-55 todo esto en (lt/m3 y kg/m3) respectivamente.

Tabla 21. CBR con dosificaciones Rocatech 70/30 – Proes, km 85+500

Tramo	Dosificación	Material	Progresiva	Fecha	LIMITES DE CONSISTENCIA		CLASIFICACION		PROCTOR		CBR (0.1")	
					L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS	M.D.S (gr/cc)	O.C.H (%)	95% MDS	100% MDS
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 85+500	05/07/2014	37.05	15.5249	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	16.5	18.0
Red 3A T-4	Dosis 0.26Lts/55kg (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 85+500	12/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	104.50	115.34
Red 3A T-4	Dosis 0.27Lts/45kg (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 85+500	12/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	83.30	108.47
Red 3A T-4	Dosis 0.27Lts/55kg (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 85+500	12/07/2014	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	133.20	153.19

- ✓ **Cemento** y Proes: para dosificaciones 0.27-55, 0.28-55 todo esto en (lt/m3 y kg/m3) respectivamente.

Tabla 22. CBR con dosificaciones para Cemento - Proes, km 85+500

Tramo	Dosificación	Material	Progresiva	Fecha	LIMITES DE CONSISTENCIA		CLASIFICACION		PROCTOR		CBR (0.1")	
					L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS	M.D.S (gr/cc)	O.C.H (%)	95% MDS	100% MDS
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 85+500	05-jul-14	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	16.53	18.00
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Cemento)	Cantera de Recarga	Km 85+500	05-sep-14	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	139.10	156.85
Red 3A T-4	Dosis 0.28 Lts / 55 kg. (Cemento)	Cantera de Recarga	Km 85+500	05-sep-14	37.05	15.52	A-2-6 (0)	GC	1.968	9.93	158.40	197.33

2. Ruta 3 tramo 5, cantera de recarga - km 79+500

- ✓ **Rocatech 50/50:** Mezcla (50 % de cemento Mishky y 50 % de puzolana Carpetek) y Proes: dosificación 0.27 lt/m³ – 55 kg/m³.
- ✓ **Rocatech 70/30:** Mezcla (70 % de cemento Mishky y 30 % de puzolana Carpetek), dosificaciones 0.26 lt/m³ - 50 kg/m³, 0.27 lt/m³ - 55 kg/m³.

Tabla 23. CBR con dosificaciones para Rocatech 50/50 y 70/30, km 79+500

Tramo	Dosificación	Material	Progresiva	Fecha	LIMITES DE CONSISTENCIA		CLASIFICACION		PROCTOR		CBR (0.1")	
					L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS	M.D.S (gr/cc)	O.C.H (%)	95% MDS	100% MDS
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 79+500	05/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	16.31	18.29
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 79+500	17/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	110.20	129.98
Red 3A T-4	Dosis 0.26 Lts / 50 kg. (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 79+500	17/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	117.10	128.42
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 79+500	17/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	127.10	142.74
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Cemento I)	Cantera de Recarga	Km 79+500	05/09/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	152.60	170.49

Los resultados indican que la mejor dosis es 0.27 lt/m³ de aditivo líquido Proes y 55 kg/m³ de aditivo sólido Rocatech 70/30 (mezcla de 70 % de cemento Mishky y 30 % de puzolana Carpetek), en comparación del Rocatech 70/30 y Rocatech 50/50 sin embargo estos resultados son de laboratorio, es difícil mantener las dosificaciones constructivamente por tener algunos desperdicios en obra, por lo que la dosificación más conservadora a utilizar es: **0.28 lt/m³ - 55 kg/m³**.

El material granular de cantera del km 85+500, estabilizado con la tecnología Proes, presenta resultados satisfactorios, donde el CBR natural aumenta de 18.0 % a más de 153.19 % referido al 100 % de su máxima densidad seca con una penetración de 0.1" (2.5mm).

Lo cual significa que el CBR del material granular estabilizado con Proes (CBR=133.2% - CBR=153.19%) supera al de una base granular para tráfico liviano < 400 Veh/día (CBR mínimo = 80%). Por consiguiente nos permite ratificar y calificar que la estabilización con Proes responde eficientemente el requerimiento previsto en los TdR del contrato, es decir el aporte de la capa estabilizada con Proes tendrá un coeficiente estructural del orden de 0.20 y la estructura del pavimento en su conjunto será superior al número estructural SN de 0.87 requerido por los TdR.

Con este dato ratificamos el plan de control de calidad de CBR > 100 %

B. Coeficiente estructural y módulo elástico de la base Proes

Una base proes tiene un comportamiento semiligado, (por experiencia en ensayos de módulo resiliente triaxial y tracción indirecta) que se asemeja al comportamiento flexible de las bases granulares no tratada; considerando esto para determinar el coeficiente estructural y el módulo elástico de la base estabilizada con Proes se aplica la ecuación del AASHTO 93, donde $a_2 = 0.249 * (\log_{10} E_b) - 0.977$, reemplazando valores, se asume que el coeficiente estructural inicial: $a_2 = 0.200$, el Módulo de la Base Proes sería E_b : 53322 Psi, o lo que es lo mismo E_b : 369 Mpa. Por lo tanto este valor de Módulo es el mínimo requerido para cumplir con un coeficiente estructural de $a_2 = 0.200$ para espesores de capa en pulgadas o su equivalente $a_2 = 0.079$ para espesores en centímetros.

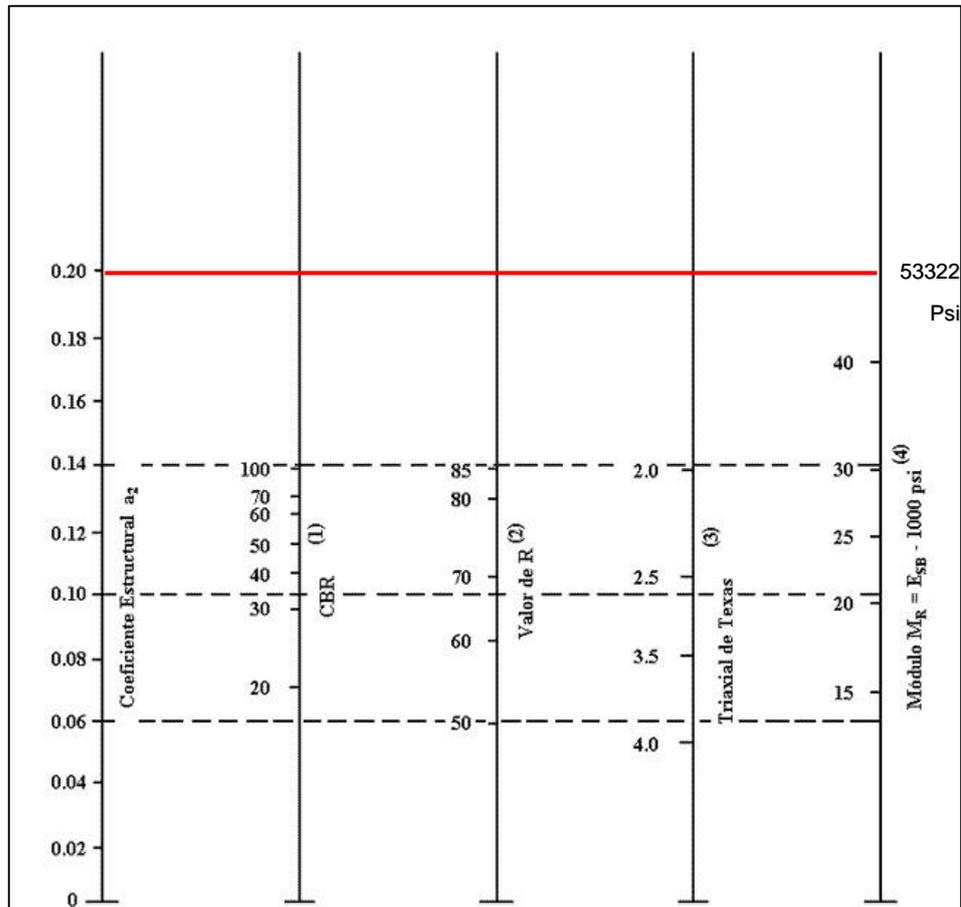


Figura 22. Valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con el nomograma para bases granulares

C. Estabilidad Marshall (Método Illinois)

La verificación de la Estabilidad Marshall (método Illinois) de un material estabilizado con la tecnología Proes, por su comportamiento semiligado, al igual que una estabilización con asfalto puede ser medido en laboratorio, aplicado a pavimentos flexibles, sí se somete un espécimen a un ensayo de carga repetitiva. Definida la Estabilidad Marshall se determina su coeficiente estructural, considerando los criterios y nomograma de la AASHTO 93, según "Figure 2.9 Variation in a2 for Bituminous - Treated Bases with Base Strength Parameter".

Resultados de estabilidad Marshall (Método Illinois)

En el cuadro adjunto se presentan los resultados de Estabilidad Marshall a los 7 días, obtenidos para cada uno de las muestras analizadas:

Tabla 24. Resultados de estabilidad Marshall (método Illinois)

Progresiva	Descripción	Estabilidad (Kg-f)	Estabilidad (lb)	Estabilidad (N)
79+500	Proes-0.28 lt/m3, Rocatech 70/30-55 Kg /m3 - T5	629	1387	6168.0
85+500	Proes-0.28 lt/m3, Rocatech 70/30-55 Kg /m3 - T4	656	1446	6432.7

El fin de este ensayo para base estabilizada con Proes es obtener la capacidad estructural mediante el nomograma de la Aashto 93, sección de base estabilizada con asfalto, sólo por tener un comportamiento semiligada, que es como se presenta para ambos casos.

Análisis estadísticos de los resultados de estabilidad Marshall

De los resultados de estabilidad Marshall se efectuó un análisis estadístico y se obtuvieron los valores promedio, máximo, mínimo; asimismo se calcularon valores a percentiles: al 80% y 90%. El percentil a utilizar es el 80% para el cálculo del coeficiente estructural.

Tabla 25. Valores promedio, mínimo y máximo de estabilidad Marshall

Progresiva	Estabilidad Marshall		
	7 días		
	(Kg-f)	(lb)	(N)
Promedio	642.5	1416.5	6300.4
Mínimo	629.0	1386.7	6168.0
Máximo	656.0	1446.2	6432.7

Tabla 26. Valores de estabilidad Marshall para diferentes percentiles

Progresivas	Estabilidad (lb)	Frecuencia	Incidencia	Percentil Estabilidad (lb)	
85+500	1446.2	1	50.00%	Estabilidad 90.0%	1440.3
79+500	1386.7	1	50.00%	Estabilidad 80.0%	1434.3
	Suma	2	100.00%		

Coefficiente estructural por estabilidad Marshall (Método Illinois)

Para obtener el coeficiente estructural de los valores de Estabilidad Marshall se aplica el siguiente nomograma según “Figure 2.9 Variation in a_2 for Bituminous-Treated Bases with Base Strength Parameter” de la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 o lo que es lo mismo mediante la ecuación aproximada: $a_2 = 0.0074 \cdot (EM)^{0.415}$, reemplazando valores de EM = 1416.5 lb o EM = 6300.4 N, se obtiene un coeficiente estructural de $a_2 = 0.278$ para espesores de capa en pulgadas o su equivalente $a_2 = 0.11$ para espesores en centímetros.

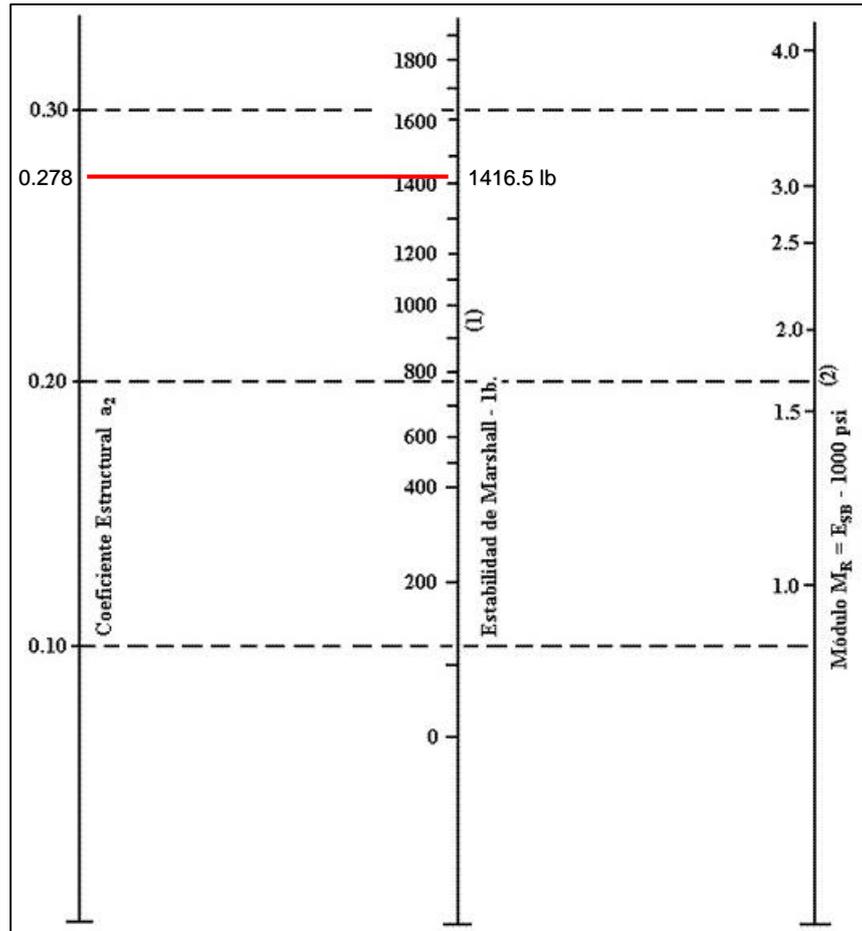


Figura 23. Valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con el nomograma para bases constituida por mezcla asfáltica

D. Resistencia a la Compresión No Confinada (UCS)

La resistencia a compresión aumenta progresivamente con el tiempo. Los valores obtenidos dependen muchos factores, entre os que destacan son: el aditivo sólido, Rocatech 70/30, hace la función aglomerante con los finos por equilibrio de cargas eléctricas, el aditivo líquido, Proes 100, potencia la reacción química, la energía de compactación aplicada, la homogeneidad de la mezcla, plasticidad del material, la cantidad y calidad del agua, el tiempo transcurrido después de realizado el mezclado y compactación, tiempo de curado. Todo con el propósito de obtener un valor la resistencia a la compresión no confinada de las canteras estudiadas que se utiliza en el tramo. La resistencia a la compresión considerada fue la de 7 días, de acuerdo al criterio de la guía AASHTO 93.

Resultados de resistencia a la compresión no confinada

En el cuadro adjunto se presentan los resultados de resistencia a la compresión no confinada a los 7 días, obtenidos para cada uno de las muestras analizadas:

Tabla 27. Resultados de resistencia a la compresión no confinada (UCS)

Progresiva	Descripción	UCS (kg/cm ²)	UCS (psi)	UCS (MPa)
79+500	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T5	31.8	452	3.12
85+500	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	34.6	492	3.39

El fin de este ensayo para base estabilizada con Proes es obtener la capacidad estructural mediante el nomograma de la Aashto 93, sección de base granular tratada con cemento, por utilizar el aditivo sólido (cemento en su composición).

Análisis estadísticos de los resultados de resistencia a la compresión no confinada

De los resultados de resistencia a la compresión no confinada se efectuó un análisis estadístico y se obtuvieron los valores promedio, máximo, mínimo; asimismo se calcularon valores a percentiles: al 80 % y 90 %. El percentil a utilizar es el 80 % para el cálculo del coeficiente estructural.

Tabla 28. Valores promedio, mínimo y máximo de resistencia la compresión no confinada

Progresiva	Resistencia a la Compresión no Confinada		
	7 días		
	UCS (kg/cm ²)	UCS (psi)	UCS (MPa)
Promedio	33.2	472.2	3.3
Mínimo	31.8	452.3	3.1
Máximo	34.6	492.1	3.4

Tabla 29. Resistencia a la compresión no confinada, diferentes percentiles

Progresivas	UCS (psi)	Frecuencia	Incidencia	Percentil UCS (psi)		Percentil UCS (kg/cm ²)	Percentil UCS (MPa)
				UCS 90.0%	UCS 80.0%		
85+500	492.1	1	50.00%	488.1		34.3	3.37
79+500	452.3	1	50.00%	484.1	UCS 80.0%	34.0	3.34
	Suma	2	100.00%				

Coefficiente estructural por resistencia a la compresión no confinada

Para obtener el coeficiente estructural de los valores de resistencia a la compresión simple no confinada se aplicó el siguiente nomograma según “Figure 2.8 Variation in a_2 for Cement-Treated Bases with Base Strength Parameter” de la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 o lo que es lo mismo mediante la ecuación aproximada: $a_2 = 0.0918 \cdot (f_c)^{0.514}$.

Reemplazando valores de $f_c = 3.30$ MPa o $f_c = 472.2$ psi, se obtiene un coeficiente estructural de $a_2 = 0.17$ para espesores de capa en pulgadas o su equivalente $a_2 = 0.070$ para espesores en centímetros.

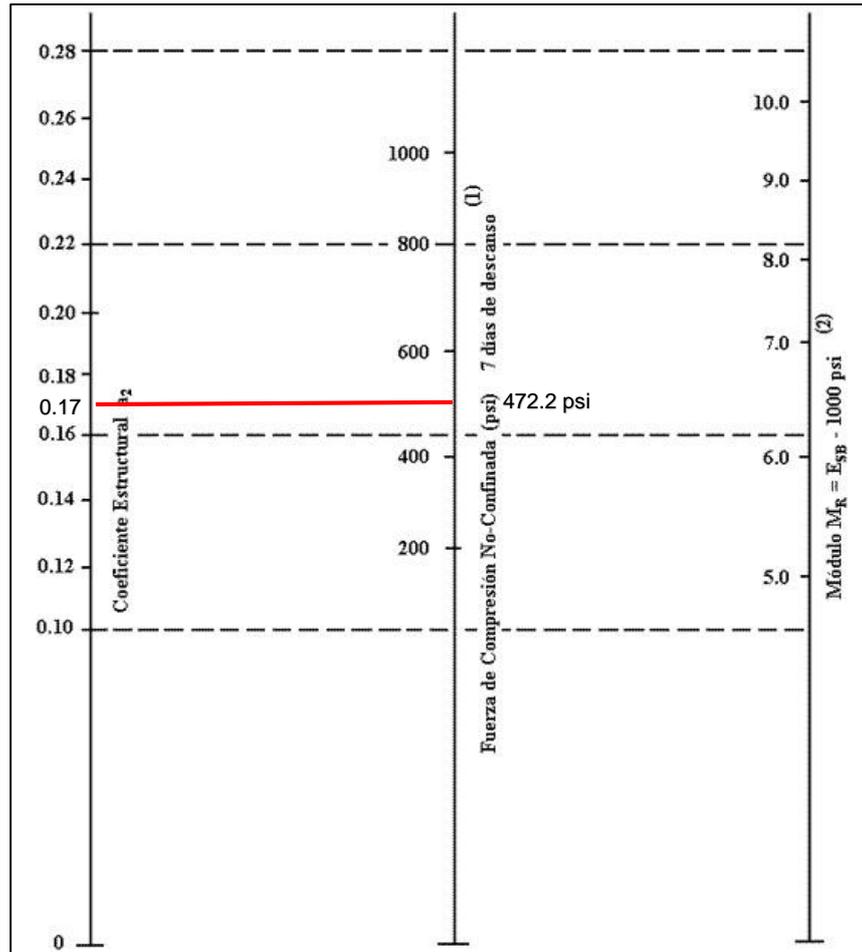


Figura 24. Valor del coeficiente estructural para una base estabilizada con el nomograma para base granular tratada con cemento

E. Coeficiente estructural “a₂” Adoptado

Para efectos de adoptar el coeficiente estructural para la base estabilizada con la tecnología Proes, al ser una base semiligada se considera los resultados obtenidos de los ensayos realizados, y por experiencia mediante un ensayo de Modulo Resiliente Triaxial dinámico (para conseguir el coeficiente estructural).

- ✓ Coeficiente estructural a₂, por Módulo Resiliente de la Base Proes = 0.20 para espesor en pulg.
- ✓ Coeficiente estructural a₂, por Estabilidad = 0.278 para espesor en pulg.
- ✓ Coeficiente estructural a₂, por UCS = 0.17 para espesor en pulg.

El coeficiente estructural seleccionado es **0.20** para espesor en pulgadas, calculado sólo y cuando la base Proes cumple con un módulo elástico de 369 Mpa o 53322 psi mediante el nomograma de Base Granular por las siguientes razones:

- ✓ La base estabilizada con Proes, por ser una base semi ligada mantiene un comportamiento similar a una base granular sin tratamiento, según la experiencia en ensayos de módulo resiliente triaxial (MrTx).
- ✓ No se puede utilizar el coeficiente estructural por estabilidad puesto que la base estabilizada con Asfalto es un base ligada y por las características de los polímeros eleva la capacidad estructural del material, sin embargo se obtuvo resultados altos con la base estabilizada con Proes, este valor puede traer consecuencias de deficiencias estructurales.
- ✓ No se puede utilizar el coeficiente estructural por resistencia a la compresión no confinada, puesto que el comportamiento de una base granular estabilizada con cemento es rígida y tiene una falla frágil mientras que el comportamiento de una base estabilizada con Proes es semiligada y la falla es más dúctil puesto que al ser sometida a un ensayo de módulo resiliente triaxial, la rotura o falla en el ensayo de resistencia al corte de una base estabilizada con Proes es más prolongada que la rotura o falla en el ensayo de resistencia al corte en una base estabilizada con cemento de la misma forma que en un ensayo de tracción indirecta.

Con esto se comprueba la primera hipótesis específica: El coeficiente estructural utilizado de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y Proes es **0.20/pulg o su equivalente 0.079/cm.**

Con esto podemos tener el diseño de pavimentos final y quedaría de esta forma:

Tabla 30. Diseño de pavimentos

Sectores Homogéneos		CBR de diseño (%)	Espesor capa granular requerido según NAASRA (mm)	Diseño de Pavimento Tramo de Prueba				
				Espesor Total (mm)	Espesor material granular remanente sin estabilizar (mm)	Espesor Estabilizado Tecnología PROES que cumple el SN = 0.87 (mm)	Coficiente Estructural "a2" 0.079/cm 0.20/pulg	Numero Estructural "SN"
80+000	84+000	18.8	150	210	100	110	0.079	0.87
84+200	90+000	16.0	180	210	100	110	0.079	0.87

Tabla 31. Detalle de solución para el pavimento

DETALLE SOLUCION DE INGENIERÍA - TRAMO 04 Y TRAMO 05, RUTA A																																																		
Km 80+000	Km 80+200	Km 80+400	Km 80+600	Km 80+800	Km 81+000	Km 81+200	Km 81+400	Km 81+600	Km 81+800	Km 82+000	Km 82+200	Km 82+400	Km 82+600	Km 82+800	Km 83+000	Km 83+200	Km 83+400	Km 83+600	Km 83+800	Km 84+000	Km 84+200	Km 84+400	Km 84+600	Km 84+800	Km 85+000	Km 85+200	Km 85+400	Km 85+600	Km 85+800	Km 86+000	Km 86+200	Km 86+400	Km 86+600	Km 86+800	Km 87+000	Km 87+200	Km 87+400	Km 87+600	Km 87+800	Km 88+000	Km 88+200	Km 88+400	Km 88+600	Km 88+800	Km 89+000	Km 89+200	Km 89+400	Km 89+600	Km 89+800	Km 90+000
Afirmado existente	24	23	22	22	22	22	23	23	24	25	25	25	25	25	25	25	25	25	30	30	26	28	29	30	25	25	26	20	20	20	24	25	18	19	25	25	20	25	23	20	21	25	25	25	25	25	26	25	23	25
CBR de Diseño	18.8%															16%																																		
Espesor de Pavimento Equivalente	20 cm															20 cm																																		
CBR Subrasante	11%															17%																																		
ESPEJOR DE PAVIMENTO DISEÑO NAASRA	21 cm																																																	
Recarga Necesaria	1 cm															1 cm																																		
EJES EQUIVALENTES ESAL	3.750E+05																																																	
Base Estabilizada / Base Gran.	11 cm																																																	
Capa Material Granular subyacente	10 cm															10 cm																																		
Cantera de Influencia	CANTERA 85+500 Acceso 20 m																																																	
Solución Basica/Alternativas	ESTABILIZACION CON TECNOLOGÍA PROES (AS: ROCATECH 70/30, AL: PROES 100)																																																	

3.4.5 Fase de campo

Determinado el coeficiente estructural para una base estabilizada con Rocatech 70/30 y Proes, se procede a la construcción del tramo de prueba que comprende un total de 9.8 km en los tramos: 3T4A Amparaes-Emp. Pte. Manto-Colca desde (90+000-84+200) y 3T5A Colca-Quebrada desde (84+000-80+000).

3.4.5.1 Construcción del tramo de prueba (base estabilizada Proes)

Esta construcción por ser un tramo experimental, se tiene muchos cuidados desde el mejoramiento de la subrasante, calidad del aditivo sólido nuevo (forma de traslado), y demás procesos constructivos relacionados a la base estabilizada con la tecnología Proes.

A. Mejoramiento de subrasante

La subrasante; por ser la superficie sobre la cual se apoya la estructura de la base estabilizada con Proes, normalmente se conforma con los suelos naturales disponibles del tramo, sin embargo existe un sector desde el km 88+200 hasta el km 88+350 de 150 m de longitud donde el material in situ es mejorado aumentando el espesor de la subrasante de forma tal de obtener una plataforma adecuada para construir la base estabilizada con la tecnología Proes.

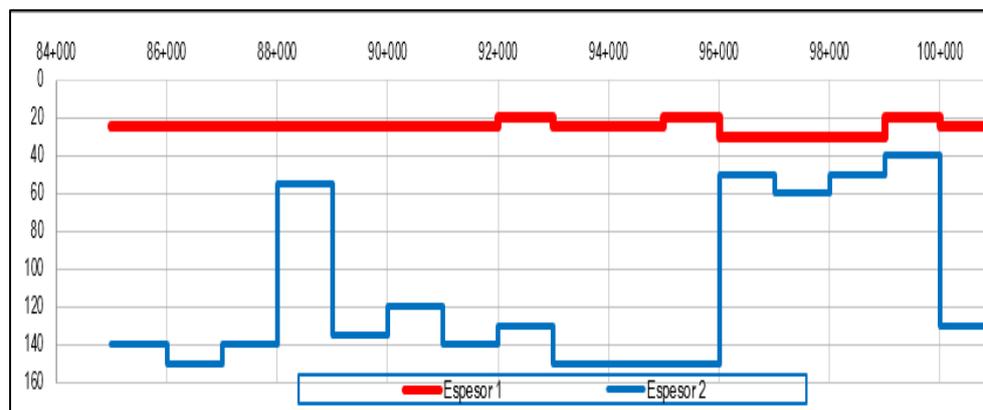


Gráfico 2. Sectorización de subrasante



Figura 25. Incorporación de material para mejoramiento de la subrasante

B. Recarga de material a estabilizar

Se realiza el seguimiento desde el proceso de la extracción de cantera, acopio, recarga en la plataforma de este material con plasticidad ensayado en el laboratorio, hasta el tendido de material para poder aplicar los aditivos sólido y líquido.



Figura 26. Extracción de cantera, zarandeo y carguío de material con plasticidad



Figura 27. Recarga de material a estabilizar



Figura 28. Tendido de material a estabilizar

C. Aplicación de aditivo sólido (Rocatech 70/30)

Después del mejoramiento de la subrasante y de la recarga de material, se incorpora el aditivo sólido Rocatech 70/30, para el tramo de prueba se optó dos formas de trabajo, mediante Big Bag de 1500 Kg o en Bolsa de 50 Kg, sin embargo se terminó utilizando bolsas de 50 kg para tener el menor desperdicio posible y mayor homogenización.



Figura 29. Rocatech 70/30 en big bag, separado con la longitud correspondiente



Figura 30. Aplicación del Rocatech 70/30 en la plataforma a estabilizar



Figura 31. Aplicación del Rocatech 70/30 en bolsa de 50 kg



Figura 32. Rocatech 70/30 en bolsas, separado con la longitud correspondiente



Figura 33. Tendido de Rocatech 70/30 en la plataforma a estabilizar



Figura 34. Escarificado de material con Rocatech 70/30



Figura 35. Mezclado de material de cantera con Rocatech 70/30 en seco

D. Aplicación de aditivo líquido (Proes 100)

Luego del batido en seco del material de cantera recargada a la plataforma con el aditivo sólido Rocatech 70/30, se procede a la incorporación del aditivo líquido (Proes 100) con la dosificación según calculo.



Fig. 36. Adición del aditivo líquido (Proes 100) en la cisterna con agua



Figura 37. Incorporación de dilución agua y Proes a la mezcla en seco



Figura 38. Mezclado aditivo líquido Proes, con material de recarga y Rocatech 70/30

E. Conformación, compactación y sellado de la base estabilizada con Proes

Luego del batido, mezclado y homogenización del material de recarga para estabilización con el aditivo sólido Rocatech 70/30 y el aditivo líquido Proes 100, se conforma la base estabilizada y se compacta manteniendo el óptimo contenido de Humedad y mínimo el 95 % de la máxima densidad seca.



Figura 39. Conformación de la base estabilizada



Figura 40. Compactación de la base estabilizada



Figura 41. Refine de la base estabilizada



Figura 42. Sellado de la base estabilizada



Figura 43. Sellado de huecos en la base estabilizada



Figura 44. Acabado de la base estabilizada sin recubrimiento



Figura 45. Riego de liga de la base estabilizada



Figura 46. Slurry Seal en la base estabilizada



Figura 47. Acabado de la base estabilizada con recubrimiento

3.4.5.2 Control de calidad y estructural

Se programó las actividades principales a desarrollarse para la obtención de resultados de control de calidad, garantizando la conservación periódica con un programa de puntos de inspección (PPI), y dentro de las principales actividades propias de la solución básica que consiste en estabilización con la tecnología Proes que son los principales controles para que pasen los protocolos de calidad según las especificaciones técnicas de Proes y el Plan de aseguramiento de la calidad que se encuentra dentro del Plan de Conservación Vial.

Tabla 32. Plan de aseguramiento de la calidad según Plan de Conservación Vial

Descripción operativa	Tipo de inspección	Procedimiento o norma	Control interno				Control Externo			
			Frecuencia	Tipo Punto	Lugar de Muestreo	Responsable	Frecuencia (*)	Tipo Punto	Responsable	Tolerancia
CBR de pista	Mecánica	ASTM D 1883/ MTC E 132	1 CADA 500 ml	PP	Pista	Tec. Laboratorio	100%	PC	Jefe Laboratorio	$\geq 116\%$, referido al 100% MDS y (0.1")
Compactación	Mecánica	MTC E 117/MTC E 124	1 CADA 250 M2	PE	Pista	Tec. Laboratorio	100%	PC	Jefe Laboratorio	$\geq 95\%$ DMS
PDC	Mecánica	ASTM D6951 - 03	1 CADA 200 ml	PP	Pista	Tec. Laboratorio	100%	PC	Jefe Laboratorio	$\geq 116\%$, referido al 100% MDS y (0.1")
Espesor	Visual	Espesor promedio por día	PN	Pista	Encargado	30%	PC	Jefe de Calidad	ed + - 10 mm (ed Espesor Diseño)
Módulo Elástico	Mecánica	LWD (Deflectómetro de Impacto Liviano)	5 CADA 1000 ml	PP	Pista	Encargado	100%	PC	Jefe de Calidad	Mín. 369 MPa

A. Control de materiales estabilizados en pista (CBR)

El material de recarga de cantera con el que se trabajó en laboratorio debe ser verificado mediante ensayos de granulometría, límites, humedad, proctor modificado y CBR con las dosificaciones ya establecidas en el diseño.



Figura 48. Control de materiales estabilizados en pista

B. Control de compactación con densímetro nuclear

Es el primer control que se realiza para determinar la compactación de suelo, respecto a la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.



Figura 49. Control de compactación de la base con densímetro nuclear

C. Control con penetración dinámica de cono PDC (CBR in situ)

Los controles de los valores de CBR in situ, con el equipo penetrómetro dinámico de cono (PDC). El parámetro de control para la base estabilizada con la tecnología Proes, es la obtención de una base estabilizada con alto valor de CBR ($>100\%$) del 100% MDS en una penetración de (0.1”).



Figura 50. Control de penetración dinámica de cono (PDC)

3.4.5.3 Control de la capacidad estructural de la base estabilizada con Proes

Para la medición de la deflexión y seguimiento del módulo elástico de la base estabilizada con Proes se aplica el ensayo no destructivo que consiste en la medición de la deflectometría del tramo de prueba, con la utilización del Deflectómetro de Impacto Liviano o LWD (Light Weight Deflectometer), éste es un aparato manual que aplica una carga dinámica conocida sobre la superficie y simula la carga de una rueda, lo que produce una deflexión o deformación elástica que es medida mediante geófonos. Esta información

de carga y deformación, es almacenada y procesada, permitiendo estimar el módulo elástico de la base estabilizada con Proes.



Figura 51. Configuración básica del LWD y elementos opcionales

Los principales elementos para la medición de la deflexión y módulo de la superficie en la utilización del LWD son:

- ✓ Una unidad base con celda de carga, geófono central, unidad electrónica, módulo inalámbrico y plato fijo (150 mm)
- ✓ Plato de 300 mm de diámetro (sistema de doble placa 150/300 mm)
- ✓ Lámina de goma de 300 mm de diámetro
- ✓ Eje guía, de acero inoxidable, dividido en dos partes, superior e inferior
- ✓ Gatillo ("Catch")
- ✓ Un set de cojines amortiguadores (dos grises)
- ✓ Peso básico de 15 y 20 kg
- ✓ Carro con ruedas para moverlo en terreno durante las mediciones
- ✓ Caja para transportar y guardar el LWD
- ✓ Cargador para baterías (AA)

Las consideraciones para la correcta medición son:

- ✓ Evitar que se mueva el plato (usar ambos pies en el borde del plato para mantenerlo en su lugar).
- ✓ Se trabaja con 6 golpes en cada punto, o hasta que se vea consistencia entre los resultados de deflexión de los 4 primeros golpes consecutivos.
- ✓ Se utilizó el diámetro de la placa con 300 mm, para poder hacer efectivo el radio de 150 mm que simula el paso de un neumático, así determinar

módulos de capa superior con espesores. Con esto se mejora mucho la calidad de la información que se obtiene del ensayo.



Figura 52. Partes del LWD y operación en terreno

Aunque se puede simplemente leer los resultados en pantalla, es necesario pasar los datos a la pc para luego proceder al retrocálculo con el software LWDmod. En el computador de mano, se debe mirar 3 cosas, como control de calidad:

- ✓ Que el pulso sea entre 15 y 30 milisegundos, que representa una buena simulación de una carga de rueda que se acerca y luego se retira del punto evaluado.
- ✓ Que el valor de la deflexión sea idealmente superior a 25 micrones.
- ✓ Que las curvas de carga (línea roja) y de deflexión (línea azul) sean suaves, sin saltos, y terminen planas. Se trabaja con los valores máximos de estas curvas.



Figura 53. Computador de mano Juno - Trimble

De esta manera se determina las respectivas deflexiones que presenta la base estabilizada con Proes, asimismo retroanalizar los módulos elásticos de la base para la obtención del **SN = 0.87** señalado en los **TdR** (términos de referencia), y así cumplir con el nivel estructural mínimo exigido.

Para luego hacer el seguimiento del módulo elásticos según pasa el tiempo y aumento el tránsito, por lo tanto la medición se realiza a nivel de subrasante, después de terminada a construcción de la base estabilizada con y sin recubrimiento de Slurry Seal, a los 4 meses y 14 meses de construida la base.



Figura 54. Medición con LWD en la subrasante



Figura 55. Medición con LWD en la base estabilizada sin recubrimiento a los 7 días



Figura 56. Medición con LWD en la base estabilizada con recubrimiento a los 7 días



Figura 57. Medición con LWD en la base estabilizada a los 4 meses



Figura 58. Medición con LWD en la base estabilizada a los 14 meses

3.4.6 Fase operacional

3.4.6.1 Retroanálisis del módulo elástico de la base estabilizada con Proes

Obtenidos los datos de la deflexión y módulo de la superficie con LWD, se procesan por medio de una técnica analítica conocida como retrocálculo o retroanálisis para definir el módulo elástico equivalente la base estabilizada con la tecnología Proes, que corresponde a una carga conocida aplicada, y a unas deflexiones inducidas. El análisis se puede desarrollar a partir de métodos iterativos, búsqueda en bases de datos, ecuaciones simultáneas, etc.; en este apartado se trabaja mediante el software LWDmod, que ayuda a obtener el módulo elástico de la Base Proes “E” o “E1”, de esta manera realizar el seguimiento del módulo de acuerdo al tiempo y tráfico ⁽²⁷⁾.

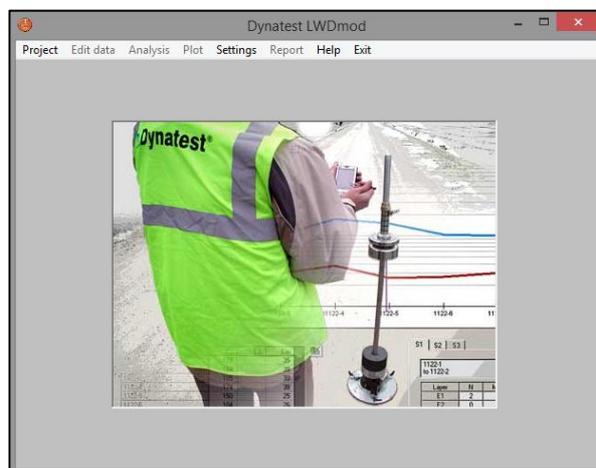


Figura 59. Software LWDmod

Lo más importante para el análisis son el tamaño del plato (radius), carga (load) y deflexión (defl). Con carga y tamaño del plato se obtiene la presión de contacto (Stress) usando simplemente carga dividido por área.

A. Formas de analizar los datos

Los siguientes pasos son los más importantes para lo que creemos que una base estabilizada con Proes necesita:

- ✓ Normalizar deflexiones. Usar el mismo nivel de carga en todos los puntos que se van a comparar las deflexiones. La deflexión se asume proporcional a la carga, dentro un rango de un 10% (se aplica “regla de tres” para normalizar).
- ✓ Calculo del módulo de superficie. Este es un cálculo directo que usa las deflexiones y pocos parámetros para calcular la rigidez de un “semi-espacio infinito” (asume que debajo del plato es el mismo material).
- ✓ Calcular el módulo elástico de cada capa. Esto implica un proceso que permite obtener el módulo de capa, a diferencia del módulo de superficie, que asume que hay un solo material. Requiere retroanálisis, descartando las deflexiones más alejadas, por ejemplo de 6 deflexiones se escoge las 3 menos dispersas ⁽²⁷⁾.

B. Módulo de la superficie

Como se indicó, esto es una simplificación que asume que debajo del LWD (hasta donde éste puede medir, aproximadamente 1.5 veces el diámetro del plato) hay un solo material y que este material se comporta “bien” (es lineal elástico e isotrópico) ⁽²⁷⁾.

Es muy importante distinguir entre módulo de superficie (llamado Emod o también Eo) y el módulo elástico de una capa (llamado E, o E1 cuando se habla de la capa 1). Módulo de superficie es “todo para abajo”. Es un promedio de los módulos de las capas, ponderado por los espesores de cada capa, pero solo hasta la profundidad que el aparato pueda “ver”. Por otro lado, el módulo elástico es una propiedad de ingeniería del material, y es la mejor información de que se puede disponer para pavimentos ⁽²⁷⁾.

El suelo “siente” la carga y en él ocurren deformaciones verticales y radiales bajo el plato del LWD y en las cercanías. Para el caso particular de una carga puntual, perpendicular a la superficie, existen las llamadas ecuaciones de Boussinesq. Como el LWD aplica una carga que no es puntual, sino que distribuida en un área circular, se aplica una corrección a la ecuación de Boussinesq para la deflexión ⁽²⁷⁾.

Se utiliza la fórmula:

$$E_0 = \frac{f * (1 - \nu^2) * \sigma_0 * a}{d_0}$$

Dónde:

E_0 = módulo de superficie

f = factor de distribución de presión

ν = coeficiente de Poisson (se usa $\nu = 0.35$)

σ_0 = presión de contacto (carga/área)

a = radio del plato

d_0 = deflexión medida al centro del plato ⁽²⁷⁾.

El factor de distribución de presión tiene que ver con el hecho de que el material debajo del plato “siente” la carga distribuida de un cierto modo, que depende del material. Si el material es perfectamente elástico y el plato del LWD es perfectamente rígido, entonces toda la carga se distribuiría en un pequeño anillo en el borde del plato. Ese anillo tendría un área infinitamente pequeña y la presión sería infinitamente alta. Esto en la práctica no es real, pero en materiales cohesivos la carga se distribuye de manera parecida al caso teórico, es decir, hay más presión de contacto en los bordes del plato. ⁽²⁷⁾.

Por otro lado, cuando se ensaya sobre materiales no cohesivos (granulares), teóricamente no debería haber nada de presión justo afuera del plato, pues en condiciones no confinadas las partículas fuera del plato “no le ayudan” a las partículas que están bajo el plato a soportar la carga que aplica el LWD. ⁽²⁷⁾.

El factor f de la fórmula del módulo de superficie entonces debe elegirse de forma tal que represente al material que está siendo evaluado. Los siguientes valores se pueden usar como referencia ⁽²⁷⁾:

Tabla 33. Valores de referencia del factor de distribución de presión

Distribución de presión	Factor f
Granular, distribución uniforme (misma tensión en todo el plato)	2
Cohesivo, plato rígido (misma deflexión en todo el plato)	1.57 ($\pi/2$)
Granular, distribución parabólica	2.67 ($8/3$)
Cohesivo, distribución parabólica	1.33 ($4/3$)

Los valores de distribución parabólica son los que resultan de asumir que no hay nada de presión en el borde (si es material granular) o en el centro del plato (si es material cohesivo). Es difícil saber cuál es la distribución de presiones bajo el plato, y entonces usar un factor 1.57 o un factor 2 puede ser la solución que nos permita reportar un módulo de superficie. Sin embargo se recomienda utilizar el factor **2**, por trabajar con materiales granulares cohesivos, asimismo mediante mediciones de las deflexiones a diferentes distancias del centro del plato (usando geófonos adicionales). Con estas deflexiones adicionales se puede despejar el valor del factor de distribución de tensión, usando la relación entre módulo y deflexión para carga puntual, y entonces el valor exacto del módulo queda solamente sujeto a la incertidumbre del valor del coeficiente de Poisson (que típicamente se desvía poco de un valor de 0.35 para materiales que se usan en pavimentación) ⁽²⁷⁾.

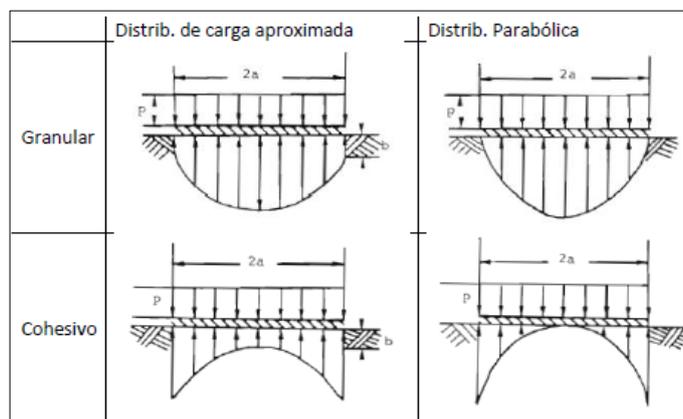


Figura 60. Distribución de presión materiales granulares y cohesivos

C. Espesor de la base o capa en control

Al utilizar más de un plato de carga es posible que el software LWDmod se calcule el espesor de la capa que se está calculando, sin embargo, el error propio asociado a este retro análisis comparado con la obtención de datos de terreno durante el control de construcción y la velocidad de control utilizada con un solo plato, hace poco efectiva la utilización de más de un plato para lograr este objetivo. Por lo que también se recomienda utilizar el plato de carga de 300 mm.

D. Fijar el valor módulo de la subrasante

Para realizar el retro análisis se fijó el módulo de la subrasante, el cual se estimó a partir de ensayos previos de laboratorio (CBR a la densidad natural) y mediciones de deflexiones en calicatas con el mismo equipo.

E. Fijar el valor “n” en cero

Este coeficiente representa el comportamiento lineal o no-lineal que presenta la subrasante. Para fines del control de calidad, y dado que se utiliza un solo geófono en las mediciones de terreno, este valor deberá fijarse en cero (0).

F. El software puede calcular los parámetros “E1”, “n” y Eo”

En el caso que se tengan mediciones con los 3 geófonos el software LWDmod puede calcular los parámetros mencionados, de lo contrario, se deben fijar los valores de “n” y “E₀”. El uso de 3 geófonos es para mediciones cuando se tenga dudas sobre la información existente sobre capacidad de la subrasante, se sugiere realizar mediciones de deflexiones con los 3 geófonos de modo de obtener la cuenca de deflexiones.

G. Análisis con LWD (módulos elásticos)

El análisis con LWDmod comienza con filtrar datos mirando las historias de tiempo, eliminando los ensayos inadecuados. La opción que ofrece el

programa de mirar los gráficos y los resultados de retroanálisis rápidamente permiten de forma eficiente seleccionar qué datos utilizar y qué datos descartar. Se utilizaron más datos de las mediciones en la última campaña de medición realizada en octubre de 2015, a comparación a la primera campaña realizada a los 7 días construida la base Proes.

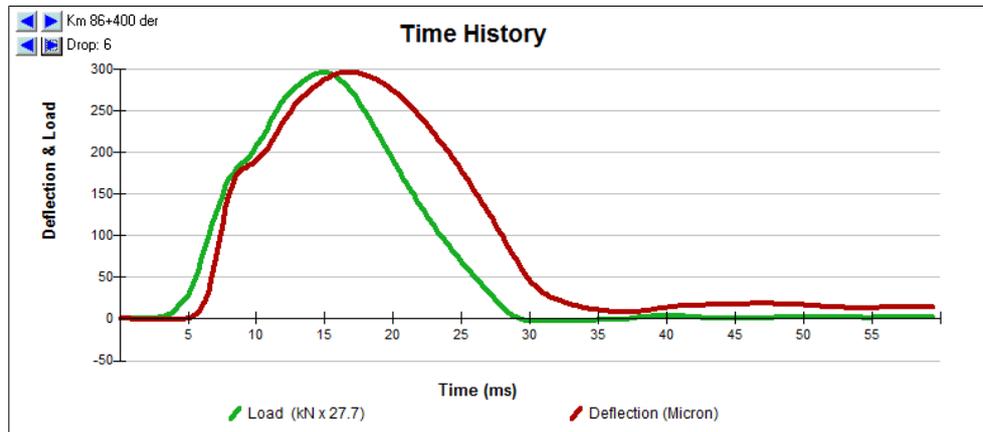


Gráfico 3. Carga y deflexión en un punto de medición

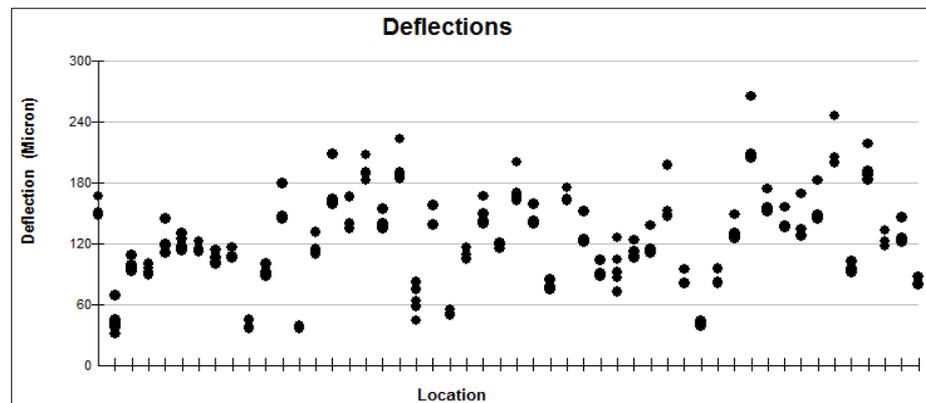


Gráfico 4. Deflexión y localización con LWDmod

El análisis para determinar los módulos de las capas después de haber ensayado con un solo tamaño de plato. Se eliminó los puntos más alejados de todo el intervalo de deflexiones, así mismo la cantidad de golpes escogidos va por criterio del profesional a cargo, existe casos donde se puede eliminar de 2 a 5 golpes según la cantidad de golpes por punto y según la variabilidad de dispersión de deflexiones ⁽²⁷⁾.

File: 3AT4, 90+000 - 84+000 Point: Km 89+000 izq

Points Show graph File Settings Seeds

No. of drops 5 Next point Previous point

No.	Use	Radius		Stress			Distances, mm			Deflections, Micron			Deflections, calc.			Em	Eo	RMS	n
		mm	kPa	G1	G2	G3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	MPa	MPa					
1	<input checked="" type="checkbox"/>	150	152	0			297												
2	<input checked="" type="checkbox"/>	150	153	0			243												
3	<input checked="" type="checkbox"/>	150	152	0			236												
4	<input checked="" type="checkbox"/>	150	152	0			231			230			120	174	1				
5	<input checked="" type="checkbox"/>	150	152	0			230			230			120	174	0				
6	<input checked="" type="checkbox"/>	150	153	0			230			231			120	174	1				

Structure and seed values

No. of layers 2 Deflections

h 110 mm E 369 MPa

n 0 C 104 MPa

Depth to bedrock 0 mm

Results RMS %

Calculate point Save

Calculate project Stop

h 110 mm E1 480 MPa

n 0 C 120 MPa Em 120 MPa

Depth to bedrock 0 mm

Width 3 Steps 3 Alternate 2

New values as seeds

Surface Modulus Design

Existing surface modulus 174 MPa Calculate point

Required surface modulus MPa Save

Required thickness mm Calculate project

Notes

Save Notes

Figura 61. Análisis por punto medido con LWDmod

CAPÍTULO IV

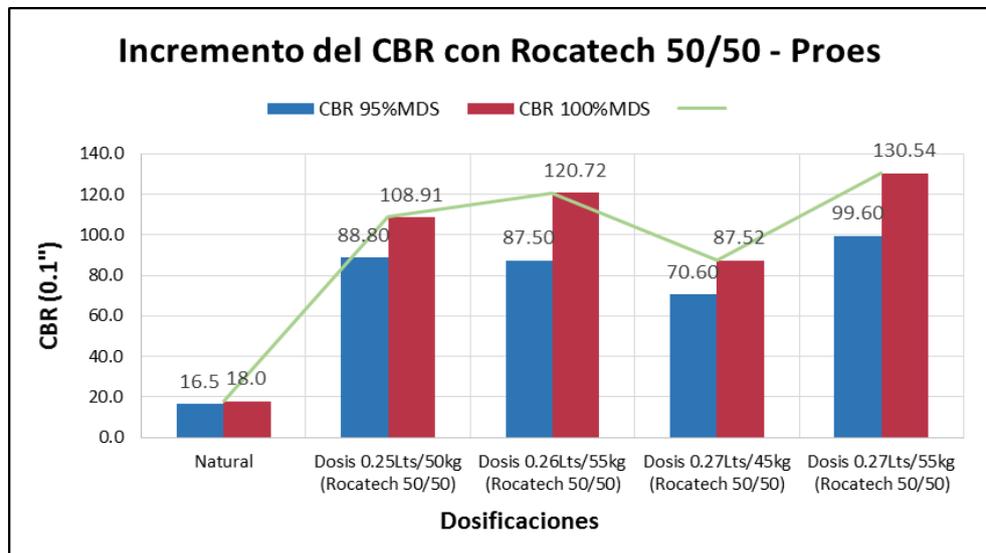
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS DEL TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

4.1.1 Resultados de control de calidad y laboratorio

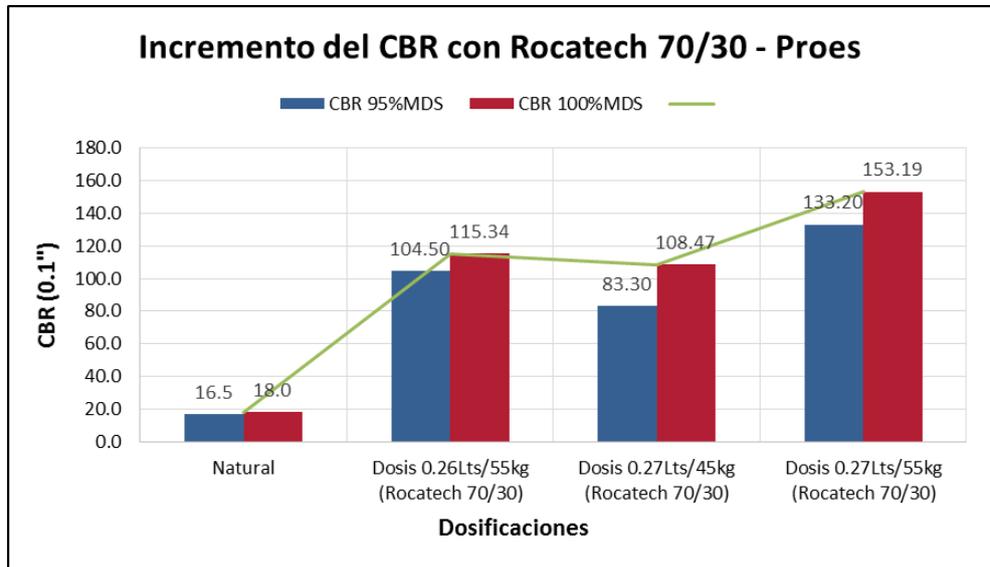
4.1.1.1 Incremento de capacidad de soporte con Proes y Rocatech 50/50, cantera 85+500

Gráfico 5. Incremento del CBR con Rocatech 50/50 - Proes



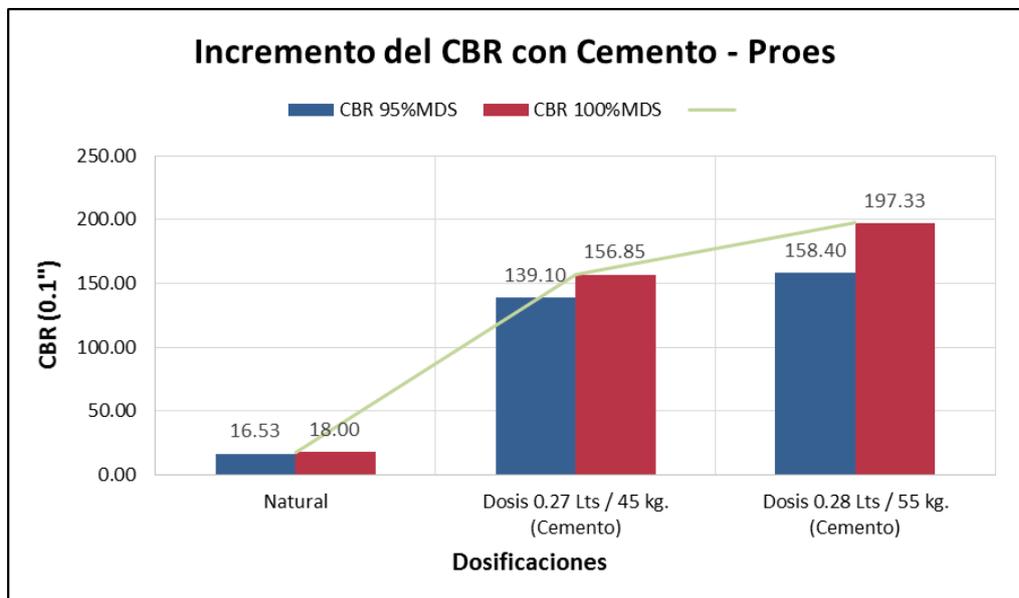
4.1.1.2 Incremento de capacidad de soporte con Proes y Rocatech 70/30

Gráfico 6. Incremento del CBR con Rocatech 70/30-Proes



4.1.1.3 Incremento de capacidad de soporte con Proes y cemento

Gráfico 7. Incremento del CBR con cemento-Proes



De acuerdo a los resultados se puede verificar que el valor de soporte (CBR) va en ascenso utilizando los aditivos Rocatech 50/50, Rocatech 70/30 y cemento como aglomerante para la tecnología Proes.

Sin embargo el incremento importante con Rocatech 70/30 y Proes, cumple con lo exigido en el Plan de Conservación Vial, $CBR > 116\%$.

4.1.2 Resultados del control de la capacidad estructural de la base estabilizada con Proes y Rocatech 70/30

El requerimiento estructural mínimo exigido por los **TdR** (términos de referencia) es **SN = 0.87**, este número estructural solo corresponde a la capa de material estabilizado. Según el (Ítem 3.4.4.2), para una base estabilizada con Proes donde el coeficiente estructural es **$a_2 = 0.20/\text{pulg}$** o su equivalente **$a_2 = 0.079/\text{cm}$** , entonces el espesor mínimo adoptado para la base estabilizada con la tecnología Proes es **11.0 cm**.

De la fórmula de la Aashto 93: **$a_2 = 0.249 \cdot \log(E_b) - 0.977$** , donde **$a_2 = 0.2/\text{pulg}$** el módulo elástico sería **$E_b = 369 \text{ MPa}$** , por lo que para la Base estabilizada con Proes mínimo sería $E_1 = 369 \text{ MPa}$, valor que se hace el seguimiento, desde el tiempo de construcción hasta la actualidad.

El tramo de prueba donde se realizó la medición se encuentra entre las progresivas 90+000 – 80+000, de los tramos 3AT4 y 3AT5.

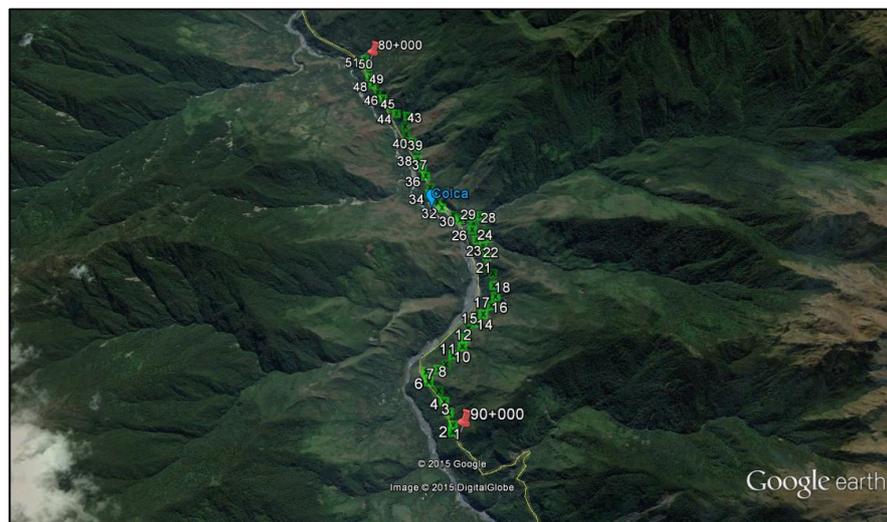


Figura 62. Lugar de medición con LWD

Resultados de módulo elástico de la base estabilizada con Proes a los 7 días de construcción. Más del 90% de los puntos medidos tienen un Módulo Elástico: $E_1 > 369 \text{ MPa}$.

Gráfico 8. Resultados del módulo a los 7 días de construcción

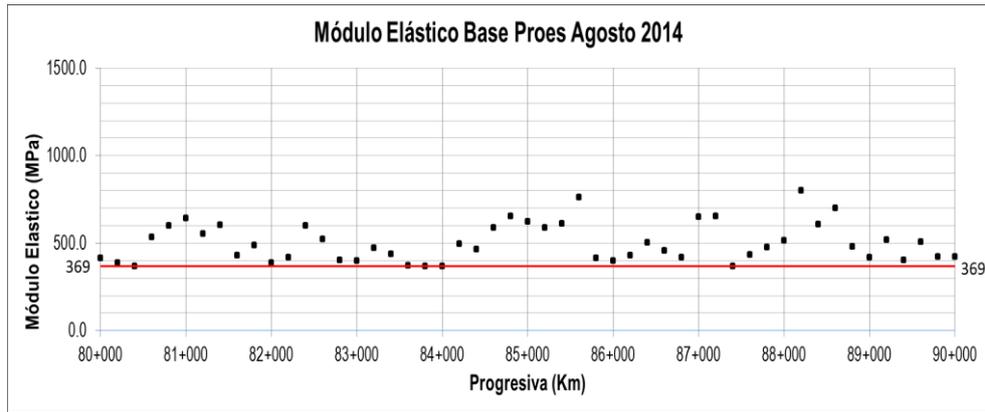
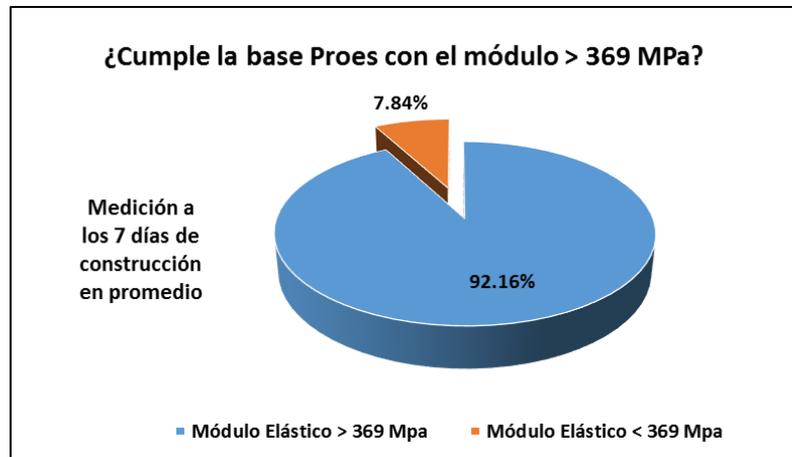


Gráfico 9. Porcentaje de los resultados del módulo a los 7 días de construcción



Resultados de módulo elástico de la base estabilizada con Proes a los 40 días de construcción. El 100 % de los puntos medidos tienen un módulo elástico: $E1 > 369$ MPa.

Gráfico 10. Resultados del Módulo a los 40 días de construcción

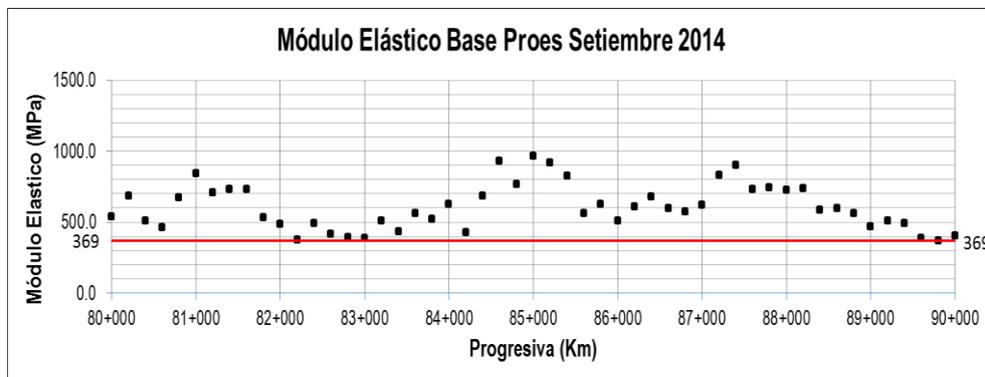
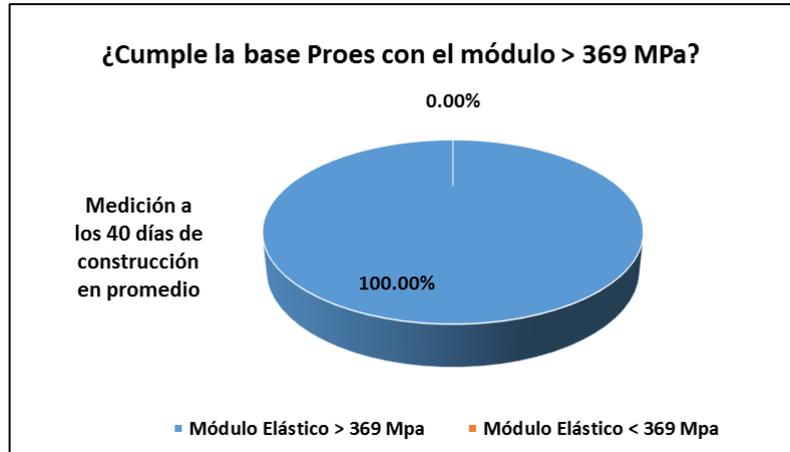


Gráfico 11. Porcentaje de los resultados del módulo a los 40 días de construcción



Resultados de módulo elástico de la base estabilizada con Proes a los 400 días de construcción. El 100 % de los puntos medidos tienen un módulo elástico: $E_1 > 369$ MPa.

Gráfico 12. Resultados del Módulo a los 400 días de construcción

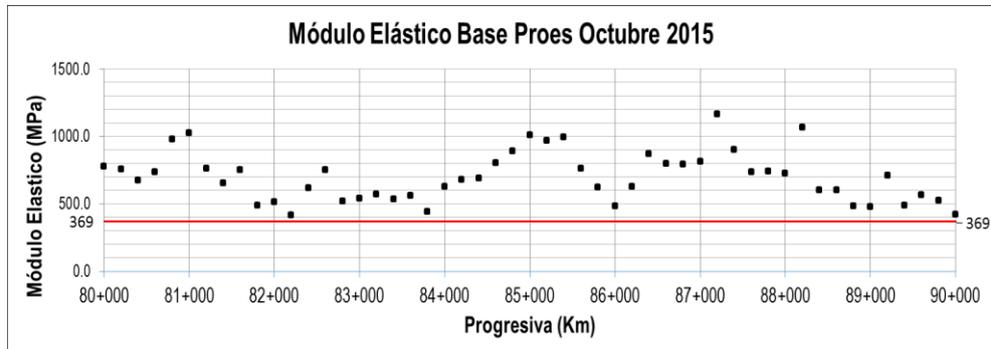
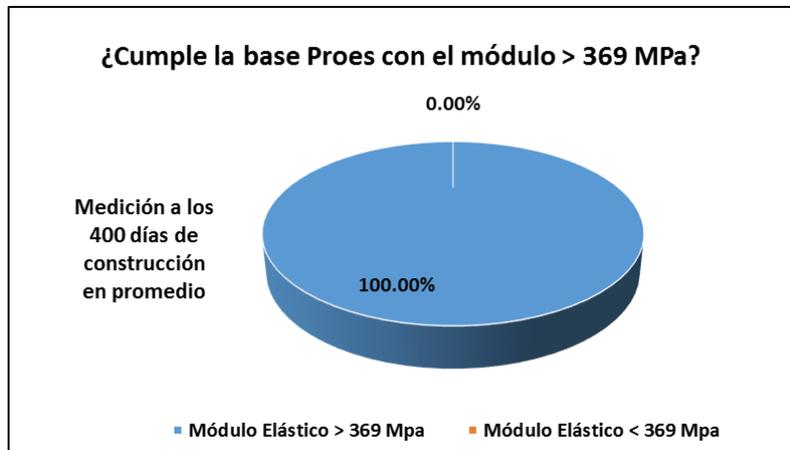


Gráfico 13. Porcentaje de los resultados del módulo a los 400 días de construcción



Resultados de módulo elástico de la base estabilizada con Proes a los 640 días de construcción. El 98.04% de los puntos medidos tienen un módulo elástico: $E1 > 369$ MPa.

Gráfico 14. Resultados del Módulo a los 640 días de construcción

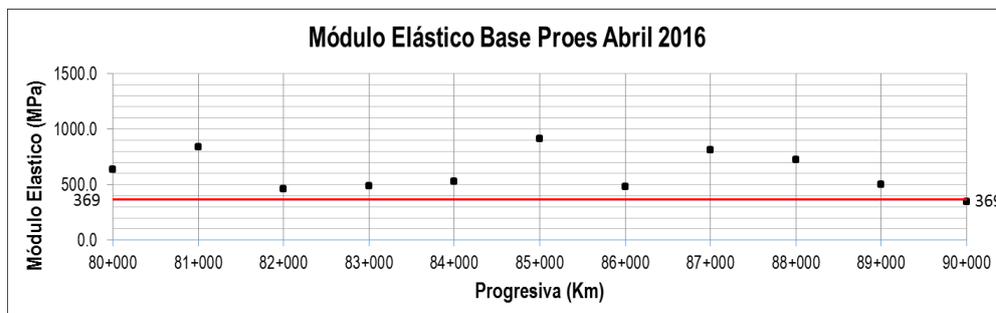
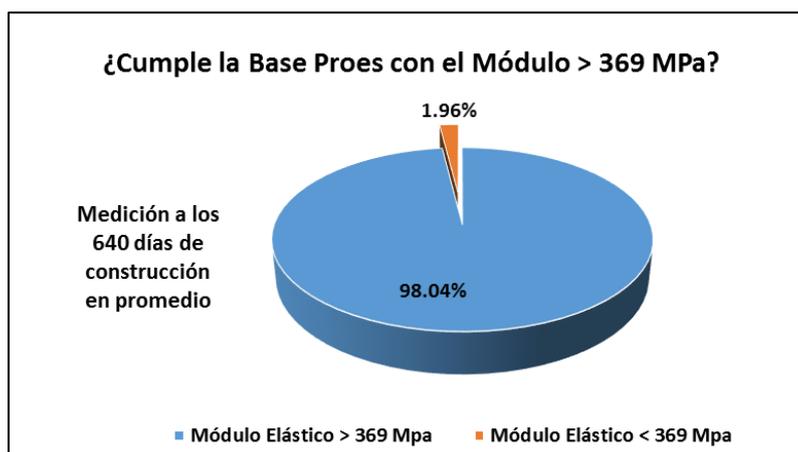


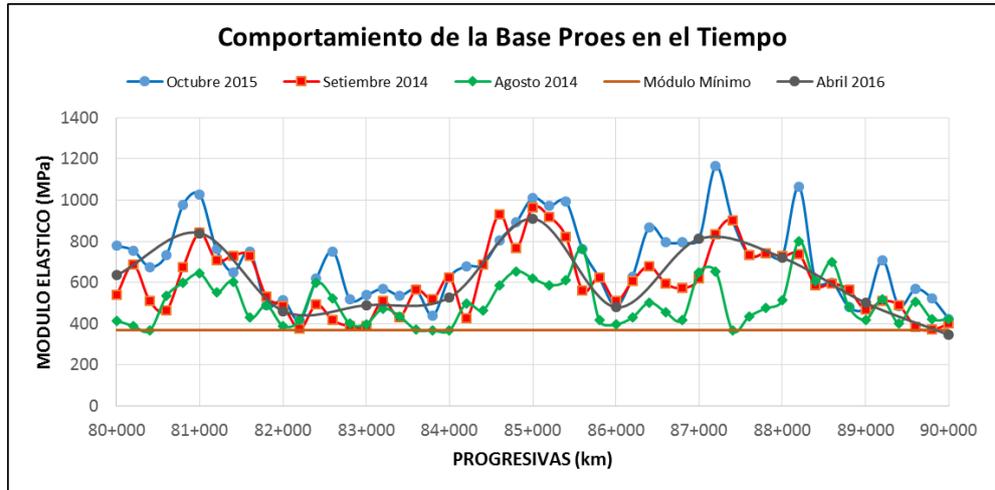
Gráfico 15. Porcentaje de los resultados del módulo a los 640 días de construcción



4.1.3 Comportamiento de la base estabilizada con Proes

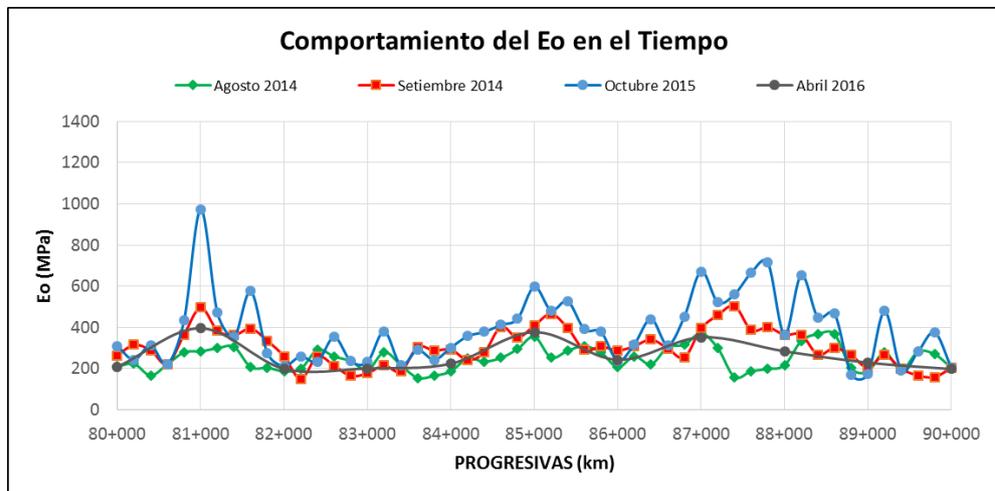
Mediante un registro tomado a los 7 días de reacción química, luego a los 40, 400 y 640 días se puede verificar que la capacidad estructural reflejada mediante el módulo elástico de la base estabilizada con Proes va en aumento de acuerdo al tráfico y el tiempo de construcción, sin embargo la base debe ser medida en el mes de Setiembre de 2016, puesto que es la fecha donde se realizó las anteriores mediciones

Gráfico 16. Comparación de la base estabilizada con Proes en el tiempo



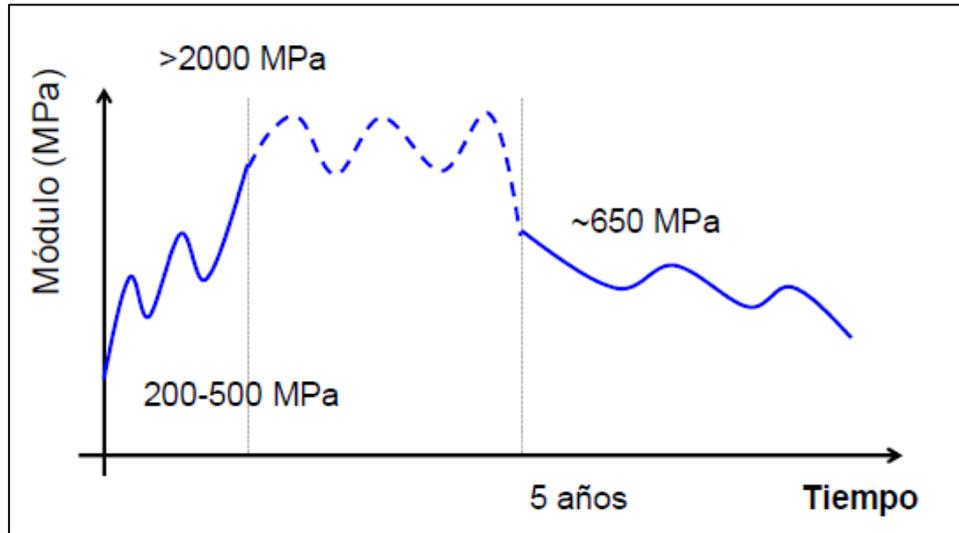
Año 2016 el E1 de la base Proes se mantiene estable, duradero y permanente en el tiempo, a pesar que se ha medido después de la temporada de lluvias, esto nos conlleva a que una Base Proes puede tener un comportamiento estable por el periodo de diseño.

Gráfico 17. Comportamiento del Eo en el tiempo



El gráfico refleja el comportamiento del módulo Superficial Eo (medición para 45 cm de profundidad), mediante el cual se puede apreciar que el tiempo en el que fue medida, la subrasante aún continuaba húmeda sin embargo esto confirma que la base estabilizada con la tecnología Proes no se pierde estabilidad frente a este cambio de la subrasante. Asimismo se recomienda realizar una nueva medición en el mes de setiembre.

Gráfico 18. Comportamiento de la base estabilizada con Proes en el tiempo



Estos resultados son beneficiosos para la población, contratista, contratante y empresa Proes dado a que se sigue manteniendo el nivel de servicio mediante la capacidad estructural exigido del pavimento, puesto que cumpliendo el valor de módulo elástico calculado y seleccionado para la base estabilizada con Proes, también se cumple con el número estructural requerido en los términos de referencia del contrato, **SN = 0.87**.

Gráfico 19. Número estructural requerido para la base estabilizada con Proes



Con estos resultados se cumple la segunda hipótesis es cual es: La utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland y esto hace que la base estabilizada con la tecnología

Proes cumpla con el nivel estructural que indica en los Términos de Referencia y Plan de Conservación Vial.

Queda claro que el aditivo sólido Rocatech 70/30 actúa muy bien como aglomerante para la utilización en la base estabilizada con la tecnología Proes. Por lo tanto la base Proes brinda un incremento importante del CBR, mantiene el comportamiento estable y flexible frente a cargas repetitivas, permite incrementar el módulo elástico del material mediante en el tiempo y tráfico, controla los cambios volumétricos.

4.1.4 Comparación de costos unitarios de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y Proes, la base estabilizada con cemento y Proes y una base granular

Para que el contratista determine la factibilidad de estabilizar los tramos mencionados en la tabla N° 10, con la tecnología Proes se desarrolló un análisis de costos unitarios comparando una estabilización mecánica tradicional con material granular chancado y una estabilización química con la tecnología Proes, de esta forma se determina cuan rentable es trabajar con la tecnología Proes, a que distancia de una cantera de material granular chancado el transporte comienza a ser más caro que la estabilización con Proes, asimismo cuanto en longitud es posible construir con material granular y con material óptima para Proes para que se mantenga un ratio de producción diario y dada que los espesores son diferentes por el material resultante de cada uno de estos.

La estabilización química con la tecnología Proes es más económica a partir de los **22 Km** de transporte de material granular chancado para un estabilizado mecánico, con **17 cm** de espesor para cumplir con el **SN = 0.87**. Esto se debe a que para la estabilización química se tienen canteras cada **5 km** aproximadamente, o hasta pie de talud, canteras que cumplen con los requisitos para la buena estabilización química con Proes, con 11 cm de espesor para cumplir con el **SN**.

Tabla 34. Análisis comparativo entre base granular y base estabilizada con Proes

ANÁLISIS DE PROYECTO

PROYECTO	RED VIAL 3 - CUSCO
UBICACIÓN	3AT4 - 3AT5 80+000 - 90+000



Datos Generales

Longitud (km)	10
Ancho (m)	4.5

Espesor (cm)		Coefficientes	SN
Base Granular	17	0.13	0.87
Base Proes	11	0.20	0.87

Aditivos

	Dosificación	
Aditivo Solido	55	kg/m3
Aditivo Líquido	0.28	lt/m3

Precios Materiales

Material Granular	26.29	S/. x m3
Agua	1	S/. x m3
Material Fino	9.03	S/. x m3
Aditivo Líquido	190	S/. x Lt
Aditivo Sólido Cemento	0.4529	S/. x Kg
Aditivo Sólido Rocatech 70/30	0.4224	S/. x Kg
Cemento Tipo I	19.25	S/. x Bolsa (42.5 Kg)
Rocatech 70/30	21.12	S/. x Bolsa (50 Kg)

Distancia Media

Material Granular	45.9	km
Material Fino	5	km
Aditivo Líquido	1200	km
Aditivo Solido	300	km
Agua	5	km

Rendimientos

	ML x Dia	M3 x dia
Base Proes	1000	495
Base Granular	1000	765

Datos Adicionales

Material de Prestamo para base Proes

100%

Costo por Unidad

	S/. x KM	S/. x M3
Base Estabilizada con Proes	56,132	113.40
Base Granular	79,180	103.50

Costo del Proyecto

Base Proes	S/. 561,315.52
Base Granular	S/. 791,801.83

4.1.4.1 Análisis de costo unitario de una base granular e = 17 cm

Tabla 35. Costo Unitario de Base Granular

1	Base Granular 17 cm					REND :	765
						UNIDAD :	M3
						COSTO UNIT.	103.50
1.1	Base Estabilizada PROES 11 cm x 5 m	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
	Mano de Obra						1.0930
	Capataz	HH	1	0.0105	25.32	0.2648	
	Operario	HH	0	0.0000	17.30	0.0000	
	Peon	HH	6	0.0627	13.20	0.8282	
	Equipo						7.9306
	MOTONIVELADORA, 180-190 HP, 14 PI	HM	2	0.0209	198.24	4.1462	
	Camion Cisterna 4x2(Agua) 178-210 H	HM	2	0.0209	73.33	1.5337	
	Rodillo Liso Vibrat. Autopo. 10-12T 10	HM	2	0.0209	105.00	2.1961	
	Herramientas Manuales	%		0.0500	1.0930	0.0547	
	Materiales						94.4799
	Agua	M3		0.0380	1	0.0379824	
	Material Granular	M3		1.3000	72.6476	94.44188	

**4.1.4.2 Análisis de costo unitario de una base estabilizada con Proes
e = 11 cm**

Tabla 36. Costo Unitario de Base Estabilizada con Proes

2.1	Base Estabilizada Cemento - PROES 11 cm					REND :	495
						UNIDAD :	M3
						COSTO UNIT.	113.40
2.1	Base Estabilizada PROES 11 cm x 5 m	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
	Mano de Obra						2.1159
	Capataz	HH		1	0.0162	25.32	0.4092
	Operario	HH		0	0.0000	17.30	0.0000
	Peon	HH		8	0.1293	13.20	1.7067
	Equipo						13.0454
	Retroexcavadora 80 - 110 HP	HM		0.5	0.0081	95.00	0.7677
	MOTONIVELADORA, 180-190 HP, 14 PIES, 3	HM		2	0.0323	198.24	6.4078
	Camion Cisterna 4x2(Agua) 178-210 HP 300	HM		2	0.0323	73.33	2.3703
	Rodillo Liso Vibrat. Autopo. 10-12T 101-135	HM		2	0.0323	105.00	3.3939
	Recicladora en Frio 396 HP	HM		0	0.0000	1100.00	0.0000
	Volquete (AS)	HM		0	0.0000	102.40	0.0000
	Herramientas Manuales	%			0.0500	2.1159	0.1058
	Materiales						98.2358
	Agua	M3			0.0900	1	0.0900
	Material de Prestamo	M3			1.2500	14.6832	18.3540
	Aditivo Liquido PROES 0.28 lts/m3	LTS			0.2800	196	54.8800
	Aditivo Solido Cemento I - 55 kg/m3	KG			55.0000	0.452941176	24.9118

Con el análisis comparativo y análisis de costos unitarios, podemos definir que una base estabilizada con Proes (**distancia promedio 5 km**) para este tramo 80+000 – 90+000 es económicamente más rentable que un base granular (**distancia promedio 45.9 km**).

Una vez sustentado que una base estabilizada con Proes es más económico para este tramo 3AT4 y 3AT5, (80+000 – 90+000). Se trata conseguir mayor rentabilidad, utilizando dentro de los aditivos sólidos (cemento, Rocatech 70/30) el aditivo que tenga un menor costo.

4.1.4.3 Análisis de costo unitario de una base estabilizada con Rocatech 70/30 – Proes

Tabla 37. Costo Unitario de base estabilizada con Rocatech 70/30 - Proes

2.2	Base Estabilizada Rocatech 70/30 - PROES 11 cm					REND :	495
						UNIDAD :	M3
						COSTO UNIT.	110.02
2.2	Base Estabilizada PROES 11 cm x 5 m	UND	CUADRILLA	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. PARCIAL	P. TOTAL
	Mano de Obra						2.1159
	Capataz	HH	1	0.0162	25.32	0.4092	
	Operario	HH	0	0.0000	17.3	0.0000	
	Peon	HH	8	0.1293	13.2	1.7067	
	Equipo						11.3485
	Retroexcavadora 80 - 110 HP	HM	0.5	0.0081	95.00	0.7677	
	MOTONIVELADORA, 180-190 HP, 14 PIES, 3	HM	2	0.0323	198.24	6.4078	
	Camion Cisterna 4x2(Agua) 178-210 HP 300	HM	2	0.0323	73.33	2.3703	
	Rodillo Liso Vibrat. Autopo. 10-12T 101-133	HM	2	0.0162	105.00	1.6970	
	Recicladora en Frio 396 HP	HM	0	0.0000	1100.00	0.0000	
	Volquete (AS)	HM	0	0.0000	102.40	0.0000	
	Herramientas Manuales	%		0.0500	2.1159	0.1058	
	Materiales						96.5560
	Agua	M3		0.0900	1	0.0900	
	Material de Prestamo	M3		1.2500	14.6832	18.3540	
	Aditivo Liquido PROES 0.28 lts/m3	LTS		0.2800	196	54.8800	
	Aditivo Solido Rocatech 70/30 - 55 kg/m3	KG		55.0000	0.4224000	23.2320	

Se verifica que el uso de Rocatech 70/30 como aditivo sólido en la construcción de la base estabilizada con la tecnología Proes, resulta más económico. Por lo tanto se confirma la segunda hipótesis específica: El uso del aditivo sólido Rocatech 70/30 en una base estabilizada con la tecnología Proes genera beneficios económicos.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las pruebas de control de calidad y laboratorio realizadas cumplieron con los términos de referencia del contrato de la misma forma que el Plan de Conservación Vial. Los resultados mediante muchas dosificaciones para ir mejorando antes del proceso de construcción también cumplieron con el incremento de la capacidad de soporte reflejado mediante el CBR, dando a conocer que entre Rocatech 50/50, Rocatech 70/30 y Cemento, estos dos últimos generan el mayor incremento del soporte para los suelos utilizados, aumentan módulo elástico > 369 MPa que se verifica mediante mediciones de deflexión con LWD y retrocálculo con LWDmod.

Sin embargo entre estos dos aditivos sólidos el más económico es el Rocatech 70/30, de la misma forma se comprobó que transcurridos 2 años de la construcción, técnicamente es una propuesta muy interesante para pavimentos económicos de esta envergadura.

CONCLUSIONES

En el presente apartado se presentan las principales conclusiones obtenidas:

1. Los suelos tratados con la tecnología Proes típicamente desarrollan enlaces fuertes que le otorgan cohesión al material. Estos enlaces a diferencia de los suelos tratados únicamente con cemento no son frágiles, debido al tipo de aditivos que utiliza Proes. **El proceso químico hace que aumente la resistencia manteniendo un comportamiento estable, flexible y dúctil de los suelos.** Mientras se mantenga los enlaces cohesivos el material presentará un módulo relativamente alto en comparación con el suelo sin tratar.
2. El coeficiente estructural adoptado, para la base estabilizada con la tecnología Proes, es **$a_2 = 0.200$** para espesores en pulgadas o su equivalente $a_2 = 0.079$ para espesores en centímetros.
3. La utilización del aditivo Rocatech 70/30 funciona de la misma forma que el Cemento I como aglomerante para la proceso químico con la tecnología Proes, elevando su capacidad de soporte donde se llegó a conseguir CBR de **153.19 % (Rocatech 70/30 – Proes con dosis de 55kg/m³ - 0.28Lt/m³)** de 18.00 % (natural) en la cantera 85+500 y CBR de **170.49 % (Rocatech 70/30 – Proes con dosis de 55kg/m³ - 0.28Lt/m³)** de 18.29 % (natural) en la cantera 79+500.
4. Progresivamente con el tiempo se ha verificado mediante ensayos de deflectometría con LWD y retrocálculo para obtener el módulo elástico, que el tramo construido desde hace 640 días hasta la actualidad tiene un módulo elástico desde 423 MPa hasta 1165 MPa, dato que sirve para comprobar los 369 MPa requeridos para calcular el Numero estructural = 0.87.
5. El módulo elástico de la base Proes se mantiene estable y comportamiento duradero frente al tiempo, no se produce falla frágil.
6. El espesor mínimo de la base estabilizada con Proes es de 11 cm, de esta manera se obtiene el número estructural de 0.87, requerido según los TdR.

7. El uso de Rocatech 70/30 como aditivo sólido en la construcción de la base estabilizada con la tecnología Proes, resulta más económico que el uso de Cemento.

8. El servicio de conservación vial es un tipo de proyecto donde se puede hacer las evaluaciones de control con el LWD por lo versátil y maniobrable del equipo y los requerimientos técnicos que presenta este tipo de contratos con solución básica de pavimentos, controlando de manera confiable las diferentes capas de la estructura del pavimento, subrasante, recarga granular para transitabilidad y la capa granular superficial con o sin recubrimiento asfáltico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) RODRIGUEZ MOGOLLÓN, Wilder. *Pavimentos económicos sobre vías afirmadas experiencia Peruana*. Colegio de Ingenieros Civiles Costa Rica – Congreso, 2010. 10p.
- (2) CAMACHO TAUTA, Javier, REYES ORTIZ, Óscar y MAYORGA ANTOLÍNEZ, Catalina. *Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado*. Programa Ingeniería y Desarrollo de la Universidad del Norte de Colombia, 2008. 15p.
- (3) MURILLO, Eithel. Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño. Tesis (Magister en Geología Aplicada y Geotecnia). Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, 2010. 190p.
- (4) ZAVALA ASCAÑO, Gerber. *Soluciones básicas en carreteras no pavimentadas en Perú*. [Material gráfico proyectable]. Lima, Dirección de Estudios Especiales, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014. 65 diapositivas.
- (5) SOZA CARRIÓN, Magda y BUSTAMANTE ARTEAGA. Estudio de alternativa para estabilización de suelos con material existente en el camino El Boquete – Santa Ana. Tesis (Magister en Ingeniería del Transporte). Managua, Nicaragua, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad Tecnológica de la Construcción, 2003. 235p.
- (6) RAVINES MERINO, María. Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2010. 247p.
- (7) ZULUAGA ANGEL, Diego. El uso de la cal en la estabilización de suelos derivados de cenizas volcánicas (andosoles). Tesis (Título de Ingeniero Civil). Manizales, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Especialización en Vías y Transporte. 2005. 112p.
- (8) MELENDRES CHUQUILLANQUE, Eder. Estabilización química con cal viva para carreteras con suelos arcillosos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Piura, Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería Civil. 2007. 257p.
- (9) MARTINEZ NAVARRO, Georgina, Correlación de las fallas en pavimentos con respecto a la estabilización de los suelos en las capas de base y subbase. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Xalapa, México, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Civil. 2011. 64p.

- (10) MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de Carreteras: Sección suelos y pavimentos*. Lima, 2013.
- (11) MONTEJO FONSECA, Alfonso, *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. 2a ed. Bogotá: Agora Editores, 2002. 733p.
- (12) MARTINEZ SANTOS, Juan. Evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleando materiales cementantes. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Xalapa, México, Universidad Veracruzana. Facultad de Ingeniería Civil. 2012. 122p.
- (13) VALDEZ GUZMAN, Carlos. Estudio comparativo de estabilización de un suelo arcilloso altamente expansivo, utilizando un co-polímero multienzimático. Tesis (Magister en Ingeniería). Michoacán, México, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Civil. 2008. 165p.
- (14) GARNICA A., Paul y GOMEZ L., José y SESMA M. Jesús. *Mecánica de materiales para pavimentos*. México, Secretaría de comunicaciones y transportes – Instituto Mexicano del Transporte. Publicación Técnico N°197, 2002. 234p.
- (15) NATIONAL LIME ASSOCIATION. *Manual de estabilización de suelo tratado con cal*. The Versatile Chemical. Boletín 326. 2004. 42p.
- (16) VEGA VASQUEZ, John. *Proyecto Perú*. [Material gráfico proyectable]. Lima, Provias Nacional, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2010. 57 diapositivas.
- (17) HIGUERA SANDOVAL, Carlos. *Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Revista Facultad Ingeniería, 2010. 20p.
- (18) MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Documento técnico soluciones básicas en carreteras no pavimentadas. Lima, 2015.
- (19) CASAS GERENA, Ana y OSORIO MARTINEZ, José. Correlación de PDC con CBR para suelos en la localidad de Suba. Tesis (Especialista en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá, Colombia, Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ingeniería. 2011. 80p.
- (20) CORREDOR M., Gustavo. *Diseño de Pavimentos I*. Universidad Nacional de Ingeniería. Revista. Facultad de Ingeniería, 2010. 90p.
- (21) CÉSPEDES A., José. *Los pavimentos en las vías terrestres calles, carreteras y aeropuertos*. Universidad de Cajamarca. 1a ed. Cajamarca, 2002. 143p.
- (22) ADDREBIND. *Estabilización de suelos con polímero*. [en línea] USA, 2016. Disponible en web: <http://aggrebind.com/es/acerca-de-aggrebind/que-es-un-polimero-que-es-la-estabilizacion-del-suelo>.

- (23) CHANG CHANG, Luis. *CBR (California Bearing Ratio)*. [Material gráfico proyectable]. Lima, Laboratorio Geotécnico, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID). 2014. 47 diapositivas.
- (24) MINAYA GONZALES, Silene. *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*. Universidad Nacional de Ingeniería (coord.). 2a ed. Lima: ICG, 2006. 487p.
- (25) MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima, 2008.
- (26) PROESTECH. *Especificaciones técnicas, bases tratadas con tecnología Proes, aditivo líquido Proes 100*. Lima, 2014.
- (27) DYNATEST. *Uso del deflectómetro liviano LWD y otras alternativas para la evaluación de pavimentos con tecnología Proes 100*. Chile, 2012.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de Consistencia					
Problemas	Objetivos	Hipotesis	Variables	Diseño de la investigación	Población y muestra
<p>Problema general:</p> <p>¿La utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la tecnología Proes cumpla con el nivel estructural requerido?</p> <p>Problemas específicos:</p> <p>¿Qué coeficiente estructural es el adecuado en la utilización de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y la tecnología Proes para que cumpla con el SN = 0.87?</p> <p>¿El uso del aditivo sólido Rocatech 70/30 como aglomerante en una base estabilizada con la tecnología Proes genera un beneficio económico asegurando el requerimiento estructural?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Demostrar que la utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la tecnología Proes cumpla con el nivel estructural requerido?</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Determinar el coeficiente estructural adecuado para que en la utilización de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y la tecnología Proes cumpla con el SN = 0.87.</p> <p>Determinar si el uso de Rocatech 70/30 en una base estabilizada con la tecnología Proes genera un beneficio económico asegurando el requerimiento estructural.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La utilización del aditivo sólido Rocatech 70/30 da la misma funcionalidad que el cemento portland para que una base estabilizada con la Tecnología Proes cumpla con el nivel estructural requerido.</p> <p>Hipótesis específicos:</p> <p>El coeficiente estructural adecuado para que en la utilización de la base estabilizada con Rocatech 70/30 y la tecnología Proes cumpla con el SN = 0.87, es 0.20/pulg o su equivalente 0.079/cm.</p> <p>El uso de Rocatech 70/30 en una base estabilizada con la tecnología Proes genera un beneficio económico y además asegura el requerimiento estructural.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Aditivo sólido en base estabilizada con tecnología Proes</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rocatech 70/30 - Proes 100 <p>Categorías:</p> <p>1. Nivel estructural</p> <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de control - Deflexión - Módulo elástico <p>Variable independiente</p> <p>Requerimiento Estructural</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Numero estructural <p>Categoría:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Coeficiente estructural <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de laboratorio. - Capacidad de soporte del suelo CBR. - Estabilidad Marshall. - Resistencia a la compresión no confinada. 	<p>El diseño es el "no experimental", dentro de este, el diseño transeccional o transversal, porque se recolectarán datos en un solo momento, para describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado; el modelo tiene la forma de:</p> $\begin{matrix} \text{OG} \\ \text{HG} \end{matrix} \left[\begin{matrix} \text{oe1 - cp1} \\ \text{oe2 - cp2} \end{matrix} \right] \text{CF} \rightarrow$	<p>La población está constituida por los tramos que se estabilizará con la tecnología Proes en la proyecto por niveles de servicio: "Servicio de Gestión Vial por Niveles de Servicio de la Red N° 3 del Proyecto de Redes Viales Regionales Integrando el Cusco"</p> <p>Se tomará un tramo piloto donde se desarrolló las pruebas, ensayos, diseños y controles estructurales en un total de 9.8 km de efectivos longitud, comprendidos en los tramos: 3T4A Amparaes – Emp. Pte. Manto-Colca desde (90+000–84+200) y 3T5A Colca–Quebrada desde</p>

ANEXOS

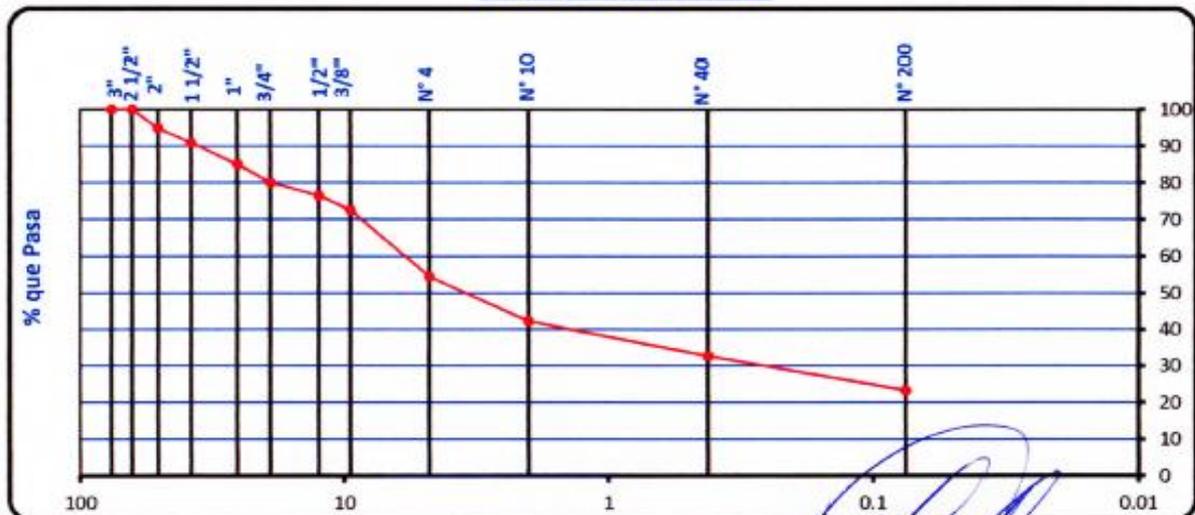
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

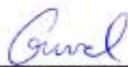
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4; Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coica	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
CANERA :	Cantera de Recarga	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Material para estabilización	FECHA :	05-jul-14
UBICACION :	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA :	M - 1
LADO :	Izquierdo
PROF. (m) :	0.00 m
PROGRESIVA :	Km 79+500
Peso inicial seco :	25,500 (gr)
Fracción fina seca :	666 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 7.7
2"	50.800	1316.0	5.1	5.1	94.9		Límite Líquido (LL): 35.1
1 1/2"	38.100	992.0	3.9	9.0	91.0		Límite Plástico (LP): 18.7
1"	25.400	1530.0	6.0	15.0	85.0		Índice Plástico (IP): 16.5
3/4"	19.050	1263.0	4.9	19.9	80.1		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	916.0	3.6	23.5	76.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (1)
3/8"	9.500	1000.0	3.9	27.4	72.6		Porcentaje de Gravas: 46.5
N° 4	4.750	4617.0	18.0	45.5	54.5		Porcentaje de Arenas: 31.2
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 23.4
N° 10	2.000	150.4	12.3	57.8	42.2		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	115.5	9.5	67.2	32.6		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	115.1	9.4	76.6	23.4		
< N° 200	FONDO	285.4	23.4	100.0			

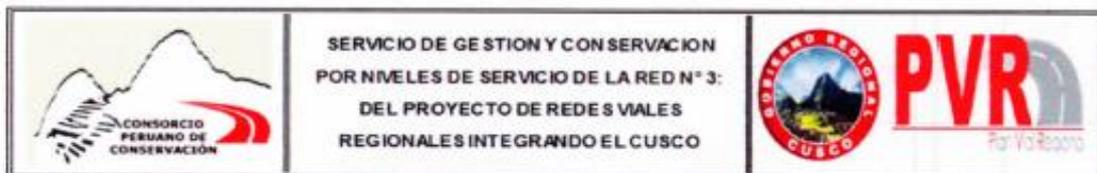
CURVA GRANULOMÉTRICA




PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 159452
 Instituto de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-C



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



LIMITES DE CONSISTENCIA
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Canteras de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material para estabilización	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.49	27.20	27.40
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.11	24.74	25.34
PESO DE AGUA (g)		2.38	2.46	2.06
PESO DEL TARRO (g)		22.90	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.21	6.84	6.33
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		38.3	36.0	32.5
NUMERO DE GOLPES		15	25	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		2	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.31	21.72	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.16	20.58	
PESO DE AGUA (g)		1.13	1.14	
PESO DEL TARRO (g)		8.13	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.05	6.11	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.7	18.7	

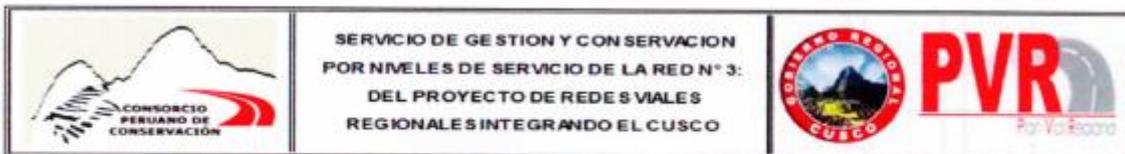


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	35.15
LIMITE PLASTICO	18.67
INDICE DE PLASTICIDAD	16.48

OBSERVACIONES

Benites
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

Luis Zuni Ccama
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Via 3-Cu.



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

HUMEDAD NATURAL

(NORMA ASTM D 2216 , MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Cantera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material para estabilización	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	717.4			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	666.4			
PESO DE AGUA (g)	51.0			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	666.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.65			7.65

Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Zuni Ccama
 CIP 159452
 Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-C-

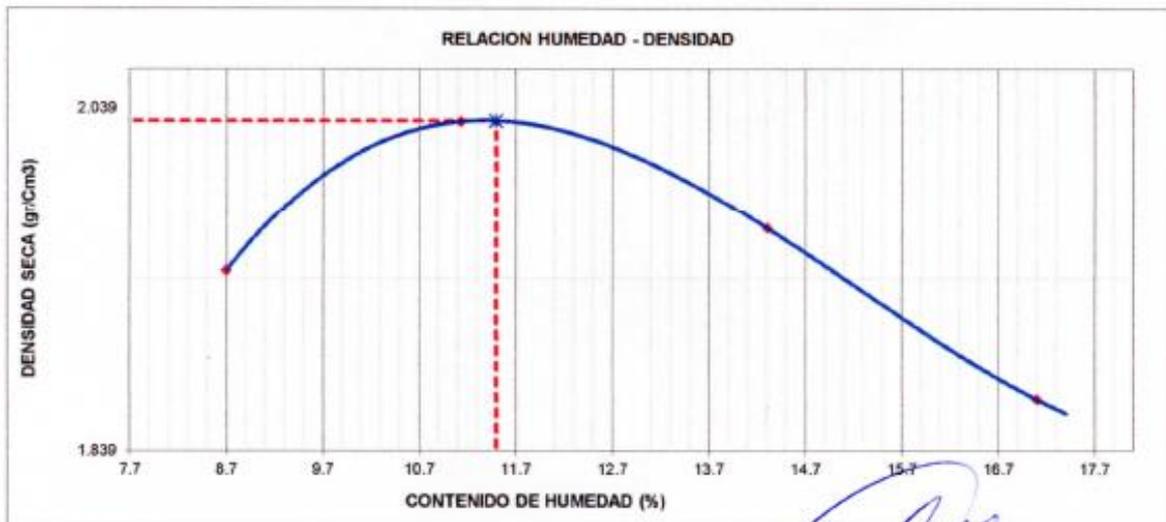
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4. Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Cantera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material para estabilización	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

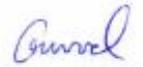
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11861	12165	12150	12021	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4442	4746	4731	4602	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.112	2.257	2.250	2.188	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	946.0	1148.0	1070.0	796.3	
Peso del suelo seco + tara	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	75.7	115.0	133.9	116.3	
Peso del suelo seco	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Contenido de agua	%	8.70	11.13	14.30	17.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.943	2.031	1.968	1.869	
Densidad máxima (gr/cm ³)						2.031
Humedad óptima (%)						11.50



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 159452
 * de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cu.



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1683)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TRAMO	:	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	:	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	:	Cantera de Recarga	REVISADO	:	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	:	Material para estabilización	FECHA	:	05-jul-14
UBICACION	:	Km 79+500			
DATOS DE LA MUESTRA					
MUESTRA	:	M - 1			
LADO	:	Izquierdo			
PROF. (m)	:	0.00 m			

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.031
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	11.50 %

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

	5		10		20	
	5	5	5	5	5	5
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11062	11082	12510	12426	12262	12283
Peso de molde (gr)	6231	6231	7925	7925	7957	7957
Peso del suelo húmedo (gr)	4831	4851	4585	4501	4305	4326
Volumen del molde (cm ³)	2142	2142	2096	2096	2111	2111
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.255	2.265	2.188	2.147	2.039	2.049
Humedad (%)	11.40	12.59	11.60	13.20	11.52	13.90
Densidad seca (gr/cm ³)	2.024	2.012	1.961	1.897	1.828	1.799
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	769.30	625.00	682.00	711.00	752.00	706.50
Tarro + Suelo seco (gr)	690.60	555.10	611.10	628.10	674.30	620.30
Peso del Agua (gr)	78.70	69.90	70.90	82.90	77.70	86.20
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	690.60	555.10	611.10	628.10	674.30	620.30
Humedad (%)	11.40	12.59	11.60	13.20	11.52	13.90

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/07/2014	2:40 PM	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
06/07/2014	2:40 PM	24	7	0.2	0.2	13	0.3	0.3	18	0.5	0.4
07/07/2014	2:40 PM	48	15	0.4	0.3	27	0.7	0.6	32	0.8	0.7
08/07/2014	2:40 PM	72	28	0.7	0.6	36	0.9	0.8	39	1.0	0.9
09/07/2014	2:40 PM	96	33	0.8	0.7	47	1.2	1.0	49	1.2	1.1

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 5				MOLDE N° 10				MOLDE N° 20			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		77	3.8			42	2.0			21	1.0		
0.050		116	5.7			78	3.7			56	2.7		
0.075		175	8.5			133	6.5			114	5.6		
0.100	70.3	235	11.5	11.5	16.3	196	9.6	9.42	13.4	174	8.5	8.30	11.8
0.150		322	15.7			285	13.9			263	12.8		
0.200	105.5	410	20.0	19.3	18.3	368	17.8	16.80	15.9	341	16.6	15.54	14.7
0.300		495	24.1			451	22.0			432	21.1		
0.400		548	26.7			502	24.5			482	23.5		
0.500		586	28.6			542	26.4			515	25.3		
0.600		610	29.7			565	27.6			540	26.3		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

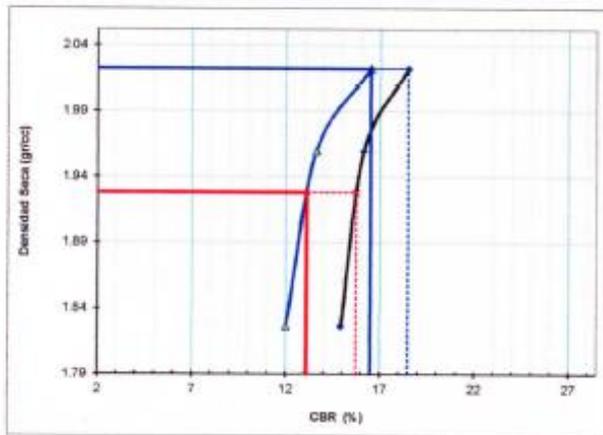
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 159452
 en el Central de Control de Obras y Pavimentos - Red Vial J-Cus.

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Carretera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Material para estabilización	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (1)

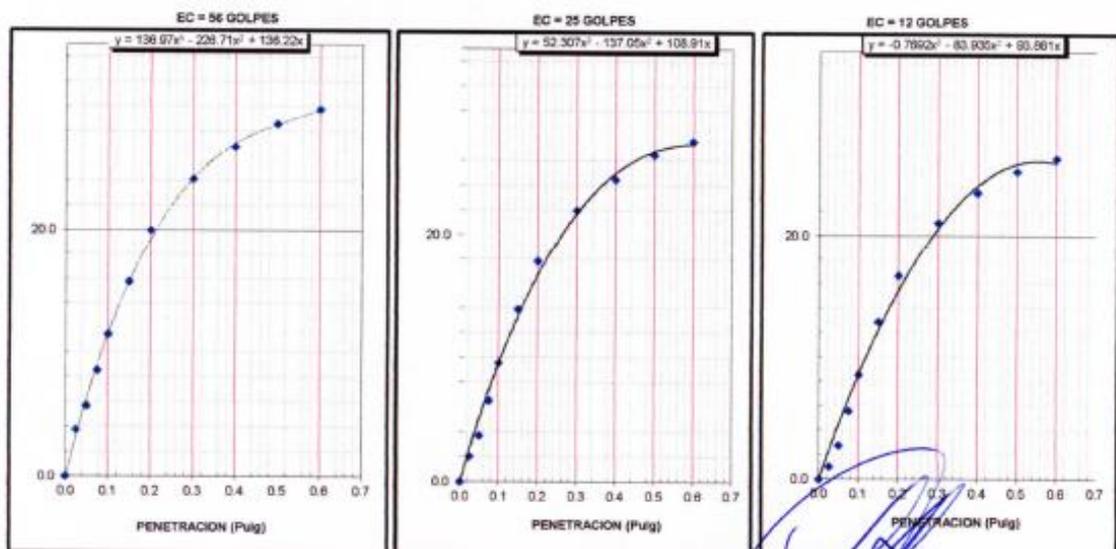
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 16.3	0.2": 18.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 12.9	0.2": 15.6

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	2.031 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1")(%)	16.3
Optimo Humedad	11.5 %	CBR 95% MDS (0.2")(%)	15.6

OBSERVACIONES:



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
Ing. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP: 159452
Of. de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-C-



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



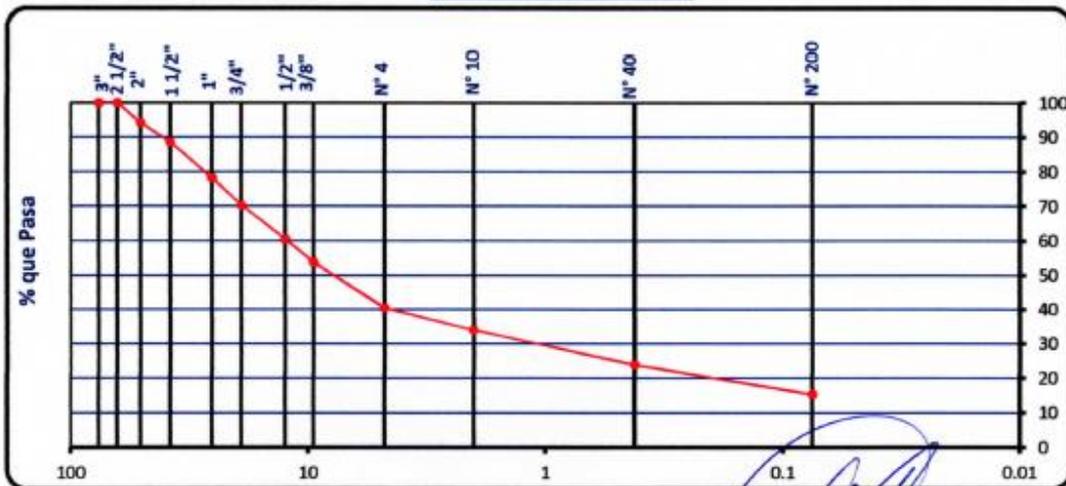
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pie. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
CANTERA	: Cantera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material Plastico	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	: Km 85+500
LADO	: Izquierdo	Peso inicial seco	: 30,005 (gr)
PROF. (m)	: 0.00 m	Fración fina seca	: 585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%) : 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL) : 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP) : 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP) : 15.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas : 69.6
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas : 25.0
N° 8	2.380						porcentaje de Finos : 15.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 159452
 Teléfono de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial S.C.

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Cartera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material Plastico	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.68
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	



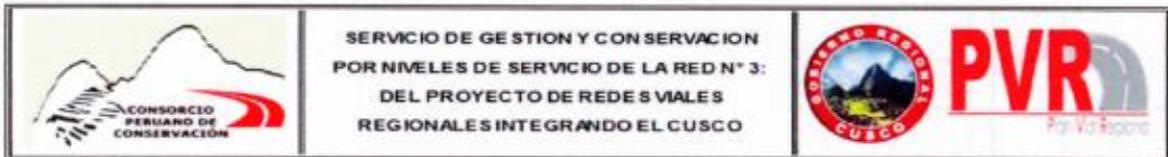
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.05
LIMITE PLASTICO	21.63
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 Esp. SUELOS Y PAVIMENTOS

 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 159452
 de Control de Calidad de Bancos y Pavimentos, S.A.



HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparoes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Cantera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material Plastico	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	694.9			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	585.4			
PESO DE AGUA (g)	109.5			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	585.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.71			18.71

Observaciones:


PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO


CONSORCIO BERJANO DE CONSERVACIÓN
Ing. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 159452
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-C.

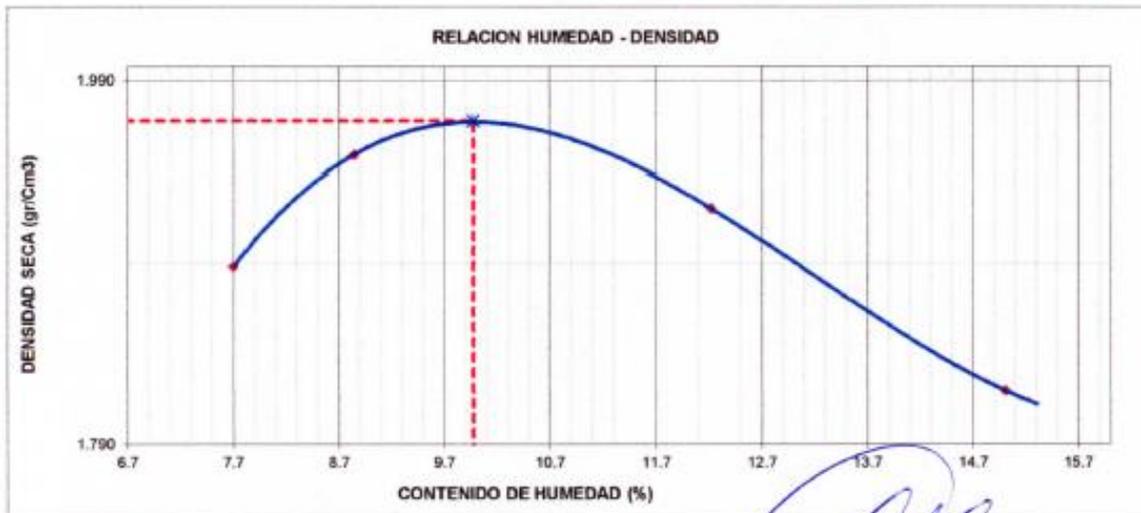
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Canteras de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Material Plastico	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima $\frac{\text{gr/cm}^3}{\text{Compaction}}$ Humedad óptima (%)						1.968 9.93



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI COAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP. 159452
 ex Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial J-Cos



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
DEL PROYECTO DE REDES VIALES
REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TRAMO	:	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	:	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	:	Cantera de Recarga	REVISADO	:	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	:	Material Plastico	FECHA	:	05-Jul-14
UBICACION	:	Km. 85+500			

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	:	M - 1
LADO	:	Izquierdo
PROF. (m)	:	0.00 m

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	9.93 %

CAPACIDAD	:	10000	Lbs
ANILLO	:	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	18		15		25	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	13195	13215	13052	13078	12620	12642
Peso de molde (gr)	8677	8677	8707	8707	8454	8454
Peso del suelo húmedo (gr)	4518	4538	4345	4371	4166	4188
Volumen del molde (cm ³)	2113	2113	2095	2095	2101	2101
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.138	2.148	2.074	2.086	1.983	1.993
Humedad (%)	9.50	10.10	9.60	11.31	9.40	12.50
Densidad seca (gr/cm ³)	1.963	1.961	1.892	1.874	1.813	1.772
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	711.00	656.00	719.00	695.00	732.00	685.00
Tarro + Suelo seco (gr)	649.30	595.80	656.00	624.40	669.10	608.90
Peso del Agua (gr)	61.70	60.20	63.00	70.60	62.90	76.10
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	649.30	595.80	656.00	624.40	669.10	608.90
Humedad (%)	9.50	10.10	9.60	11.31	9.40	12.50

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
05/07/2014	2:40 PM	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
06/07/2014	2:40 PM	24	6	0.2	0.1	9	0.2	0.2	13	0.3	0.3
07/07/2014	2:40 PM	48	14	0.4	0.3	19	0.5	0.4	24	0.6	0.5
08/07/2014	2:40 PM	72	23	0.6	0.5	28	0.7	0.6	35	0.9	0.8
09/07/2014	2:40 PM	96	28	0.7	0.6	35	0.9	0.8	39	1.0	0.9

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 18				MOLDE N° 15				MOLDE N° 25			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		95	4.1			95	2.7			33	1.6		
0.050		133	6.5			103	5.0			78	3.8		
0.075		199	9.2			156	7.6			132	6.4		
0.100	70.3	245	11.9	11.6	16.5	205	10.0	10.10	14.4	181	8.8	8.91	12.7
0.150		310	15.1			285	13.9			260	12.6		
0.200	105.5	385	18.8	19.0	18.0	352	17.2	17.02	16.1	329	16.0	15.47	14.7
0.300		485	23.6			453	22.1			425	20.7		
0.400		515	25.1			498	23.7			499	22.4		
0.500		544	26.5			501	24.4			478	23.3		
0.600		569	27.7			530	25.8			502	24.5		

Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP 150452
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial JAC



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

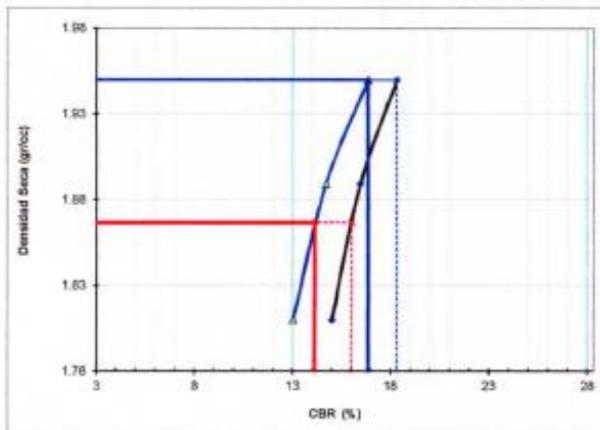


RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pto. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Carretera de Recarga	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Material Plastico	FECHA	: 05-jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

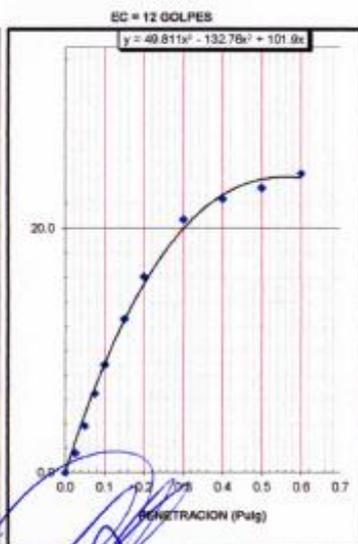
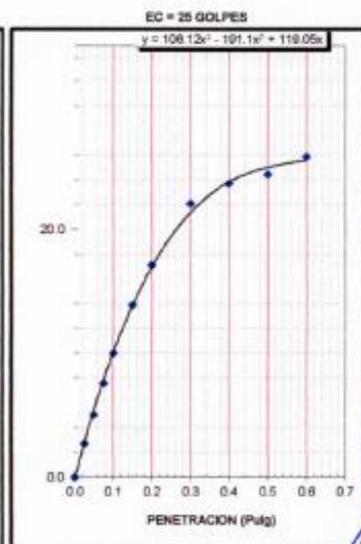
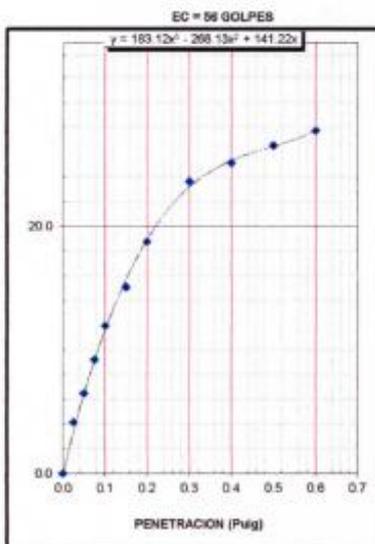
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 16.5	0.2": 18.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 13.8	0.2": 15.7

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	16.5
Óptimo Humedad	9.9 %	CBR 95% MDS (0.2") (%)	18.0

OBSERVACIONES:



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 159452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Rod 101 3-0

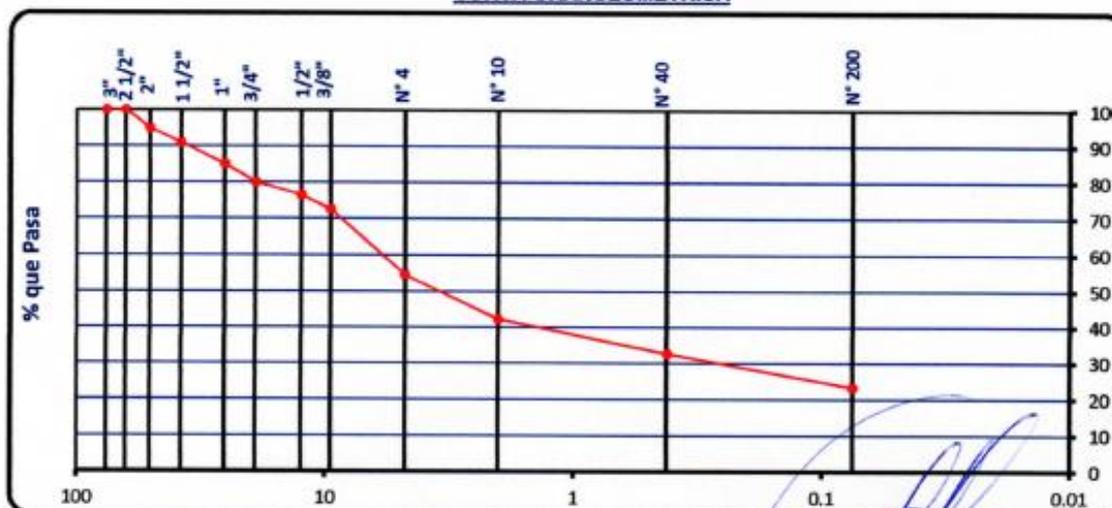
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Recarga	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	: Km 79+500
LADO	: Izquierdo	Peso inicial seco	: 25,590 (gr)
PROF. (m)	: 0.00 m	Fracción fina seca	: 666 (gr)

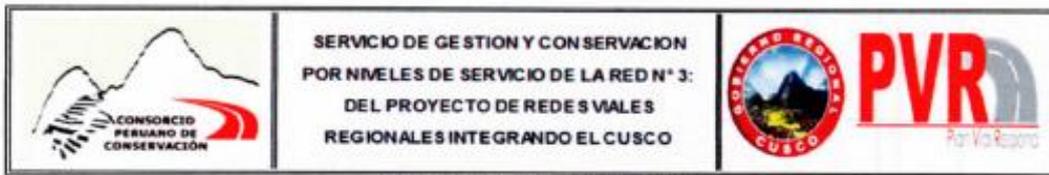
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 7.7
2"	50.800	1316.0	5.1	5.1	94.9		Límite Líquido (LL): 35.1
1 1/2"	38.100	992.0	3.9	9.0	91.0		Límite Plástico (LP): 18.7
1"	25.400	1530.0	6.0	15.0	85.0		Índice Plástico (IP): 16.5
3/4"	19.050	1263.0	4.9	19.9	80.1		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	916.0	3.6	23.5	76.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (1)
3/8"	9.500	1000.0	3.9	27.4	72.6		Porcentaje de Gravas: 45.5
N° 4	4.750	4617.0	18.0	45.5	54.5		Porcentaje de Arenas: 31.2
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 23.4
N° 10	2.000	150.4	12.3	57.8	42.2		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	115.5	9.5	67.2	32.8		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	115.1	9.4	76.6	23.4		
< N° 200	FONDO	285.4	23.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cueval
 PEDRO BENITES CUEVA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP: 159452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



LIMITES DE CONSISTENCIA
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 lt/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Recarga	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.49	27.20	27.40
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.11	24.74	25.34
PESO DE AGUA (g)		2.38	2.46	2.06
PESO DEL TARRO (g)		22.90	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.21	6.84	6.33
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		38.3	36.0	32.5
NUMERO DE GOLPES		15	25	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		2	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.31	21.72	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.18	20.56	
PESO DE AGUA (g)		1.13	1.14	
PESO DEL TARRO (g)		8.13	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.05	6.11	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.7	18.7	

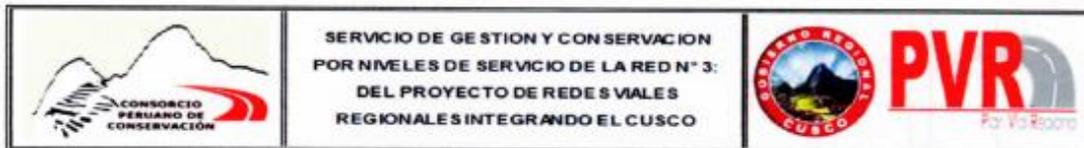


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	35.15
LIMITE PLASTICO	18.67
INDICE DE PLASTICIDAD	16.48

OBSERVACIONES

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Val 3-Cusco



HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs 50/50 0.27 lt/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Recarga	FECHA	: 17-Jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

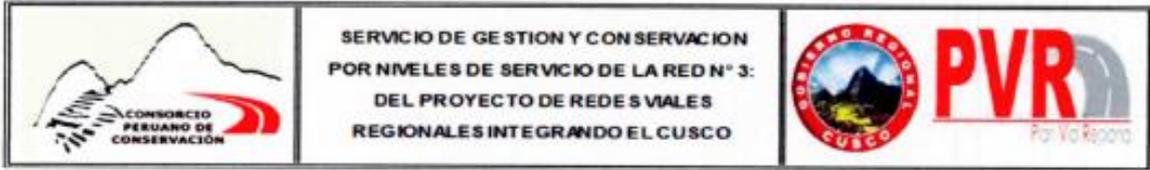
N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	717.4			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	666.4			
PESO DE AGUA (g)	51.0			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	666.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.65			7.65

Observaciones:


PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO


CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 159452
Abto de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Rod Vial 3-Cuzco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



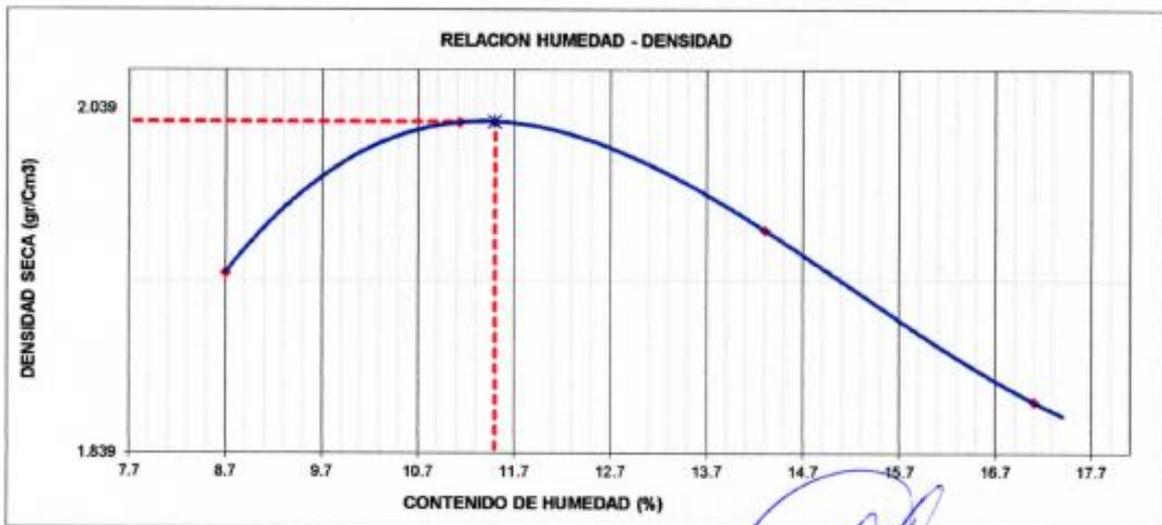
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coles	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Recarga	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11861	12165	12150	12021	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4442	4746	4731	4602	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.112	2.257	2.250	2.188	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	946.0	1148.0	1070.0	796.3	
Peso del suelo seco + tara	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	75.7	115.0	133.9	116.3	
Peso del suelo seco	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Contenido de agua	%	8.70	11.13	14.30	17.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.943	2.031	1.968	1.869	
Densidad máxima $\frac{\text{ton/m}^3}{\text{ton/m}^3}$						2.031
Humedad óptima (%)						11.50



Observaciones:

Pavel
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Prevención - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TRAMO	:	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	:	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	:	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	:	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	:	Material de Recarga	FECHA	:	17-jul-14
UBICACION	:	Km. 79+500			
DATOS DE LA MUESTRA					
MUESTRA	:	M - 1			
LADO	:	Izquierdo			
PROF. (m)	:	0.00 m			

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.031
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	11.50 %

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	21	30	22			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12495		12132		12290	
Peso de molde (gr)	7541		7452		7994	
Peso del suelo húmedo (gr)	4954		4680		4296	
Volumen del molde (cm ³)	2188		2173		2104	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.264		2.154		2.042	
Humedad (%)	11.47		11.56		11.49	
Densidad seca (gr/cm ³)	2.031		1.931		1.832	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	597.50		529.00		619.00	
Tarro + Suelo seco (gr)	536.00		474.20		555.20	
Peso del Agua (gr)	61.50		54.80		63.80	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	536.00		474.20		555.20	
Humedad (%)	11.47		11.56		11.49	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 21				MOLDE N° 30				MOLDE N° 22			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		94	20.5			90	19.6			39	8.5		
0.050		193	42.1			188	41.0			90	19.6		
0.075		294	62.0			280	61.2			145	31.6		
0.100	70.3	456	99.9	91.4	130.0	378	82.7	77.59	110.4	206	44.9	46.95	66.8
0.150		602	132.2			498	109.2			338	73.9		
0.200	105.5	796	166.5	165.3	156.8	621	136.5	140.29	133.0	487	106.8	100.20	95.0
0.300		1021	226.0			985	190.9			663	150.3		
0.400		1203	267.1			1084	240.2			849	187.3		
0.500		1380	309.6			1248	277.3			957	211.6		
0.600		1572	351.3			1401	312.1			1050	241.5		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

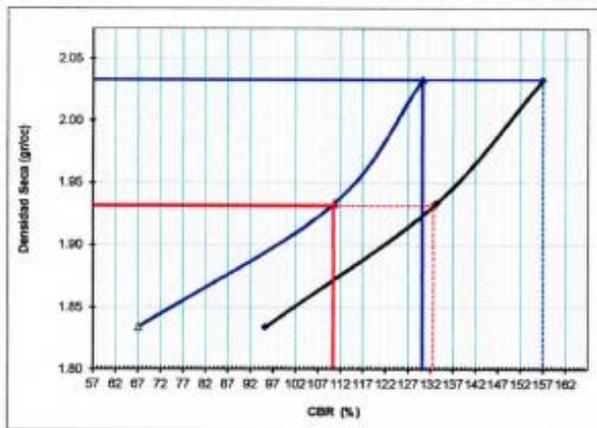
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 C.P. 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 lb/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuri Ccama
MATERIAL	Material de Recarga	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (1)

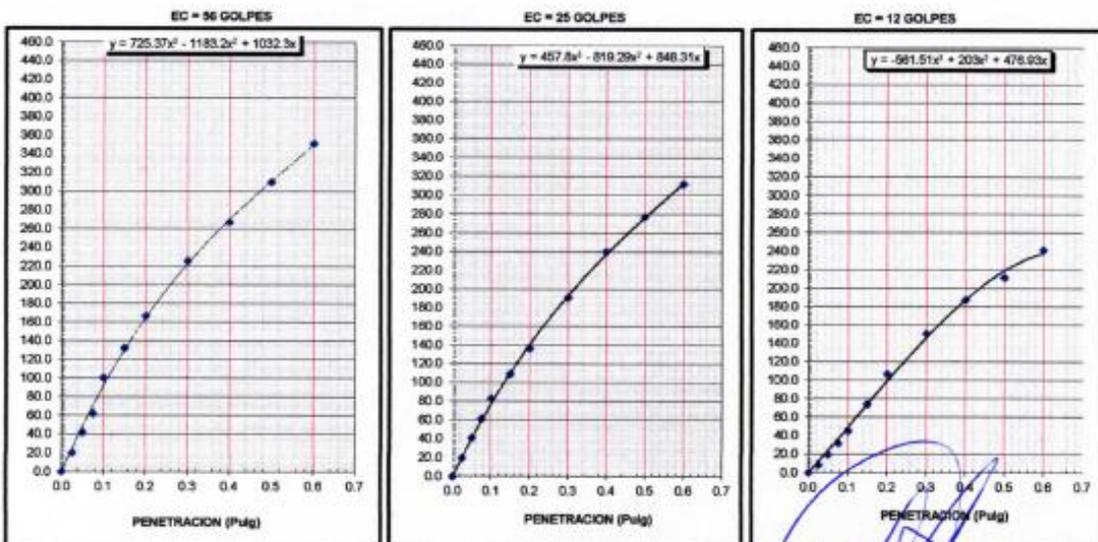
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



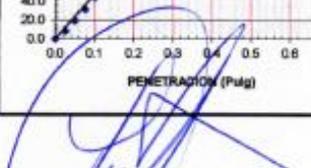
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 130.0	0.2": 156.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 110.2	0.2": 132.4

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	2.031 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	110.2
Optimo Humedad	11.5 %	CBR 100% MDS (0.1") (%)	130.0

OBSERVACIONES:




 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS LEO ZURI CCAMA
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuri Ccama
 CIP 158452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

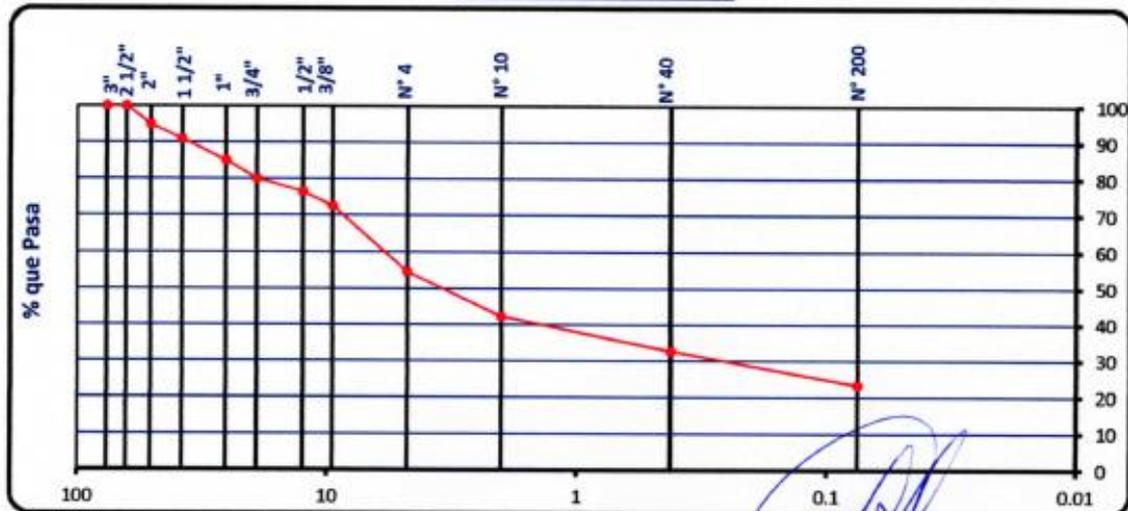
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coica	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.26 t/m ³ - 50 km/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Material de Préstamo	FECHA :	17-jul-14
UBICACION :	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 79+500
LADO :	Izquierdo	Peso Inicial seco :	25,560 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fración fina seca :	666 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%) : 7.7
2"	50.800	1316.0	5.1	5.1	94.9		Límite Líquido (LL) : 35.1
1 1/2"	38.100	992.0	3.9	9.0	91.0		Límite Plástico (LP) : 18.7
1"	25.400	1530.0	6.0	15.0	85.0		Índice Plástico (IP) : 16.5
3/4"	19.050	1263.0	4.9	19.9	80.1		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	916.0	3.6	23.5	76.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (1)
3/8"	9.500	1000.0	3.9	27.4	72.6		Porcentaje de Gravas: 45.6
N° 4	4.750	4617.0	18.0	45.5	54.5		Porcentaje de Arenas: 31.2
N° 6	2.360						porcentaje de Finos: 23.4
N° 10	2.000	150.4	12.3	57.8	42.2		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	115.5	9.5	67.2	32.8		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	115.1	9.4	76.6	23.4		
< N° 200	FONDO	285.4	23.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 155452
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Préstamos - Red Vial 3-Cusco

 <p>CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN</p>	<p>SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3: DEL PROYECTO DE REDES VALES REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO</p>	 <p>PVR For Vo Regions</p>
--	--	--

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pto. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.26 lt/m ³ - 50 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

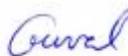
LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.49	27.20	27.40
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.11	24.74	25.34
PESO DE AGUA (g)		2.38	2.46	2.06
PESO DEL TARRO (g)		22.90	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.21	6.84	6.33
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		38.3	36.0	32.5
NUMERO DE GOLPES		15	25	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		2	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.31	21.72	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.18	20.58	
PESO DE AGUA (g)		1.13	1.14	
PESO DEL TARRO (g)		8.13	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.05	6.11	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.7	18.7	

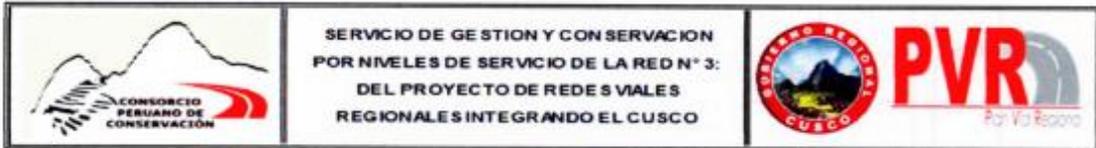


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	35.15
LIMITE PLASTICO	18.67
INDICE DE PLASTICIDAD	16.48

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 EMP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150452
 Jefe de Control de Calidad de Bases y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



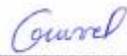
HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.26 t/m ³ - 50 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

N° ENSAYOS		1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO					
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	717.4			
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	666.4			
PESO DE AGUA	(g)	51.0			
PESO DEL TARRO	(g)				
PESO DEL SUELO SECO	(g)	666.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	7.65			7.65

Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150952
 Jefe de Control de Calidad de Servicios y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

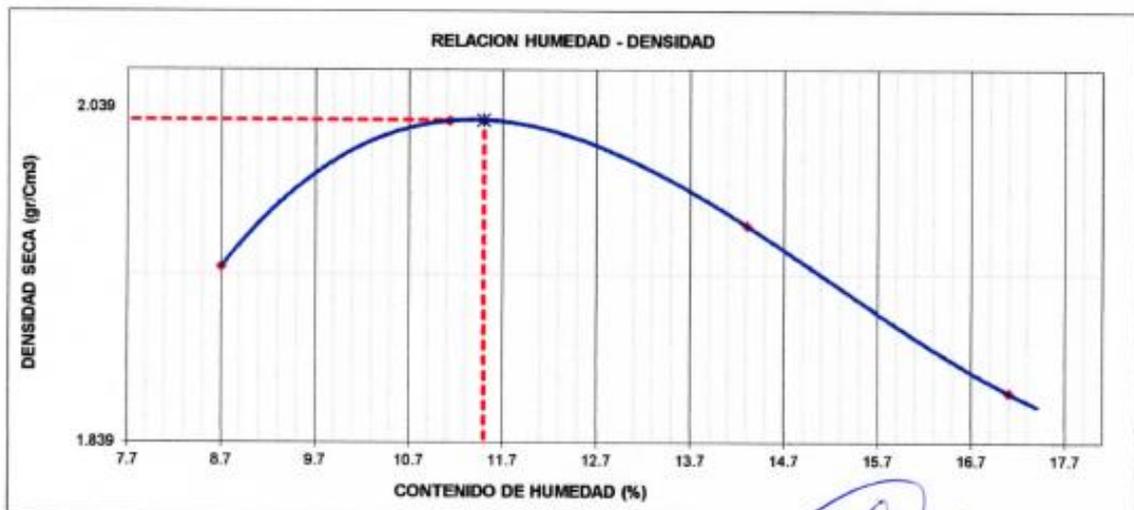
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pie. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.26 l/m ³ - 50 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 17-Jul-14
UBICACION	: Km. 79+500		

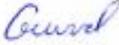
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11861	12165	12150	12021	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4442	4746	4731	4602	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.112	2.257	2.250	2.188	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	946.0	1148.0	1070.0	796.3	
Peso del suelo seco + tara	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	75.7	115.0	133.9	116.3	
Peso del suelo seco	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Contenido de agua	%	8.70	11.13	14.30	17.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.943	2.031	1.968	1.869	
Densidad máxima (gr/cm ³)						2.031
Humedad óptima (%)						11.50



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) - Pte. Manto - Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.26 lt/m ³ - 50 km/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Material de Préstamo	FECHA :	17-Jul-14
UBICACION :	Km. 79+300		

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA :	M - 1
LADO :	Izquierdo
PROF. (m) :	0.00 m

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.031
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	11.50 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	14		16		20	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12521		12305		12282	
Peso de molde (gr)	7588		7606		7957	
Peso del suelo húmedo (gr)	4933		4699		4325	
Volumen del molde (cm ³)	2178		2178		2111	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.265		2.157		2.049	
Humedad (%)	11.52		11.55		11.49	
Densidad seca (gr/cm ³)	2.031		1.934		1.838	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	663.20		682.70		719.10	
Tarro + Suelo seco (gr)	594.70		612.00		645.00	
Peso del Agua (gr)	68.50		70.70		74.10	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	594.70		612.00		645.00	
Humedad (%)	11.52		11.55		11.49	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 14				MOLDE N° 16				MOLDE N° 20			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dwl (dlv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dwl (dlv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dwl (dlv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		104	22.6			80	17.4			60	13.1		
0.050		210	45.8			188	41.0			120	26.1		
0.075		303	65.2			280	61.2			189	43.4		
0.100	70.3	469	100.6	90.3	126.4	388	84.9	82.75	117.7	301	65.8	69.49	98.8
0.150		620	136.2			589	124.9			499	109.4		
0.200	105.5	891	176.6	186.0	176.4	754	166.1	169.26	160.5	690	145.1	132.76	125.9
0.300		1254	278.7			1164	256.0			841	185.5		
0.400		1632	365.1			1399	311.7			1009	223.3		
0.500		1986	418.9			1602	358.2			1182	264.6		
0.600		1988	447.5			1720	385.3			1394	308.3		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155452
 Año de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

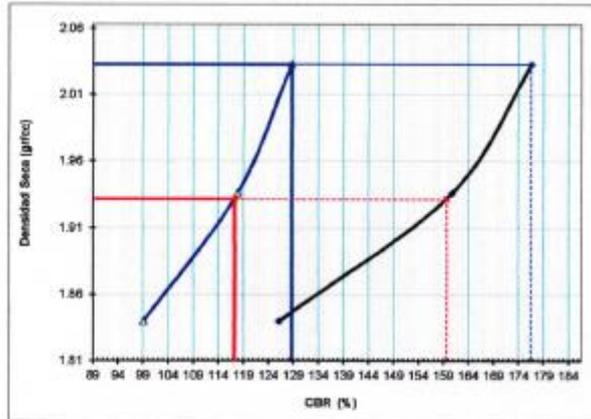


RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 70/30 0.26 lb/m ³ - 50 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Material de Préstamo	FECHA	: 17-jul-14
UBICACION	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (1)

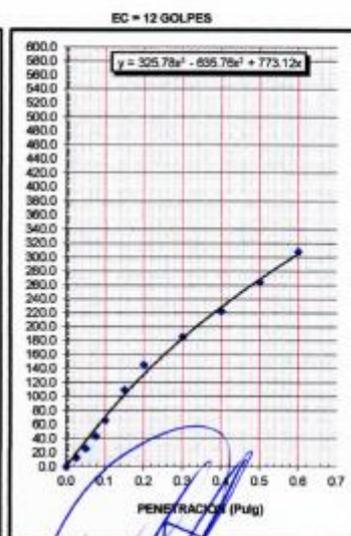
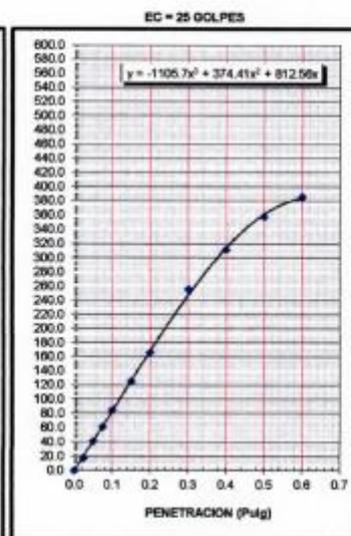
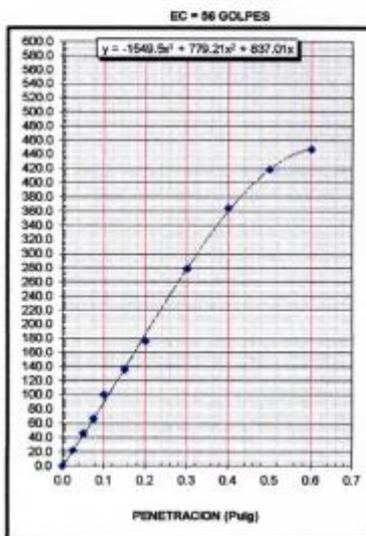
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 128.4	0.2": 176.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 117.1	0.2": 159.4

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	2.031 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	117.1
Optimo Humedad	11.5 %	CBR 100% MDS (0.1") (%)	128.4

OBSERVACIONES:



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

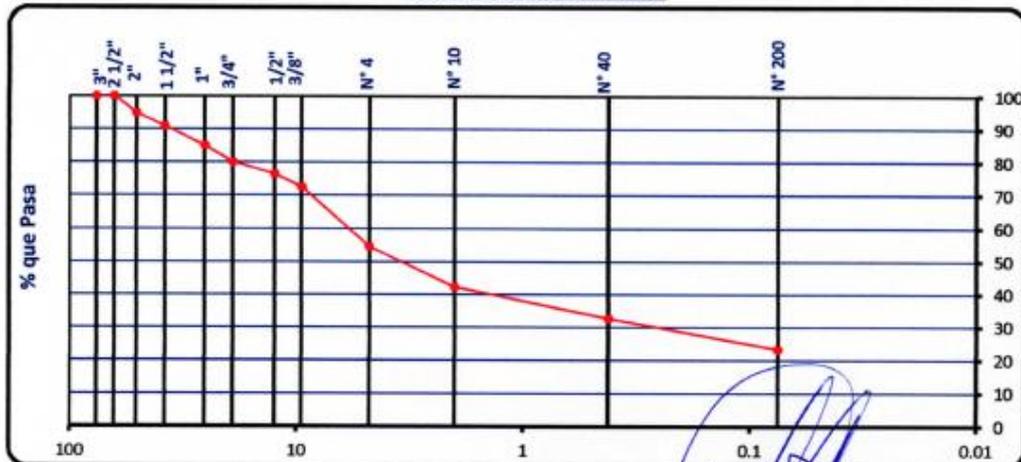
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Material de Préstamo	FECHA :	17-ago-14
UBICACION :	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 79+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	25,590 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	666 (gr)

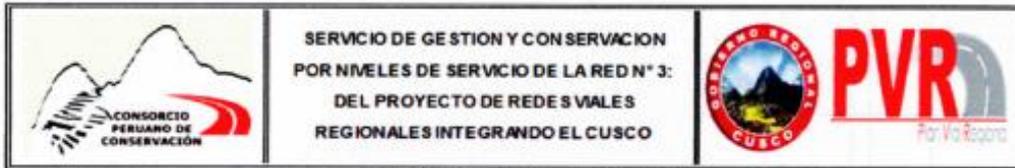
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 7.7
2"	50.800	1316.0	5.1	5.1	94.9		Límite Líquido (LL): 36.1
1 1/2"	38.100	992.0	3.9	9.0	91.0		Límite Plástico (LP): 18.7
1"	25.400	1530.0	6.0	15.0	85.0		Índice Plástico (IP): 16.6
3/4"	19.050	1263.0	4.9	19.9	80.1		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	916.0	3.6	23.5	76.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (1)
3/8"	9.500	1000.0	3.9	27.4	72.6		Porcentaje de Gravas: 45.5
N° 4	4.750	4617.0	18.0	45.5	54.5		Porcentaje de Arenas: 31.2
N° 6	2.360						porcentaje de Finos: 23.4
N° 10	2.000	150.4	12.3	57.8	42.2		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	115.5	9.5	67.2	32.8		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	115.1	9.4	76.6	23.4		
< N° 200	FONDO	285.4	23.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Ate. de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

LIMITES DE CONSISTENCIA
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lt/m ³ - 55 km ³ /m	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 17-ago-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.49	27.20	27.40
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.11	24.74	25.34
PESO DE AGUA (g)		2.38	2.46	2.06
PESO DEL TARRO (g)		22.90	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.21	6.84	6.33
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		38.3	36.0	32.5
NUMERO DE GOLPES		15	25	34

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		2	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.31	21.72	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.16	20.58	
PESO DE AGUA (g)		1.13	1.14	
PESO DEL TARRO (g)		8.13	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.05	6.11	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.7	18.7	

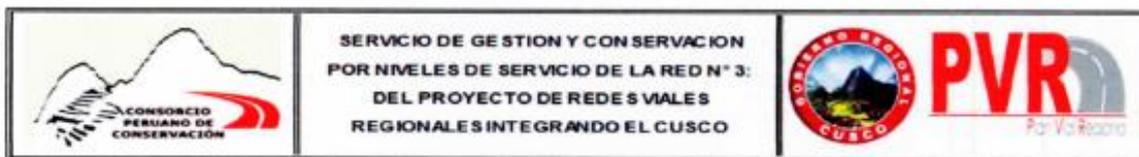


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	35.15
LIMITE PLASTICO	18.67
INDICE DE PLASTICIDAD	16.48

OBSERVACIONES

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 DTP. 158452
 Jefe de Oficina de Control de Obras y Pavimentos - Rod Vial S-Cusco



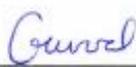
HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coica	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Quimica Proes 70/30 0.27 lt/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 17-ago-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	717.4			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	666.4			
PESO DE AGUA (g)	51.0			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	666.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.65			7.65

Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 --- SUELOS Y PAVIMENTOS ---
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 17-ago-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11861	12165	12150	12021
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419
Peso suelo húmedo compactado	gr	4442	4746	4731	4602
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103
Peso volumétrico húmedo	gr	2.112	2.257	2.250	2.188
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	946.0	1148.0	1070.0	796.3
Peso del suelo seco + tara	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0
Tara	gr				
Peso de agua	gr	75.7	115.0	133.9	116.3
Peso del suelo seco	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0
Contenido de agua	%	8.70	11.13	14.30	17.10
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.943	2.031	1.968	1.869
Densidad máxima (gr/cm ³)					2.031
Humedad óptima (%)					11.50



Observaciones:

Pedro Benites Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

Luis Leo Zuni Coama
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI COAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP. 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Marito – Colca	TECNICO	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 l/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	Material de Préstamo	FECHA	17-ago-14
UBICACION	Km. 79+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	M - 1		
LADO	Izquierdo		
PROF. (m)	0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR		
MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.031	CAPACIDAD : 10000 Lbs
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 11.50 %	ANILLO : 1

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	14	16	20			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12521		12305		12262	
Peso de molde (gr)	7588		7606		7957	
Peso del suelo húmedo (gr)	4933		4699		4325	
Volumen del molde (cm ³)	2178		2178		2111	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.265		2.157		2.048	
Humedad (%)	11.52		11.56		11.48	
Densidad seca (g/cm ³)	2.031		1.924		1.838	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	663.20		682.70		718.10	
Tarro + Suelo seco (gr)	594.70		612.00		646.00	
Peso del Agua (gr)	68.50		70.70		74.10	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	594.70		612.00		646.00	
Humedad (%)	11.52		11.56		11.48	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 14				MOLDE N° 16				MOLDE N° 20			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dia (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dia (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dia (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		104	22.6			90	19.6			80	13.1		
0.050		293	44.3			210	45.8			180	36.2		
0.075		314	68.6			280	61.2			261	57.0		
0.100	70.3	531	116.5	100.4	142.7	401	87.8	89.66	127.5	370	80.9	80.89	115.0
0.150		878	148.7			699	131.6			560	120.7		
0.200	105.5	850	187.5	190.0	180.2	801	176.6	171.62	182.7	693	152.5	146.73	139.1
0.300		1206	267.5			1140	252.6			892	197.0		
0.400		1623	363.0			1330	295.9			1092	242.0		
0.500		1970	443.3			1620	362.3			1289	282.1		
0.600		2166	489.0			1780	399.2			1484	308.3		

Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

Zuni
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

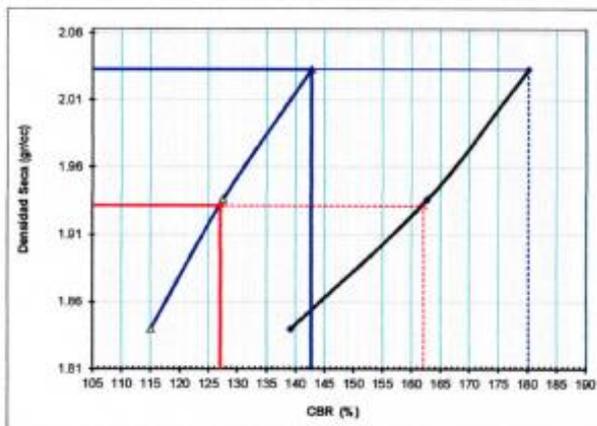
Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP 155452
 Jefe de Central de Cobros de Suelos y Pavimentos - Rod Vial 3-Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Material de Préstamo	FECHA	: 17-ago-14
UBICACION	Km 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (1)

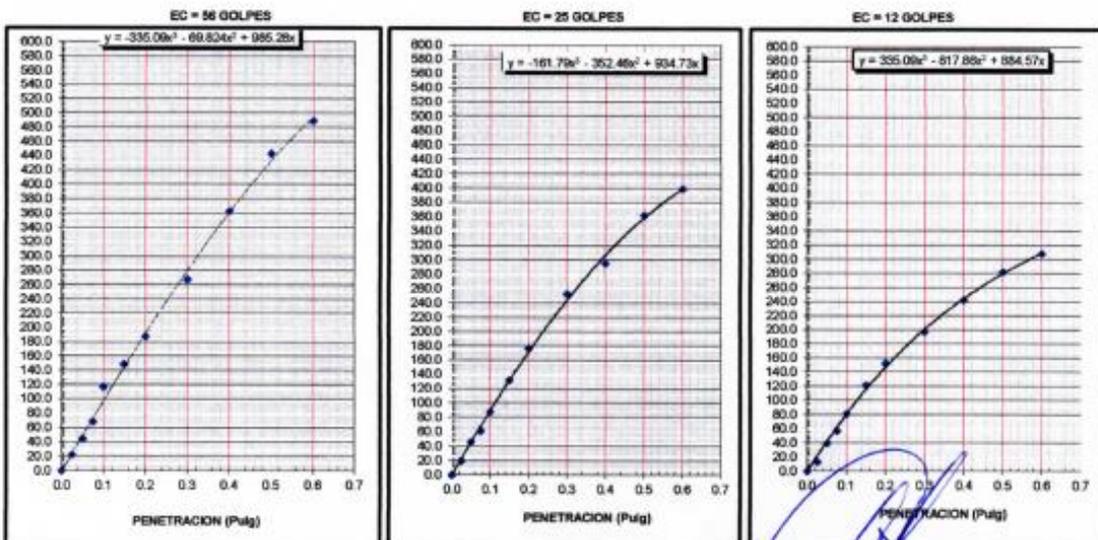
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

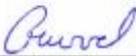


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	142.7	0.2":	180.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	127.1	0.2":	162.1

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	2.091 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	127.1
Óptimo Humedad	11.5 %	CBR 100% MDS (0.1") (%)	142.7

OBSERVACIONES:




PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 MEC. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP: 159452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Rod Vial 3-Cusco

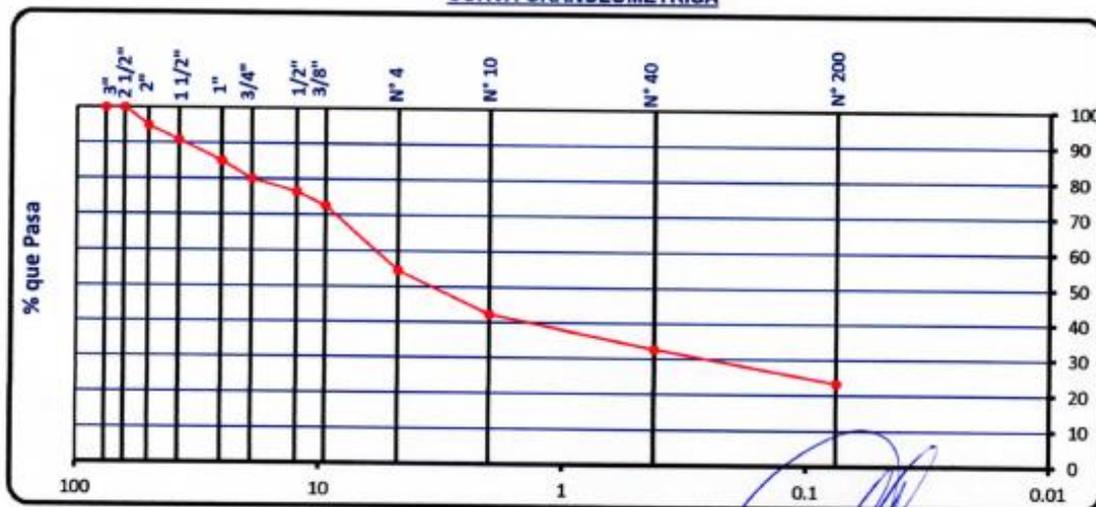
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes Cemento 0.27 lt/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Material de Préstamo	FECHA :	05-sep-14
UBICACION :	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 79+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	25,590 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	866 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%) : 7.7
2"	50.800	1316.0	5.1	5.1	94.9		Limite Líquido (LL) : 35.1
1 1/2"	38.100	992.0	3.9	9.0	91.0		Limite Plástico (LP) : 18.7
1"	25.400	1530.0	6.0	15.0	85.0		Índice Plástico (IP) : 16.5
3/4"	19.050	1263.0	4.9	19.9	80.1		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	916.0	3.6	23.5	76.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (1)
3/8"	9.500	1000.0	3.9	27.4	72.6		Porcentaje de Gravas: 45.5
N° 4	4.750	4617.0	18.0	45.5	54.5		Porcentaje de Arenas: 31.2
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 23.4
N° 10	2.000	150.4	12.3	57.8	42.2		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	115.5	9.5	67.2	32.8		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	115.1	9.4	76.6	23.4		
< N° 200	FONDO	285.4	23.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 158452
Unidad de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

 <p>CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN</p>	<p>SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3: DEL PROYECTO DE REDES VALES REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO</p>	 <p>PVR Por Vías Rápidas</p>
--	--	---

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pto. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs Cemento 0.27 lt/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO		7	4	9	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.48	27.20	27.40	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.11	24.74	25.34	
PESO DE AGUA (g)		2.38	2.46	2.06	
PESO DEL TARRO (g)		22.90	17.90	19.01	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.21	6.84	6.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		38.3	36.0	32.5	
NUMERO DE GOLPES		15	25	34	

LIMITE PLASTICO					
N° TARRO		2	5		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.31	21.72		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.18	20.58		
PESO DE AGUA (g)		1.13	1.14		
PESO DEL TARRO (g)		8.13	14.47		
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.05	6.11		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		18.7	18.7		

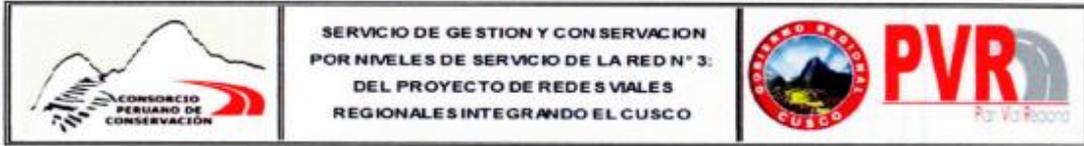


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	35.15
LIMITE PLASTICO	18.67
INDICE DE PLASTICIDAD	16.48

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 152452
 Ate de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes Cemento 0.27 lb/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Préstamo	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	: Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	717.4			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	666.4			
PESO DE AGUA (g)	51.0			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	666.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.65			7.65

Observaciones:

PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNICCAMA
 ESC. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 156452
Jefe de Control de Calidad de Estudios e Investigaciones - Red Vial Cusco

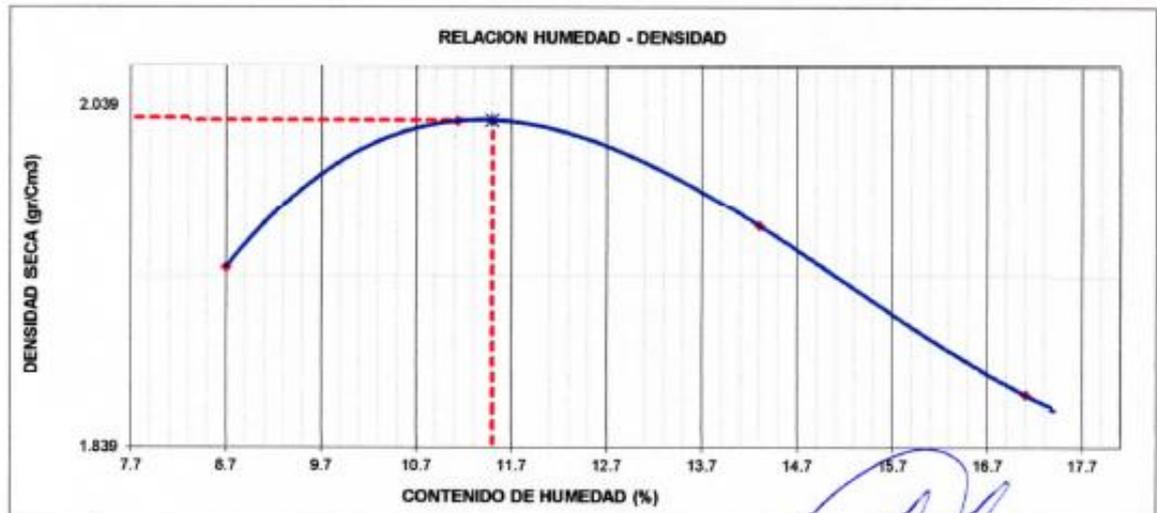
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Marlo – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes Cemento 0.27 l/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Material de Prólamo	FECHA	: 05sep14
UBICACION	: Km. 79+500		

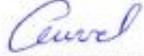
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (1)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11861	12165	12150	12021	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4442	4746	4731	4602	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.112	2.257	2.250	2.188	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	946.0	1148.0	1070.0	798.3	
Peso del suelo seco + tara	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	75.7	115.0	133.9	116.3	
Peso del suelo seco	gr	870.3	1033.0	936.1	680.0	
Contenido de agua	%	8.70	11.13	14.30	17.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.943	2.031	1.968	1.869	
Densidad máxima (gr/cm ³) Humedad óptima (%)						2.031 11.50



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Zuni Ccama
 CIP 150452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHITO T-193, ASTM D 1803)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) - Pte. Manto - Coica	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Procs Cemento 0.27 l/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Material de Préstamo	FECHA :	05-sep-14
UBICACION :	Km. 70+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1		
LADO :	Izquierdo		
PROF. (m) :	0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.031
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	11.50 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHITO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	1	13	4			
N° Capa	5	5	6			
Golpes por capa N°	66	26	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12530	12305	12282			
Peso de molde (gr)	7800	7673	7524			
Peso del suelo húmedo (gr)	4830	4632	4758			
Volumen del molde (cm ³)	2178	2156	2229			
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.264	2.148	2.135			
Humedad (%)	11.52	11.50	11.49			
Densidad seca (gr/cm ³)	2.030	1.928	1.915			
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	663.00	682.70	719.10			
Tarro + Suelo seco (gr)	594.50	612.30	645.00			
Peso del Agua (gr)	68.50	70.40	74.10			
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	594.50	612.30	645.00			
Humedad (%)	11.52	11.60	11.49			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 13				MOLDE N° 4			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		154	33.6			140	30.5			80	17.4		
0.050		268	58.5			256	55.7			190	41.4		
0.075		384	84.0			366	79.8			298	62.5		
0.100	70.3	593	130.2	119.9	170.5	487	106.8	106.45	151.4	421	92.2	88.89	126.4
0.150		901	178.6			732	161.2			599	131.6		
0.200	105.5	989	218.7	221.7	210.2	841	185.5	192.80	159.5	731	160.9	159.77	151.5
0.300		1346	299.6			1166	258.5			987	218.3		
0.400		1687	377.7			1485	326.8			1194	256.0		
0.500		1982	418.2			1654	370.1			1352	301.0		
0.600		2061	462.2			1983	418.4			1499	334.5		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ESP. SELOS Y PAVIMENTOS

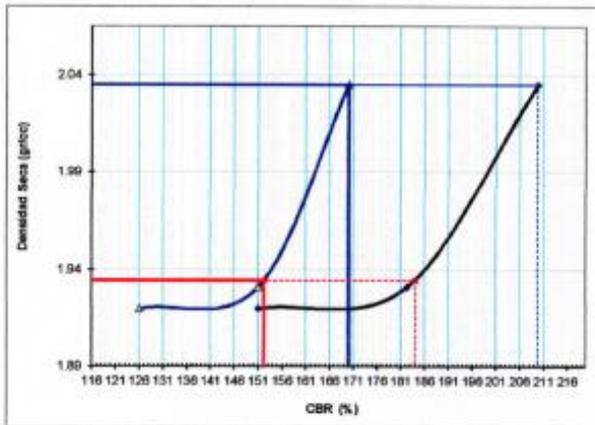
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 156452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coica	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proca Cemento 0.27 t/m ³ - 55 km/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Material de Préstamo	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	Km. 79+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (1)

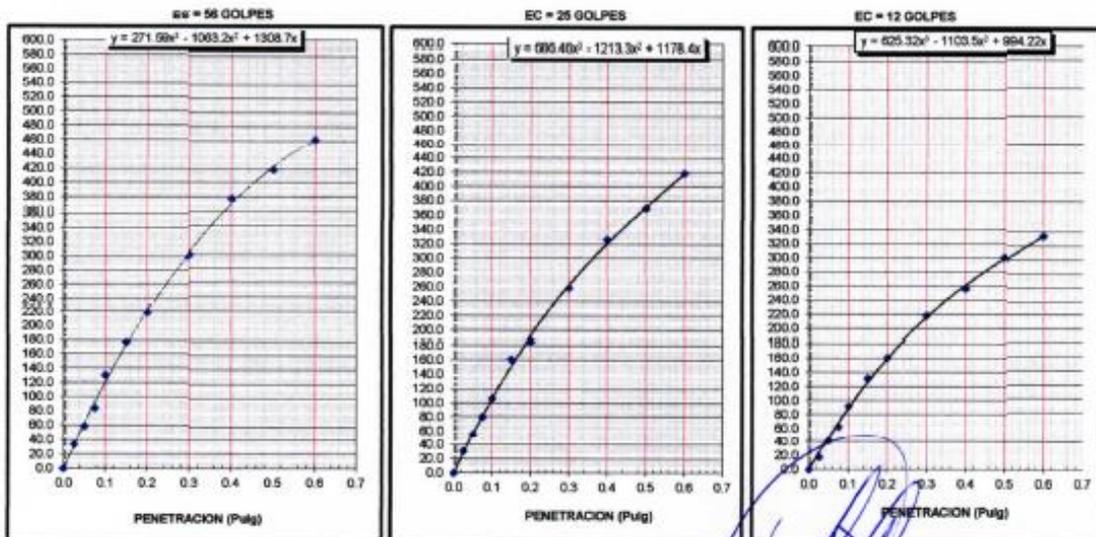
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

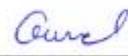


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	170.5	0.2":	210.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	152.6	0.2":	184.4

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	2.031	gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)
			152.6
Optimo Humedad	11.5	%	CBR 100% MDS (0.1") (%)
			170.5

OBSERVACIONES:




 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS LEO ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



Resumen de Ensayos de Laboratorio : Estabilización Química - Tecnología PROES

Tramo : 4 · Yanatile (Amparaes) - Pte.Manto -Colca

Tramo	Dosificación	Material	Progresiva	Fecha	LIMITES DE CONSISTENCIA		CLASIFICACION		PROCTOR		CBRI(0.1")	
					L.L.	I.P.	AASHTO	SUCS	M.D.S	O.C.H	95% MDS	100% MDS
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 79+500	05/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	16.31	18.29
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 79+500	17/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	110.20*	129.98
Red 3A T-4	Dosis 0.26 Lts / 50 kg. (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 79+500	17/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	117.10*	128.42
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 79+500	17/07/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	127.10*	142.74
Red 3A T-4	Dosis 0.27 Lts / 55 kg. (Cemento I)	Cantera de Recarga	Km 79+500	05/09/2014	35.15	16.48	A-2-6 (1)	GC	2.031	11.50	152.60*	170.49

Caral

PIEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION

ING. LUIS ZUNI COMA
SPE SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Coma
CIP. 15C.452
Médico de Colaboración en Obras y Proyectos - Red Vial - Colca

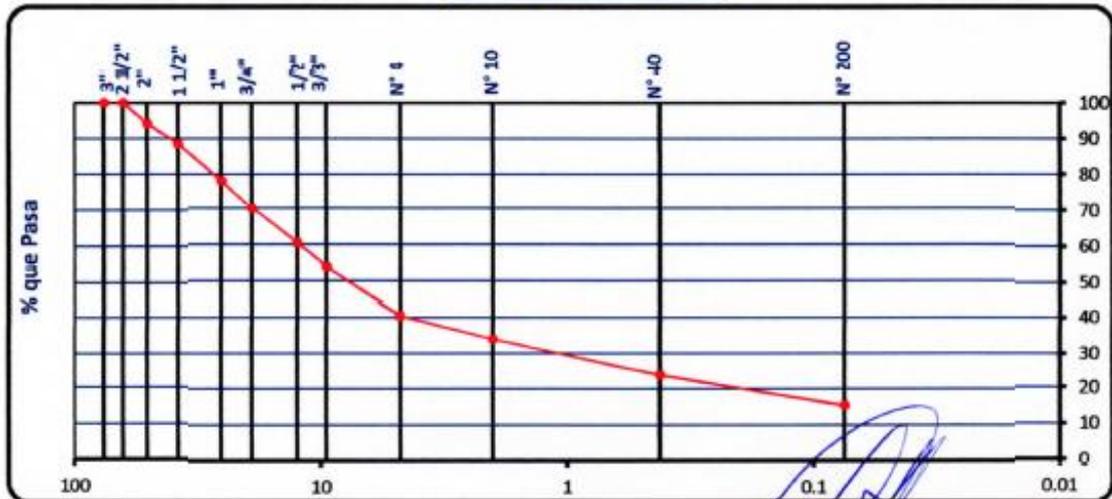
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 50/50 0.25 l/m ³ - 50 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	11-jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	30,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%) : 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL) : 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP) : 21.6
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP) : 15.6
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS) : GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 69.6
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 26.0
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 15.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Curve
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CJP. 155432
Unidad de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs 50/50 0.25 t/m ³ - 50 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACIÓN	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.00
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRU (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRU + SUELO HUMEDO (g)		10.79	11.07	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRU (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	

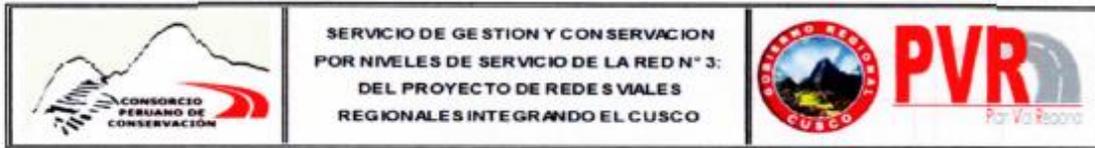


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.05
LIMITE PLASTICO	21.53
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155452
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Proyectos - Red Vial 3-Cusco



HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.25 lb/m ³ - 50 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	GLASF. (AASHITO)	: A-2-G (0)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	694.9			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	585.4			
PESO DE AGUA (g)	109.6			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	585.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.71			18.71

Observaciones:

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155852
 Jefe de Unidad de Control de Obras y Pavimentos - Csd. Vial - Cusco

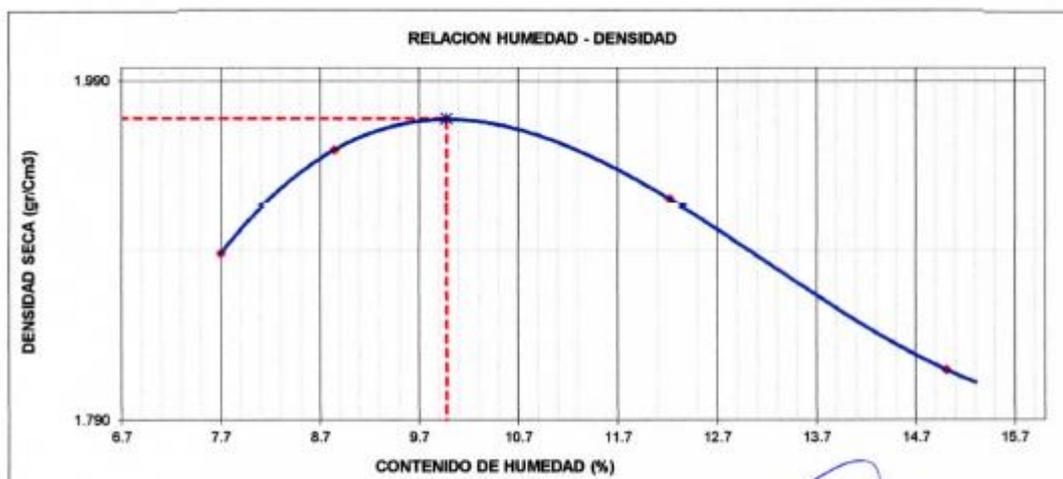
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparases) – Pta. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.25 lt/m ³ - 50 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Cartera de Rocarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

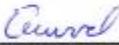
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.06 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

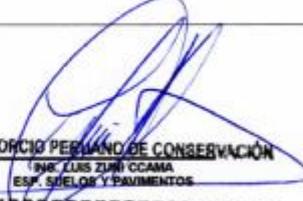
METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
<i>Densidad máxima</i> $\frac{\text{gr/cm}^3}{\text{gr/cm}^3}$						1.968
<i>Humedad óptima</i> (%)						9.93



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 (ING. LUIS ZUNI COAMA)
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Zuni Coama
 CIP. 156452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Rod Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.25 lt/m3 - 50 kg/m3	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1		
LADO	: Izquierdo		
PROF. (m)	: 0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 9.93 %

CAPACIDAD	: 10000	Lbs.
ANILLO	: 1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	8	6	24			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	55	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12276		12007		11790	
Peso de molde (gr)	7547		7422		7443	
Peso del suelo húmedo (gr)	4731		4585		4347	
Volumen del molde (cm ³)	2192		2140		2114	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.150		2.134		2.056	
Humedad (%)	9.93		9.94		9.96	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.963		1.941		1.870	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	711.00		509.00		681.30	
Tarro + Suelo seco (gr)	646.80		463.00		619.60	
Peso del Agua (gr)	64.20		46.00		61.70	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	646.80		463.00		619.60	
Humedad (%)	9.93		9.94		9.96	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/07/2014	2:40 PM	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
19/07/2014	2:40 PM	24	1	0.0	0.0	1	0.0	0.0	2	0.1	0.0
20/07/2014	2:40 PM	48	2	0.0	0.0	3	0.1	0.1	3	0.1	0.1
21/07/2014	2:40 PM	72	3	0.1	0.1	3	0.1	0.1	4	0.1	0.1
22/07/2014	2:40 PM	96	3	0.1	0.1	5	0.1	0.1	8	0.2	0.2

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 8				MOLDE N° 6				MOLDE N° 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		85	18.5			65	14.1			48	10.4		
0.050		185	40.3			165	36.0			96	18.7		
0.075		265	57.9			231	50.4			132	28.8		
0.100	70.3	348	76.1	76.6	108.9	290	63.4	62.45	68.8	195	42.5	40.83	56.1
0.150		492	107.9			380	83.1			260	56.8		
0.200	105.5	589	129.4	126.8	120.2	482	105.7	105.13	99.7	332	72.6	68.80	65.2
0.300		714	157.2			624	137.1			413	90.4		
0.400		837	184.6			741	163.2			521	114.3		
0.500		955	211.1			889	196.3			687	151.1		
0.600		1134	251.5			1098	243.3			854	188.4		

Pedro
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. Luis Zuni Ccama
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

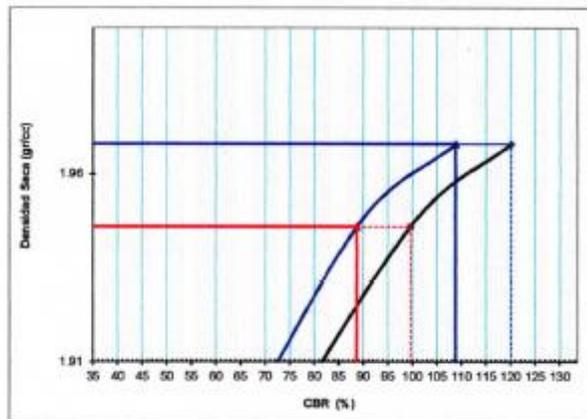
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155.452
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 50/50 0.25 ft/m3 - 50 kg/m3	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

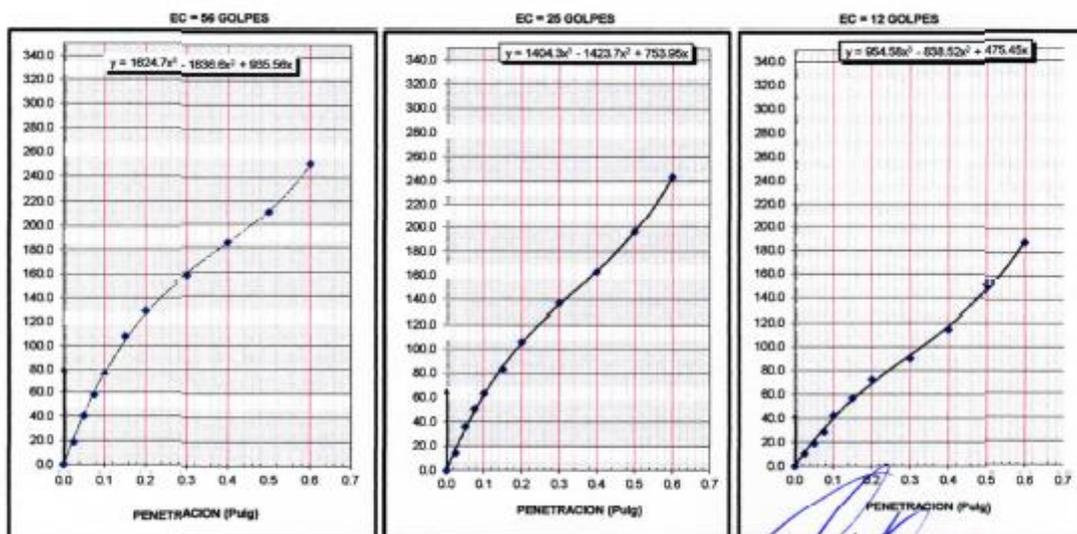
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 108.9	0.2": 120.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 88.8	0.2": 99.7

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 100% MDS (0.1") (%)	108.9
Optimo Humedad	9.9 %	CBR 100% MDS (0.2") (%)	120.2

OBSERVACIONES:



Original
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
SOL. Y SERV. EN CARRETERAS
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 155452
Unidad de Control de Calidad de Obras y Proyectos - Red Vial 3-Cusco

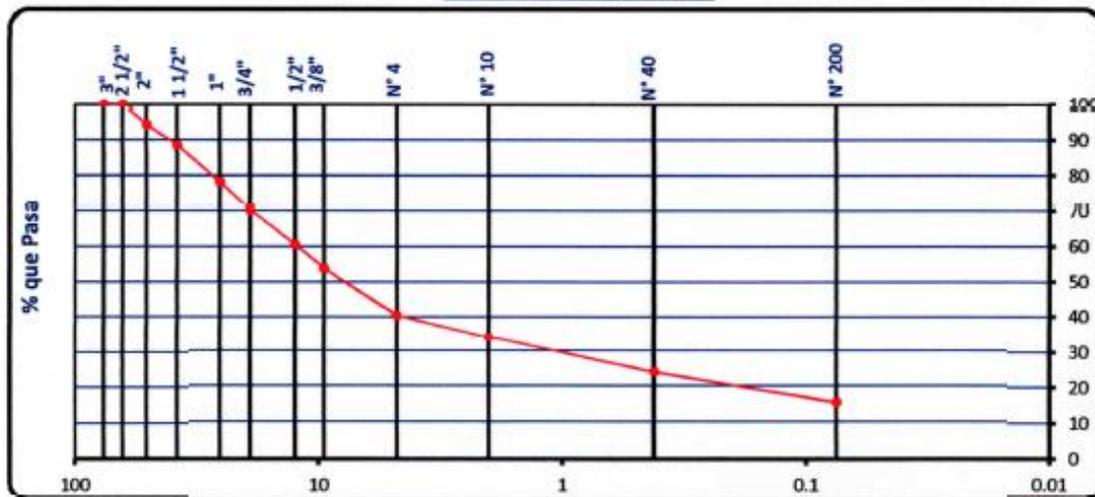
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO : 4; Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coica	TECNICO : Pedro Benites Cueva		
ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 50/50 0.26 l/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama		
MATERIAL : Cantera de Recarga	FECHA : 11-jul-14		
UBICACION : Km. 85+500			

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA : Km 85+500
LADO : Izquierdo	Peso inicial seco : 30,005 (gr)
PROF. (m) : 0.00 m	Fracción fina seca : 585 (gr)

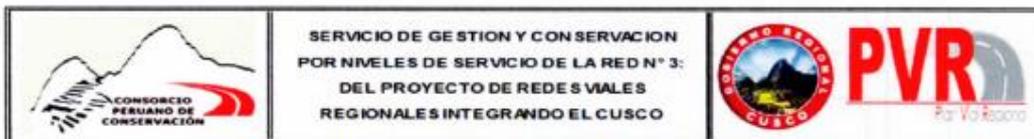
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%) : 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL) : 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP) : 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP) : 16.5
3/4"	19.950	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS) : 00
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 89.5
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 8	2.380						porcentaje de Finos: 16.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cruvel
PEDRO BENITES CUEVA
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CJP 150452
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial Cusco



HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4. Yanatile (Amparaes) - Pte. Manto - Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs 50/50 0.26 lb/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	694.9			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	585.4			
PESO DE AGUA (g)	109.5			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	585.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.71			18.71

Observaciones:

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 --- POR SUELOS Y PAVIMENTOS ---
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Jefe de Oficina de Calidad de Obras y Proyectos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



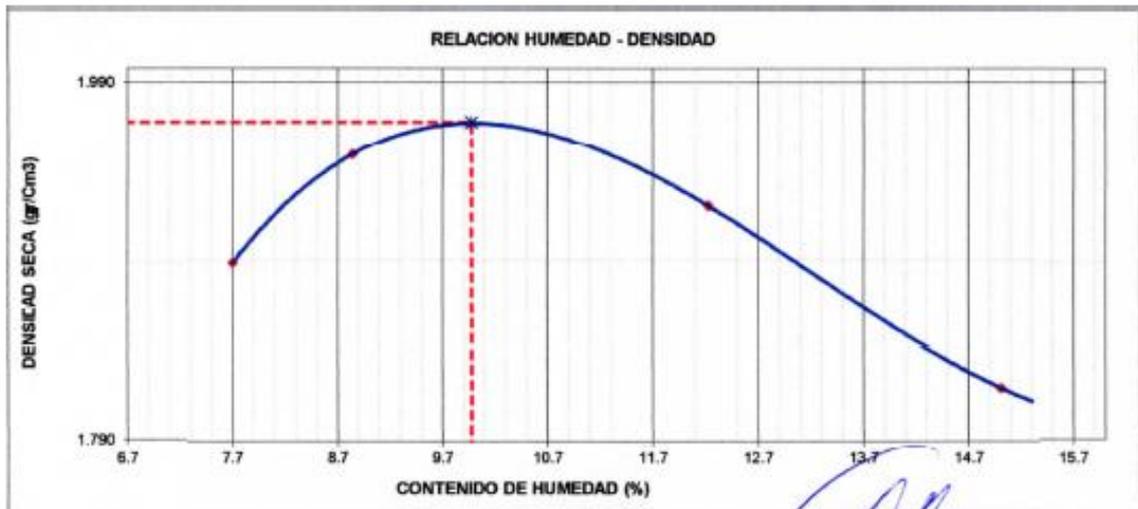
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pta. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccaña
MATERIAL	: Carretera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.968
Humedad óptima (%)						9.93



Observaciones:

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAÑA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccaña
 CIP. 150452
 Mfo de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) - Pta. Manto - Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Procs 50/50 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Carriera de Recarga	FECHA :	11-jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1		
LADO :	Izquierdo		
PROF. (m) :	0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	9.93 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	26	3	29			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12268		11854		11699	
Peso de molde (gr)	7569		7468		7450	
Peso del suelo húmedo (gr)	4699		4386		4249	
Volumen del molde (cm ³)	2173		2130		2134	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.162		2.106		1.991	
Humedad (%)	9.94		9.96		9.94	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.967		1.915		1.811	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	597.00		519.00		542.00	
Tarro + Suelo seco (gr)	543.00		472.00		493.00	
Peso del Agua (gr)	54.00		47.00		49.00	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	543.00		472.00		493.00	
Humedad (%)	9.94		9.96		9.94	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/07/2014	2:40 PM	0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
19/07/2014	2:40 PM	24	1	0.0	0.0	1	0.0	0.0	2	0.1	0.0
20/07/2014	2:40 PM	48	2	0.0	0.0	3	0.1	0.1	3	0.1	0.1
21/07/2014	2:40 PM	72	3	0.1	0.1	3	0.1	0.1	4	0.1	0.1
22/07/2014	2:40 PM	96	3	0.1	0.1	5	0.1	0.1	8	0.2	0.2

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 26				MOLDE N° 3				MOLDE N° 29			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		66	14.4			59	12.8			38	8.3		
0.050		173	37.7			134	29.2			89	19.4		
0.075		244	53.3			207	45.2			144	31.4		
0.100	70.3	426	93.3	84.9	120.7	368	80.5	72.62	103.3	207	45.2	46.98	66.8
0.150		572	125.6			529	116.1			338	73.9		
0.200	105.5	714	157.2	151.7	143.8	621	136.5	137.60	130.5	487	106.8	100.03	94.9
0.300		923	203.9			865	190.9			682	150.0		
0.400		1125	249.4			1084	240.2			845	186.4		
0.500		1354	301.4			1248	277.3			956	211.3		
0.600		1572	351.3			1401	312.1			1094	242.4		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155452
 Av. de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

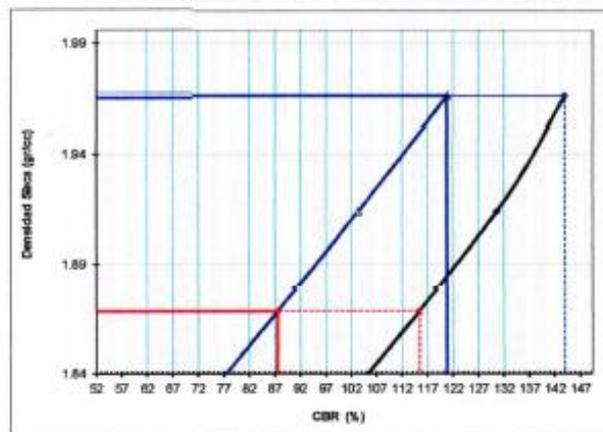


RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
INGENIERO	DR. YANIBOS (AMPARAS) - PDR. MARINO - LUCIA	INGENIERO	PEDRO BENTOS LUEVA
ESTRUCTURA	Estabilización Química Procs 50/50 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	11-jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

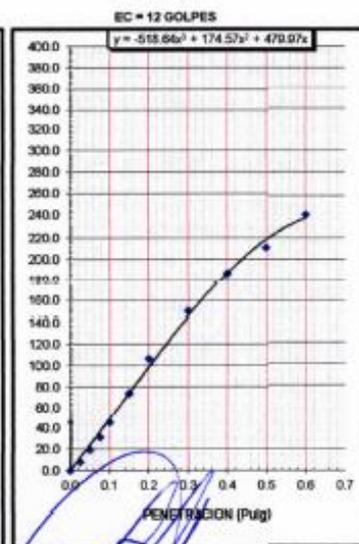
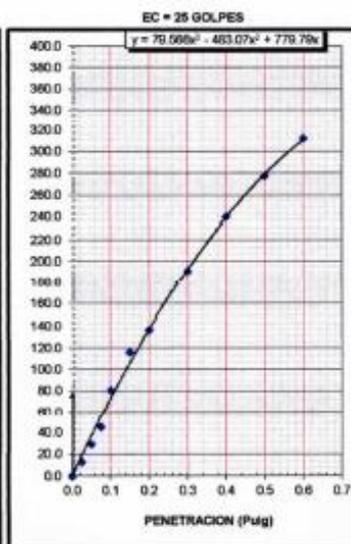
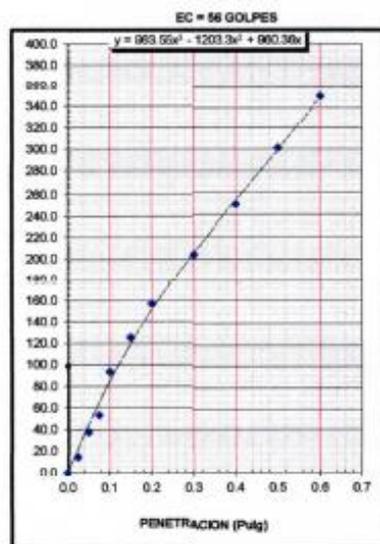
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 120.7	0.2": 143.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 87.5	0.2": 115.4

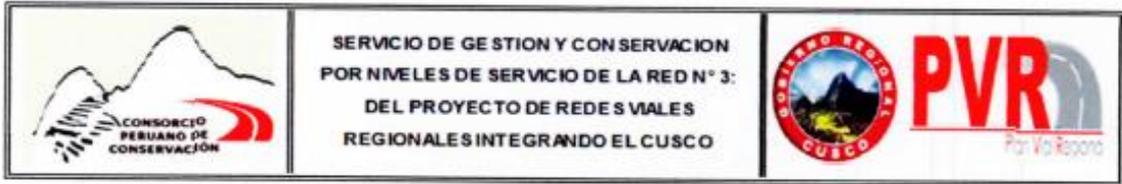
Datos del Proctor		Resultado ODR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	87.5
Optimo Humedad	9.9 %	CBR 100% MDS (0.1") (%)	120.7

OBSERVACIONES:



Ceval
 PEDRO BENTOS LUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

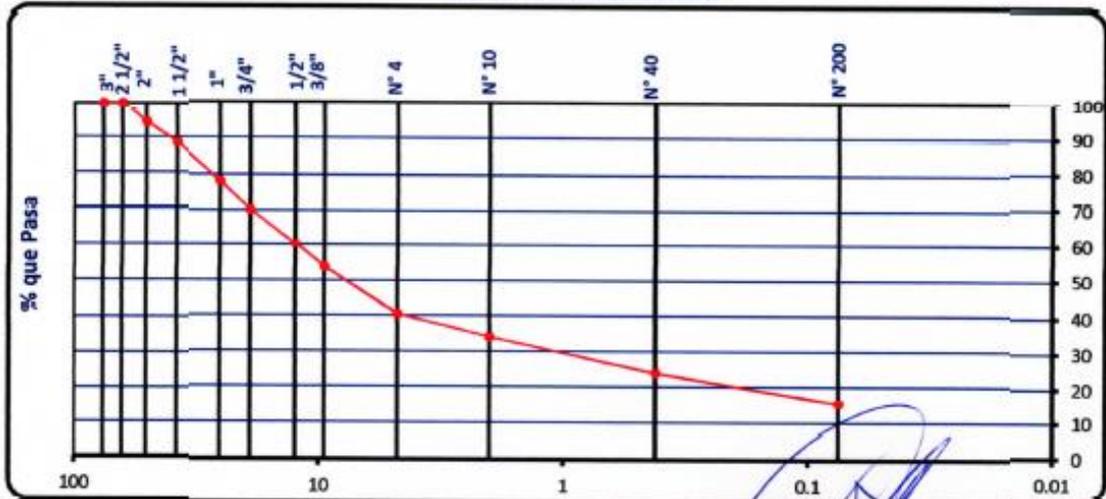
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparces) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 l/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	11-jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	30,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL): 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP): 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP): 15.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 69.5
N° 4	4.750	3968.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 15.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 C.P. 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pta. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Quimica Procs 50/50 0.27 lt/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cartera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

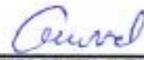
LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.68
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	

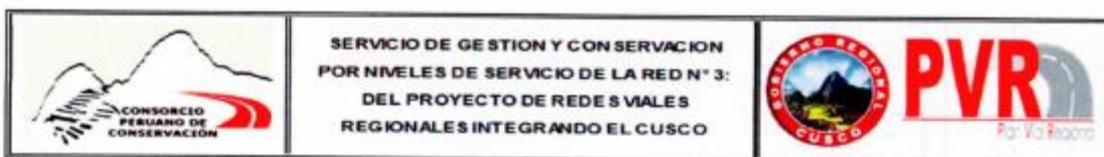


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.06
LIMITE PLASTICO	21.53
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Jefe de Cobros de Cobros de Bases y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



HUMEDAD NATURAL
(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 lt/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - I	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

N° ENGAYOG	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	694.9			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	585.4			
PESO DE AGUA (g)	109.5			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	585.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.71			18.71

Observaciones:

Cueva

PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

Zuni

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP: 150452
Jefe de Control de Calidad de Obras y Materiales - Red Vial 3-Cusco

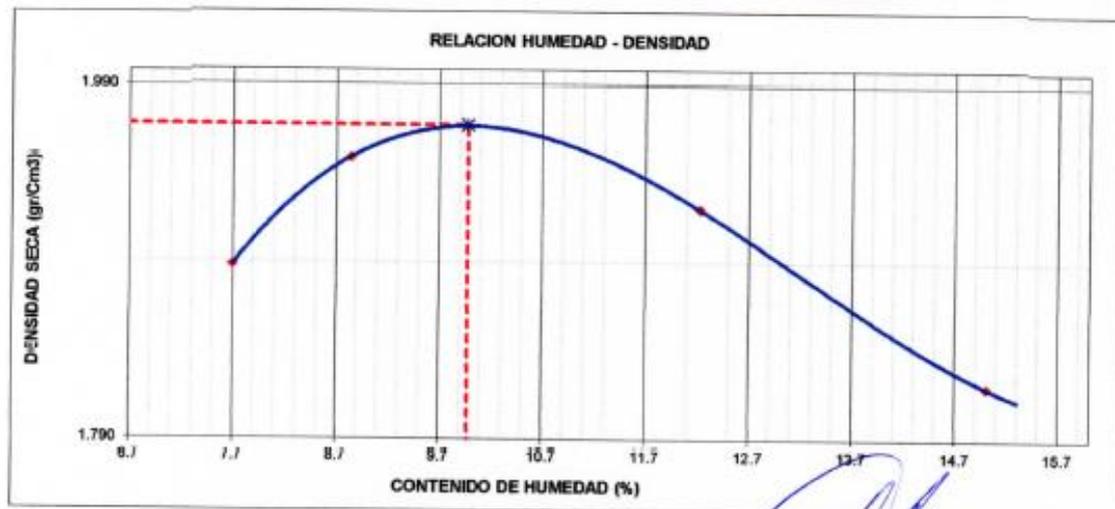
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Marito – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs 50/50 0.27 lit/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cartera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 80+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima $\frac{\text{gramos}}{\text{centímetros}^3}$						1.968
Humedad óptima (%)						9.93



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vía 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proex 50/50 0.27 N/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1		
LADO	: Izquierdo		
PROF. (m)	: 0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR	
MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 9.93 %
CAPACIDAD	: 10000 Lbs.
ANILLO	: 1

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
 (AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°	13	5	19			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12337		12001		11831	
Peso de molde (gr)	7673		7485		7532	
Peso del suelo húmedo (gr)	4664		4516		4309	
Volumen del molde (cm ³)	2156		2188		2175	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.163		2.064		2.023	
Humedad (%)	9.93		9.92		9.92	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.968		1.878		1.840	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	560.10		537.50		441.20	
Tarro + Suelo seco (gr)	509.50		489.00		401.40	
Peso del Agua (gr)	50.60		48.50		39.80	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	509.50		489.00		401.40	
Humedad (%)	9.93		9.92		9.92	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 13				MOLDE N° 5				MOLDE N° 19			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		81	13.3			48	10.4			22	4.8		
0.050		107	23.3			86	18.7			65	14.1		
0.075		180	39.2			162	35.3			129	26.1		
0.100	70.3	303	66.2	61.5	87.5	250	54.6	51.09	72.7	182	39.7	42.43	80.3
0.150		407	89.1			390	78.7			309	67.5		
0.200	105.5	592	130.0	120.4	114.1	484	106.1	102.26	97.0	432	94.6	85.66	81.2
0.300		804	177.3			670	147.4			590	129.6		
0.400		1015	224.6			880	194.3			700	154.0		
0.500		1284	285.5			1038	229.8			857	195.8		
0.600		1420	316.5			1195	265.5			1014	224.4		

Cueva
 PEDRO BENITES GUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

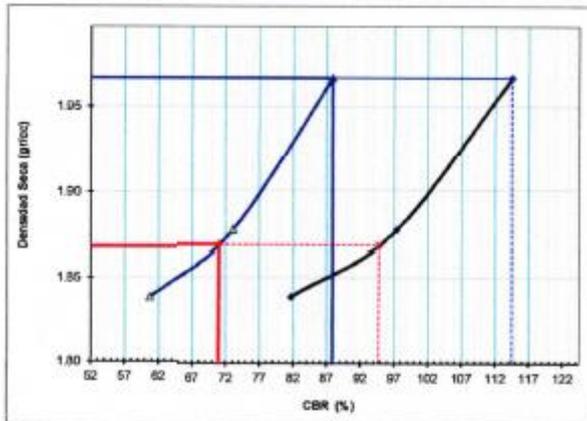
CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI COAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Zuni Coama
 CIP. 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Heredia 2-Coama

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pta. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	: 11-Jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

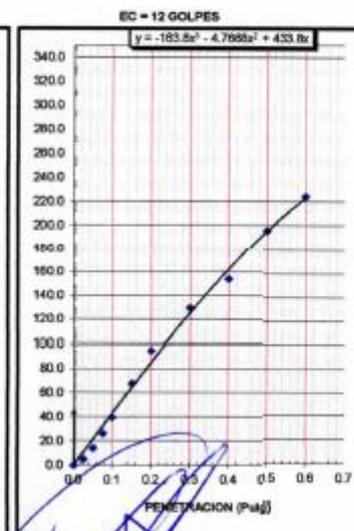
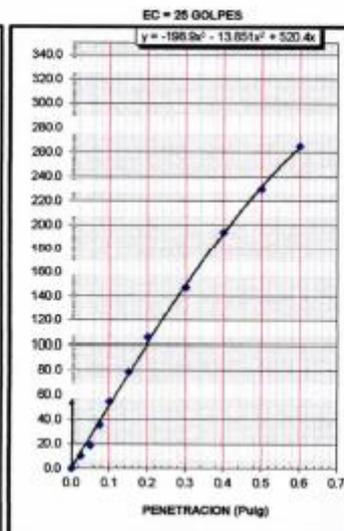
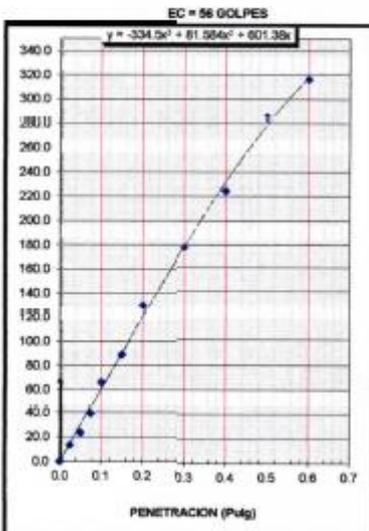
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	87.5	0.2":	114.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	70.6	0.2":	94.4

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 100% MDS (0.1%)	87.5
Optimo Humedad	9.9 %	CBR 100% MDS (0.2%)	114.1

OBSERVACIONES:




 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 DEL SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP: 150452
 Asesor de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

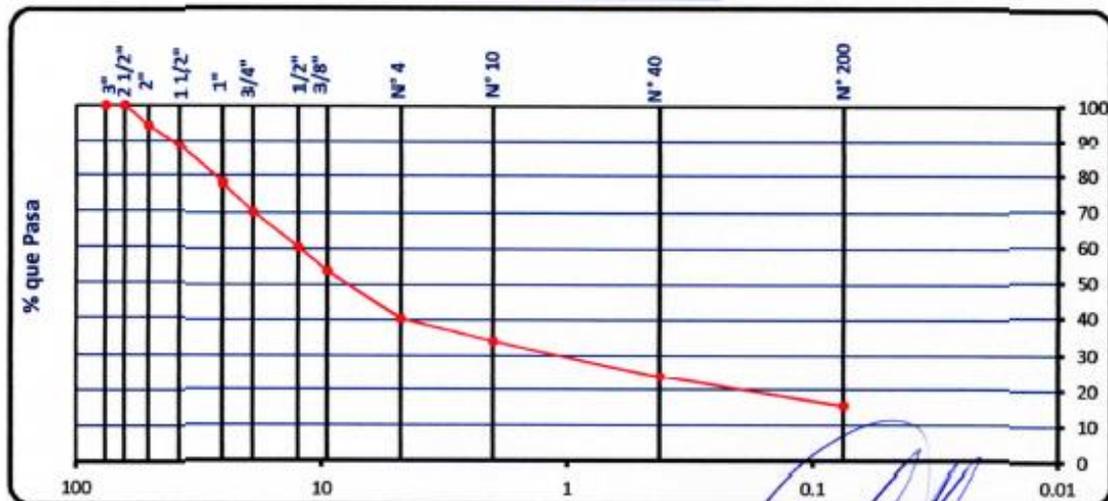
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	11-Jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADU :	IZQUIERDA	Peso inicial seco :	50,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL): 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP): 21.8
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP): 15.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 59.5
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 15.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 60	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 156152
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Rod Vial 3-Cusco

 <p>CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION</p>	<p>SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3: DEL PROYECTO DE REDES VIALES REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO</p>	 <p>PVR Por Vías Seguras</p>
--	---	---

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pta. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 lt/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

LIMITE LIQUIDO					
N° TARRO		7	4	9	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.68	
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35	
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2	
NUMERO DE GOLPES		15	28	33	

LIMITE PLASTICO					
N° TARRO		13	5		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37		
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96		
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41		
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47		
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7		

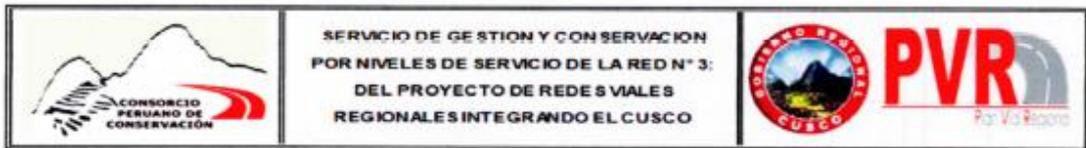


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.05
LIMITE PLASTICO	21.63
INDICE DE PLASTICIDAD	15.62

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155 352
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



HUMEDAD NATURAL

(NORMA ASTM D 2216, MTC E 108 - 2000)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparases) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-Jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

N° ENSAYOS	1	2	3	PROMEDIO
N° TARRO				
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)	694.9			
PESO TARRO + SUELO SECO (g)	585.4			
PESO DE AGUA (g)	109.5			
PESO DEL TARRO (g)				
PESO DEL SUELO SECO (g)	585.4			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	18.71			18.71

Observaciones:

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 --- ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS ---
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 15E 452
 Mtc de Control de Calidad de Obras y Proyectos - Red Vial 3 Cusco

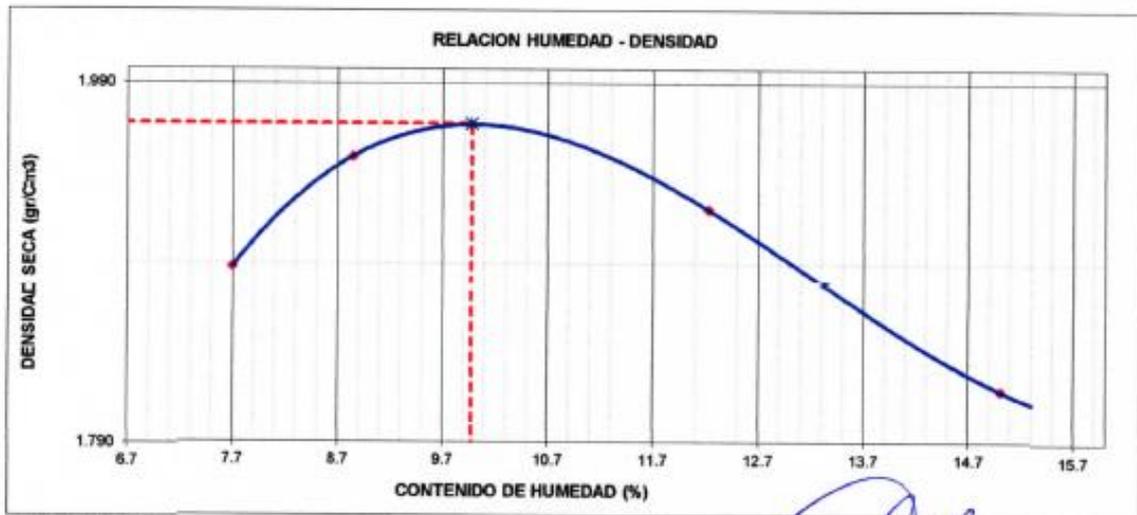
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparicos) - Pte. Marito - Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 50/50 0.27 lb/m ³ - 85 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

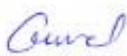
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	850.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima $\frac{\text{Tonelada}^3}{\text{Cm}^3}$ Humedad óptima (%)						1.968 9.63



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 C/P. 151.432
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	11-Jul-14
UBICACION :	Km. 85+900		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1		
LADO :	Izquierdo		
PROF. (m) :	0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	9.93 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

	MOLDE N° 15		MOLDE N° 4		MOLDE N° 18	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	15		4		18	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12205		11670		11824	
Peso de molde (gr)	7554		7468		7631	
Peso del suelo húmedo (gr)	4651		4402		4193	
Volumen del molde (cm ³)	2140		2130		2183	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.164		2.067		1.921	
Humedad (%)	9.92		9.93		9.92	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.969		1.890		1.748	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	538.70		509.40		681.30	
Tarro + Suelo seco (gr)	490.10		463.40		619.80	
Peso del Agua (gr)	48.60		46.00		61.50	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	490.10		463.40		619.80	
Humedad (%)	9.92		9.93		9.92	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION psig	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 15				MOLDE N° 4				MOLDE N° 18			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		105	22.9			65	14.1			78	17.0		
0.050		214	46.7			165	36.0			146	31.8		
0.075		325	71.0			231	50.4			232	50.6		
0.100	70.3	419	91.7	91.8	130.5	331	72.4	71.22	101.3	295	64.5	60.91	86.6
0.150		592	130.0			467	102.3			356	77.9		
0.200	105.5	726	159.8	157.9	149.7	596	130.7	126.06	120.1	470	103.0	101.71	96.4
0.300		913	201.7			786	197.8			590	129.6		
0.400		1067	236.3			884	195.2			691	152.0		
0.500		1168	259.2			999	221.0			792	174.6		
0.600		1254	278.7			1098	243.3			854	188.4		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 SRP, SUELOS Y PAVIMENTOS

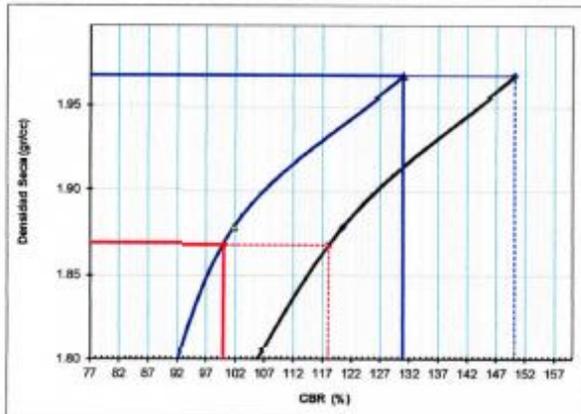
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150 852
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 50/50 0.27 ft/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	: 11-jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	ULASF. (SUCS) UC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

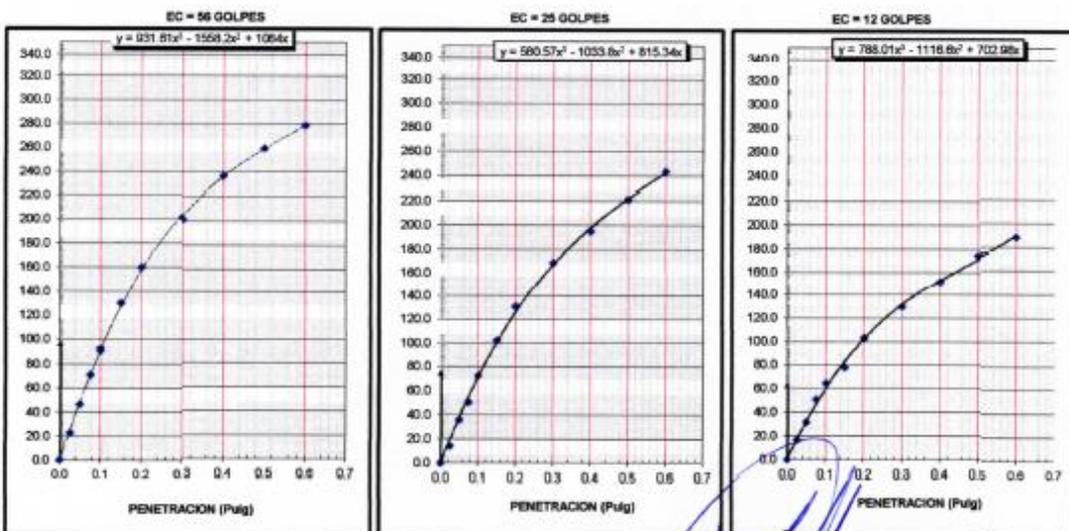
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	130.5	0.2":	149.7
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1":	99.6	0.2":	117.7

Datos del Proctor		Resultado% CBR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 100% MDS (0.1") (%)	130.5
Óptimo Humedad	9.9 %	CBR 100% MDS (0.2") (%)	149.7

OBSERVACIONES:



Pedro Benites Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAMA
CEN. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 155.452
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



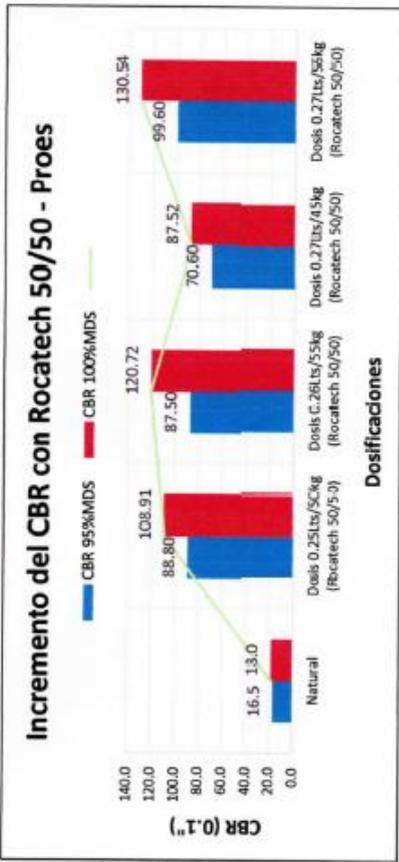
**SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
DEL PROYECTO DE REDES VIALES
REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO**



PVR
Por Vo Regionero

Resumen de Ensayos de Laboratorio : Estabilización Química - Tecnología PROES
Tramo : 4 - Yanatile (Amparaes) - Pte.Manto -Colca

Tramo	Dosificación	Material	Progresiva	Fecha	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO											LÍMITES DE CONSISTENCIA		PROCTOR		CBR (0.1")			
					3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	L.L.	I.P.	M.D.S (#/cc)	O.C.H [%]	95% MDS	100% MDS	
					100	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	23.97	15.425	37.051	15.525	GC	1.968	9.93	16.5	18.0
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 85+500	05/07/2014	100	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	GC	1.968	9.93	88.80	108.91
Red 3A T-4	Dosis 0.25Lts/50kg (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	GC	1.968	9.93	87.50	120.72
Red 3A T-4	Dosis 0.26Lts/55kg (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	GC	1.968	9.93	70.60	87.52
Red 3A T-4	Dosis 0.27Lts/45kg (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	GC	1.968	9.93	70.60	87.52
Red 3A T-4	Dosis 0.27Lts/55kg (Rocatech 50/50)	Cantera de Recarga	Km 85+500	11/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	GC	1.968	9.93	99.60	130.54




CONSORCIO REGIONAL DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. INGENIERIA CIVIL Y PAVIMENTOS.
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 C.P. 155.052
 Av. de Cuzco de Ciudad de Arequipa s/n. Arequipa, Peru


PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

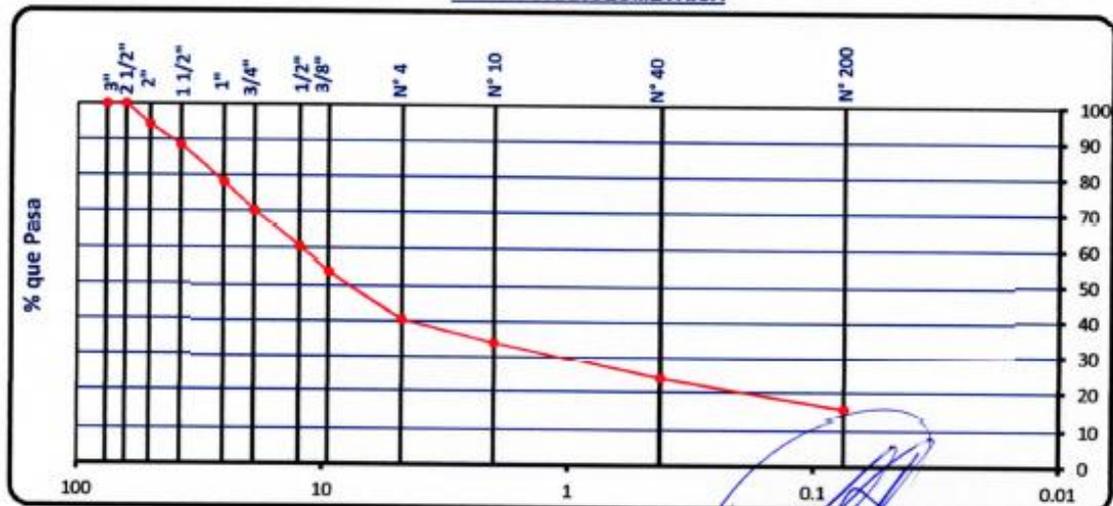
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	12-Jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	30,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Contenido de Humedad (%) : 18.7
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Limite Líquido (LL) : 37.1
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Limite Plástico (LP) : 21.8
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Indice Plástico (IP) : 15.5
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (SUCS) : GC
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Clasificación (AASHTO) : A-2-6 (0)
N° 4	4.750	3996.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Gravas: 59.6
N° 8	2.360						Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		porcentaje de Finos: 15.4
N° 16	1.180						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
= N° 200 FONDO		223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI COAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Coama
CIP. 150452
Unidad de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

 <p>CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN</p>	<p>SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3: DEL PROYECTO DE REDES VIALES REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO</p>	 <p>PVR Por Vías Seguras</p>
--	---	---

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.26 lb/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

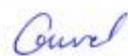
LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.68
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	

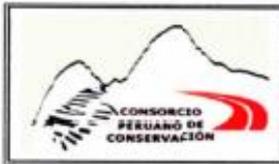


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.05
LIMITE PLASTICO	21.53
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 156452
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Proyectos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



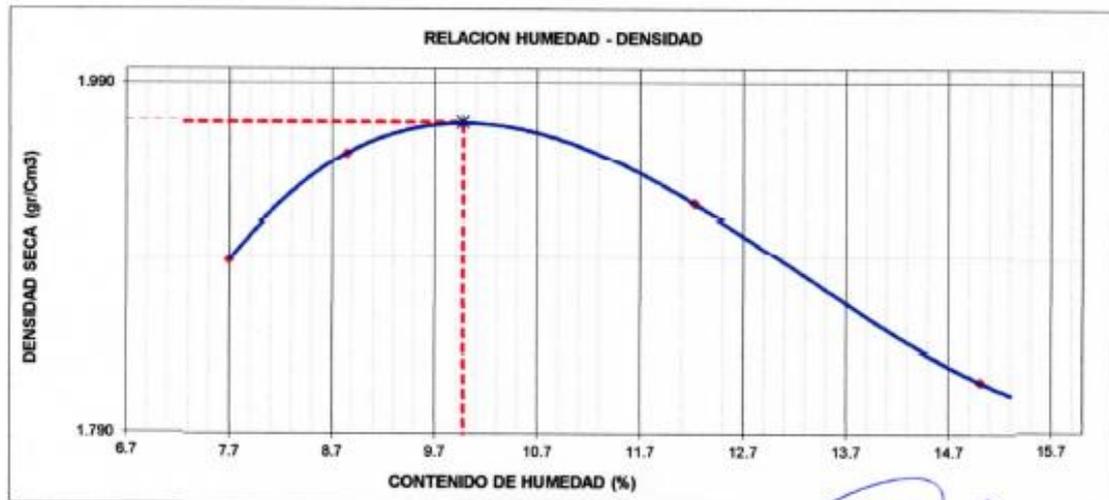
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pie. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.50 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

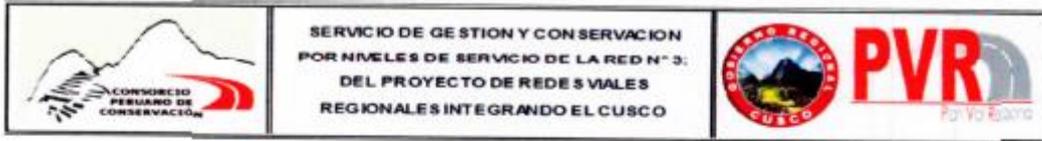
Peso suelo + molde	gr	11895	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima $\frac{\text{Tonelada}^3}{\text{Cm}^3}$						1.968
Humedad óptima (%)						9.93



Observaciones:

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI COAMA
 ESA-SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP. 150452
 Mte. de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3.
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) - Pta. Manto - Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs 70/30 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-Jul-14
UBICACION	: Km 85+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1		
LADO	: Izquierdo		
PROF. (m)	: 0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 9.93 %

CAPACIDAD	: 10000	Lbs.
ANILLO	: 1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Cond. de la muestra	1		12		2	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		12		2	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12311		11939		11815	
Peso de molde (gr)	7600		7481		7615	
Peso del suelo húmedo (gr)	4711		4478		4200	
Volumen del molde (cm ³)	2178		2180		2156	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.163		2.054		1.948	
Humedad (%)	9.94		9.92		9.97	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.967		1.889		1.771	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	711.50		509.50		681.40	
Tarro + Suelo seco (gr)	647.20		463.50		619.60	
Peso del Agua (gr)	64.30		46.00		61.80	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	647.20		463.50		619.60	
Humedad (%)	9.94		9.92		9.97	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 12				MOLDE N° 2			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Diel (psi)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Diel (psi)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Diel (psi)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		64	13.9			60	13.1			10	2.2		
0.050		140	30.5			107	23.3			46	10.0		
0.075		238	51.9			206	44.9			111	24.2		
0.100	70.3	383	83.8	61.1	115.3	320	69.9	73.40	104.4	178	38.8	49.07	69.8
0.150		524	114.9			505	110.7			313	68.4		
0.200	105.5	773	170.3	162.0	153.6	686	150.9	147.34	186.7	432	94.6	101.78	96.5
0.300		1022	226.2			962	212.7			663	143.6		
0.400		1334	296.9			1185	263.0			845	185.3		
0.500		1906	334.8			1375	306.2			992	219.4		
0.600		1629	364.4			1483	332.2			1150	255.1		

PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 SSP: SUELOS Y PAVIMENTOS

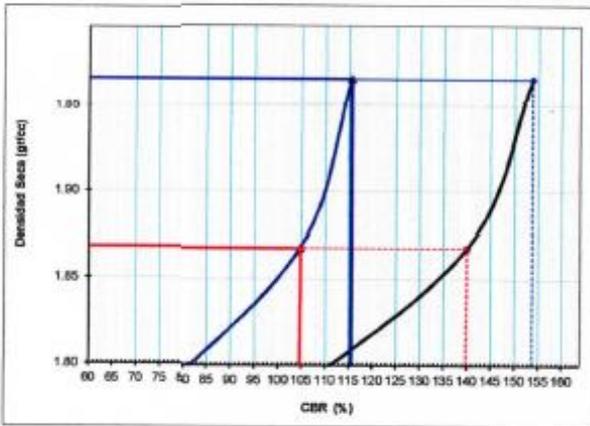
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 C/P 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparases) – Pta. Manto – Colca	TECNICO	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Quimica Proes 70/30 0.26 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	12-jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

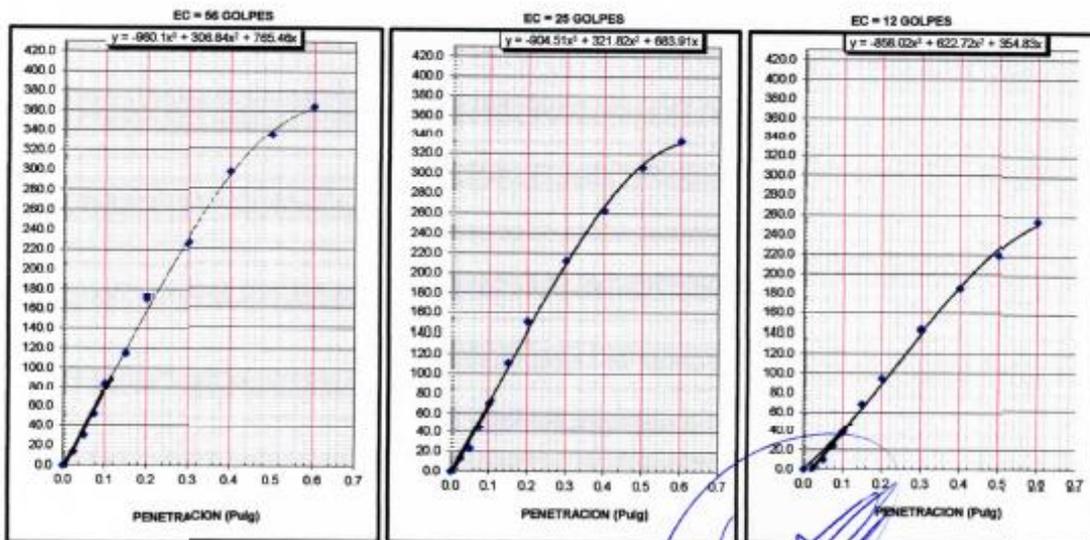
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 115.8	0.2": 100.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 104.5	0.2": 138.7

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	104.5
Óptimo Humedad	9.9 %	CBR 100% MDS (0.1") (%)	115.3

OBSERVACIONES:



Cuecl
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 CIP 150452
 ex Coordinador de Obras y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

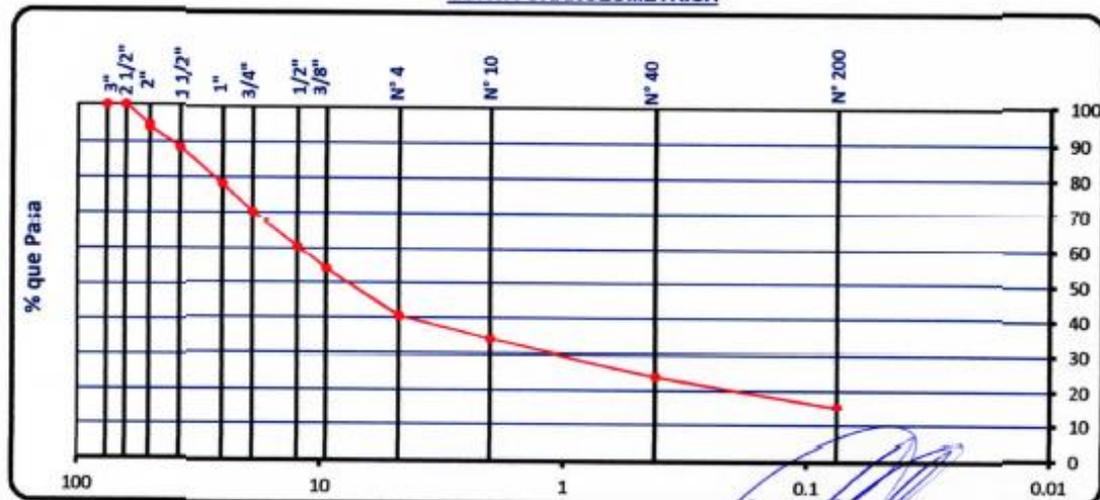
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 t/m ³ - 46 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	12-jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

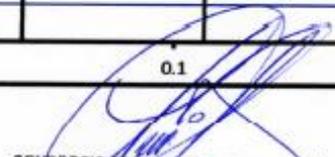
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	30,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL): 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP): 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP): 15.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 59.5
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 15.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FUNDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
 TÉCNICO DE LABORATORIO


CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lb/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.66
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.05
LIMITE PLASTICO	21.53
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155452
 Oficina de Control de Calidad de Obras y Materiales - Red Vial Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



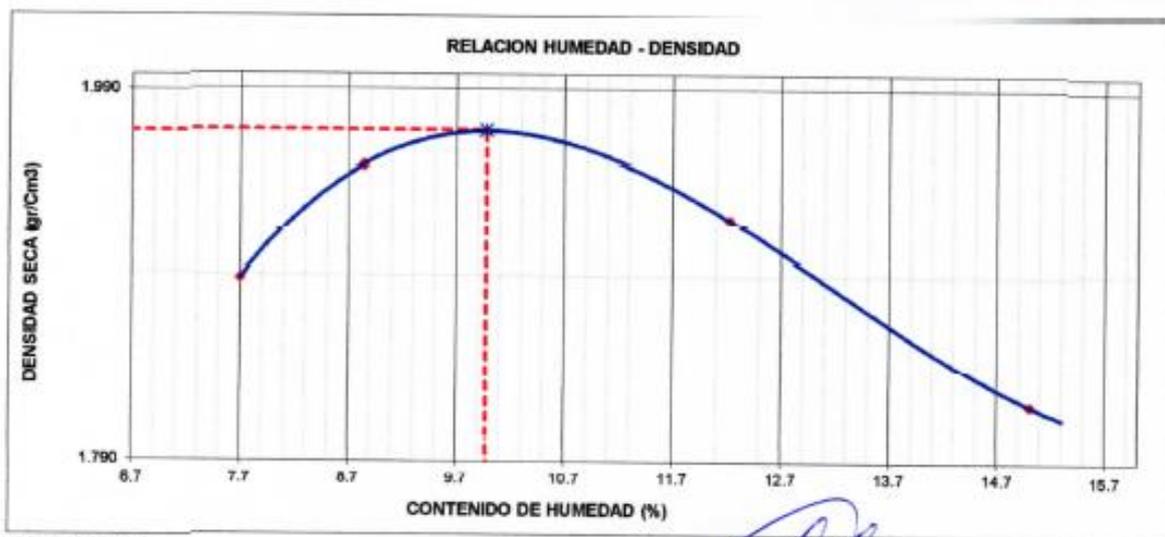
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4; Yanatile (Amparaes) – Pto. Marito – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lt/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROP. (III)	: 0,00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093
Recipiente N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0
Tara	gr				
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96
Peso volumétrico suelo	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820
Densidad máxima (g/cm ³)					1.968
Humedad óptima (%)					9.93



Observaciones:

Cuvel
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 SPC SUELOS Y FUNDACIONES
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 1^a As. Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lb/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	12-Jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1		
LADO :	Izquierdo		
PROF. (m) :	0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	9.93 %

CAPACIDAD :	16000	Lbs.
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Cond. de la muestra	MOLDE N° 9		MOLDE N° 34		MOLDE N° 7	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	9		34		7	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12158		11076		11816	
Peso de molde (gr)	7493		7529		7051	
Peso del suelo húmedo (gr)	4666		4447		4264	
Volumen del molde (cm ³)	2158		2155		2155	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.162		2.064		1.979	
Humedad (%)	9.93		9.95		9.94	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.967		1.877		1.800	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	653.00		536.00		680.10	
Tarro + Suelo seco (gr)	594.00		488.20		618.60	
Peso del Agua (gr)	59.00		48.00		61.50	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	594.00		488.20		618.60	
Humedad (%)	9.93		9.95		9.94	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 9				MOLDE N° 34				MOLDE N° 7			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		15	3.3			12	2.6			12	2.6		
0.050		73	15.9			58	12.6			46	10.0		
0.075		174	37.9			139	30.3			116	25.3		
0.100	70.3	279	60.9	76.3	108.5	223	48.7	59.74	85.0	187	40.8	49.76	70.8
0.150		489	107.2			391	85.6			323	70.6		
0.200	105.5	679	148.5	150.1	150.9	540	118.5	125.62	119.1	438	95.9	102.62	97.3
0.300		1020	225.7			816	179.9			666	146.0		
0.400		1313	292.1			1059	232.5			841	185.5		
0.500		1536	346.2			1249	275.5			964	210.9		
0.600		1654	370.1			1413	314.9			1140	252.8		

PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESI SUELOS Y PAVIMENTOS

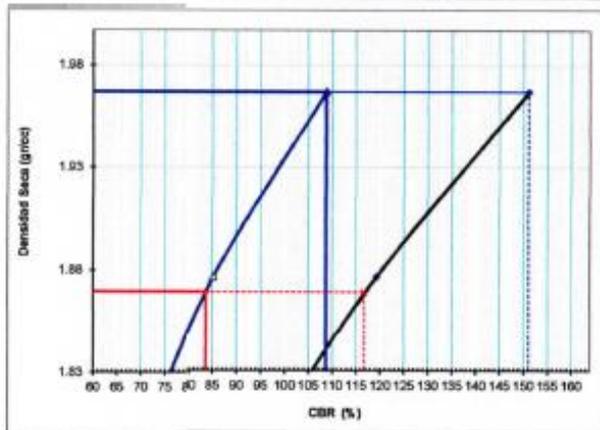
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Mts de Control de Calidad de Obras y Proyectos - Red Vial 3 Cusco

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Coica	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lb/m ³ - 45 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cartera de Recarga	FECHA	: 12-Jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

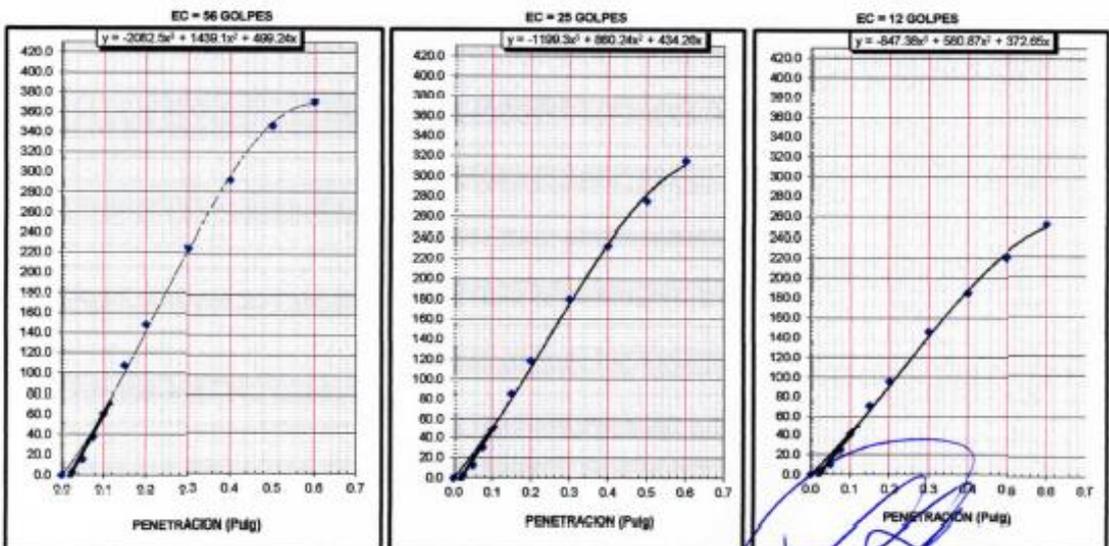
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	108.5	0.2"	150.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	83.3	0.2"	116.5

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968	gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)
			83.3
Optimo Humedad	9.9	%	CBR 100% MDS (0.1") (%)
			108.5

OBSERVACIONES:



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 M^o de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 1-Cusco

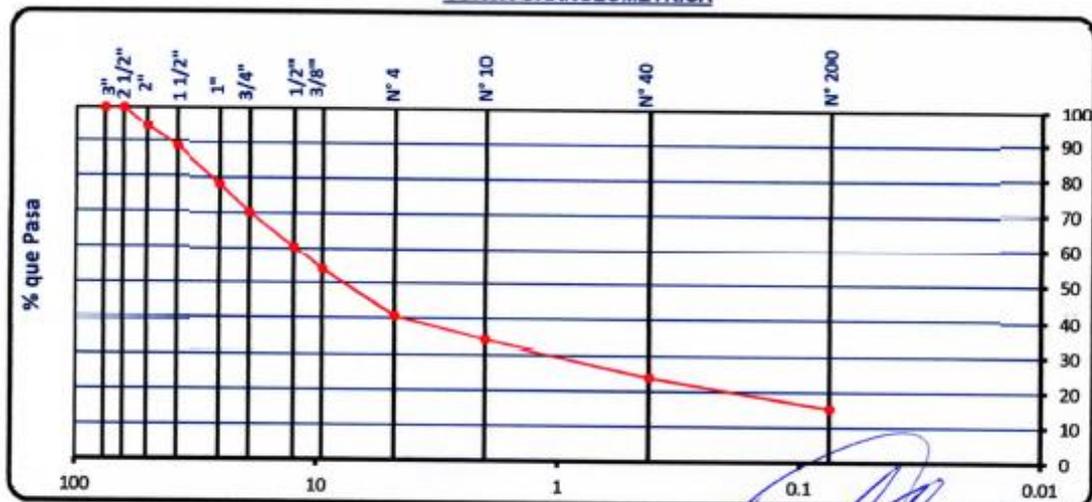
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yahatla (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lb/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	12-jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADO :	Izquierdo	Peso Inicial seco :	30,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL): 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP): 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP): 15.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 59.5
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 8	2.360						porcentaje de Finos: 15.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

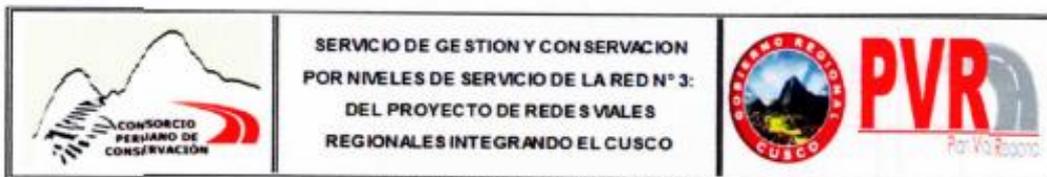
CURVA GRANULOMETRICA



Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI COAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Coama
CIP. 150452
Membre del Colegio de Cultores de Ingenieros y Peritos - Red Vial 3-Cusco



**LIMITES DE CONSISTENCIA
(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 70/30 0.27 lit/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-Jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.68
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	

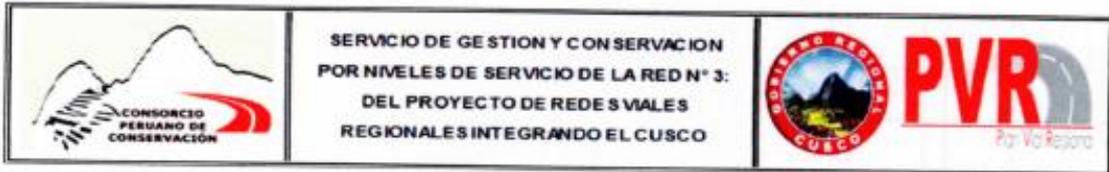


CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.06
LIMITE PLASTICO	21.53
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES

Cueva
PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 Ing. Luis Zuni Ccama
 CIP. 195452
 Mo de Control de Calidad de Obras y Proyectos - Red Val 3-Cusco



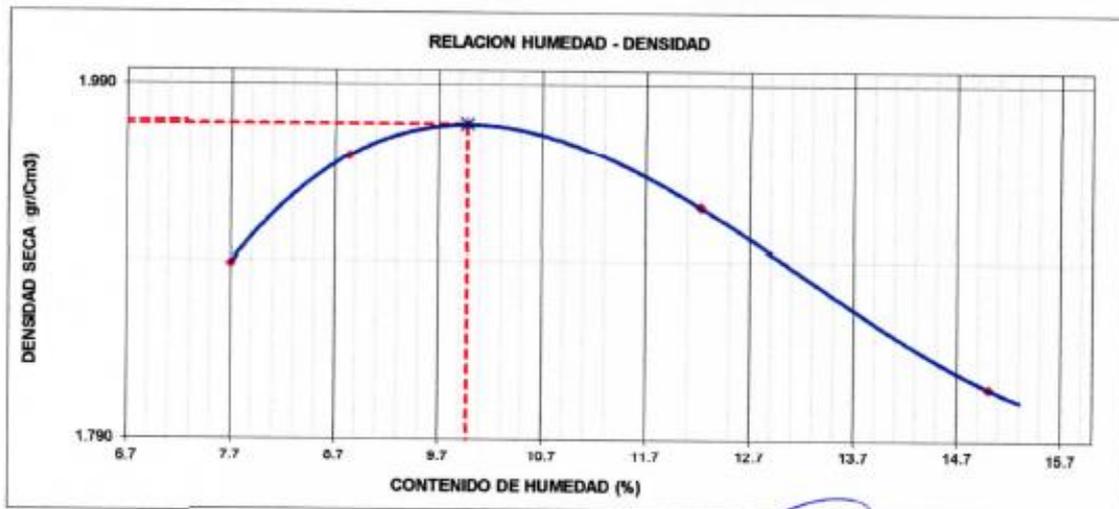
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparases) – Pie. Marlo – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs 70/30 0.27 t/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 12-jul-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11895	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4481	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima (t/m ³)						1.968
Humedad óptima (%)						9.93



OBSERVACIONES:

Pavel
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP: 155452
Unidad de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Val 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Marito – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Procs 70/30 0.27 lit/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	12-jul-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA :	M - 1
LADO :	Izquierdo
PROF. (m) :	0.00 m

DATOS DEL PROCTOR	
MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	9.93 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)
 (AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

	10	11	17			
Molde N°	10	11	17			
N° Capa	5	5	5			
Golpes por capa N°	55	25	12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12311		12090		11815	
Peso de molde (gr)	7582		7541		7479	
Peso del suelo húmedo (gr)	4729		4549		4336	
Volumen del molde (cm ³)	2194		2188		2187	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.155		2.079		1.983	
Humedad (%)	9.96		9.94		9.95	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.960		1.891		1.894	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	659.20		612.80		674.20	
Tarro + Suelo seco (gr)	599.50		557.40		613.20	
Peso del Agua (gr)	59.70		55.40		61.00	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	599.50		557.40		613.20	
Humedad (%)	9.96		9.94		9.95	

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO/ Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION													
PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 10				MOLDE N° 11				MOLDE N° 17			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Diel (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Diel (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Diel (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		104	22.6			91	19.6			90	19.6		
0.050		217	47.3			198	43.2			200	43.6		
0.075		316	69.1			310	67.7			295	64.5		
0.100	70.3	431	94.4	107.7	153.2	421	92.2	93.69	133.3	390	85.4	84.62	120.3
0.150		682	150.0			645	141.8			593	121.4		
0.200	105.5	923	203.9	218.4	207.1	850	187.5	186.08	176.4	883	193.3	140.45	141.7
0.300		1392	310.1			1201	266.6			900	198.8		
0.400		1782	399.7			1521	339.6			1092	242.0		
0.500		1990	441.0			1721	385.6			1295	281.2		
0.600		2158	487.2			1882	422.8			1477	329.5		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI COAMA
 SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP. 150452
 Oficina de Calidad de Obras y Pavimentos - Red Vial Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

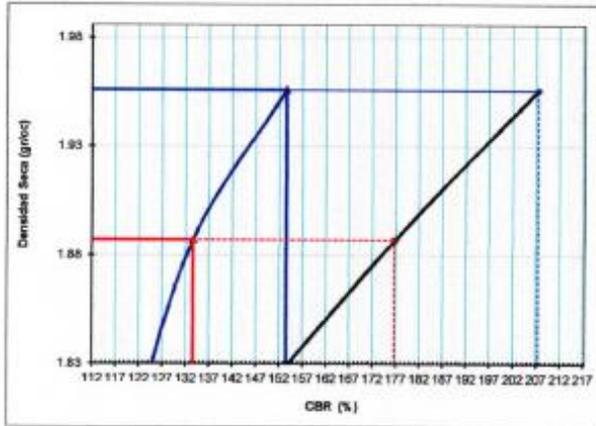


RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T 193, AGTM D 1003)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Procs 70/30 0.27 lit/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	: 12-Jul-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
DEBE (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-0 (0)

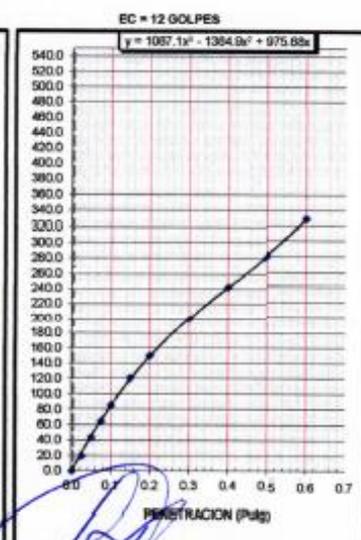
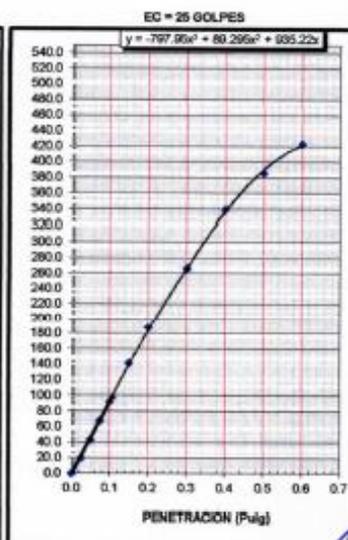
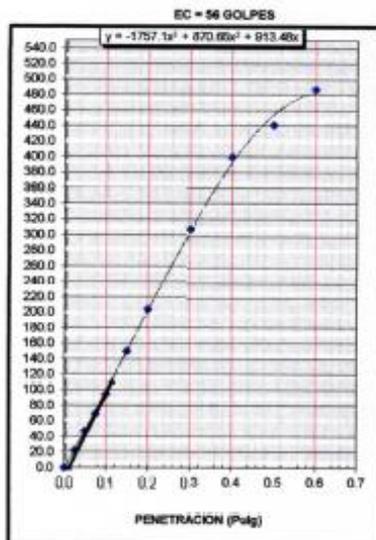
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 153.2	0.2": 207.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 133.2	0.2": 176.4

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968 gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)	133.2
Optimo Humedad	9.3 %	CBR 100% MDS (0.1") (%)	153.2

OBSERVACIONES:



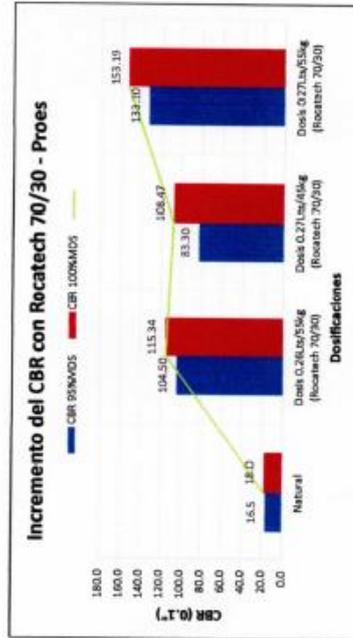
Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 150452
 T-76 Central de Control de Obras y Phenomenos - Red Vial Cusco



Resumen de Ensayos de Laboratorio : Estabilización Química - Tecnología PROES
Tramo : 4 - Yentalle (Amparaes) - Pta.Miento -Colca

Tramo	Dotificación	Material	Progresiva	Fecha	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO											LÍMITES DE CONSISTENCIA		PROCTOR		CBR (0.1")			
					3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	LL	I.P.	M.D.S (gr/cc)	O.C.H (%)	M.D.S	95%	100%
					100	100	94.2043	88.5219	78.2703	70.2616	60.5499	53.781	40.4566	34.1054	23.9671	15.4252	37.05	15.525	1.968	9.93	16.5	18.0	
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 85+500	05/07/2014	100	100	94.2043	88.5219	78.2703	70.2616	60.5499	53.781	40.4566	34.1054	23.9671	15.4252	37.05	15.525	1.968	9.93	16.5	18.0	
Red 3A T-4	Dosis 0.26ts/55kg (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 85+500	12/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	1.968	9.93	104.50	115.34	
Red 3A T-4	Dosis 0.27ts/45kg (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 85+500	12/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	1.968	9.93	83.30	108.47	
Red 3A T-4	Dosis 0.27ts/55kg (Rocatech 70/30)	Cantera de Recarga	Km 85+500	12/07/2014	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	1.968	9.93	133.20	153.19	



CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAIMA
CIP, ISC 452
Calle 9 de Octubre de Colombia 1505 y Pichincha - San José - Quito

PIERO BENTEE SUJWA
TECNICO DE LABORATORIO

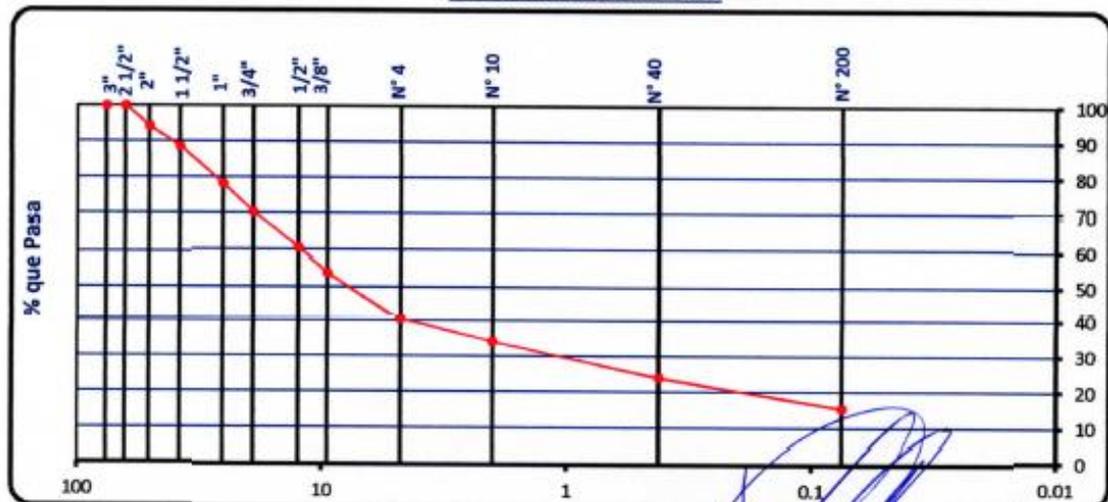
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO : 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes Cemento 0.27 l/m ³ - 55 kg/m ³ MATERIAL : Cantera de Recarga UBICACION : Km. 85+500	TECNICO : Pedro Benites Cueva REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama FECHA : 05-sep-14		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA : M - 1 LADO : Izquierdo PROF. (m) : 0.00 m	PROGRESIVA : Km 85+500 Peso inicial seco : 30,005 (gr) Fracción fina seca : 585 (gr)		

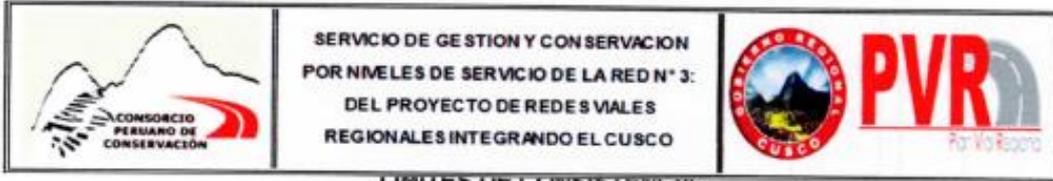
TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL): 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP): 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP): 15.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 59.5
N° 4	4.750	3968.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		porcentaje de Fina: 18.4
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Cueval
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 156452
 Centro de Cultura de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NMELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



LIMITES DE CONSISTENCIA
 (NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Quimica Proes Cemento 0.27 lt/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Carriera de Recarga	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

LIMITE LIQUIDO				
N° TARRO		7	4	9
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		31.69	26.69	28.03
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		29.21	24.31	25.68
PESO DE AGUA (g)		2.48	2.38	2.35
PESO DEL TARRO (g)		22.91	17.90	19.01
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.30	6.41	6.67
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		39.4	37.1	35.2
NUMERO DE GOLPES		15	28	33

LIMITE PLASTICO				
N° TARRO		13	5	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.79	22.37	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.44	20.96	
PESO DE AGUA (g)		1.35	1.41	
PESO DEL TARRO (g)		8.11	14.47	
PESO DEL SUELO SECO (g)		6.33	6.49	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		21.3	21.7	



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	37.05
LIMITE PLASTICO	21.53
INDICE DE PLASTICIDAD	15.52

OBSERVACIONES

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI COAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP: 150452
 Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial Cusco

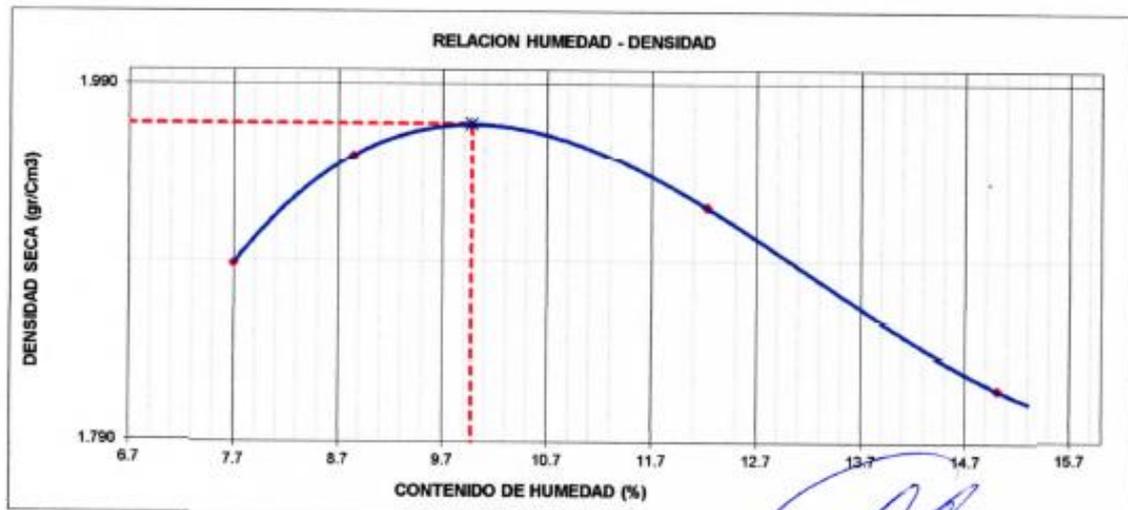
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes Cemento 0.27 lt/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Cartera de Recarga	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M - 1
LADO	: Izquierdo
GRANDEZ (m)	: 0.90 m
PROGRESIVA	:
CLASF. (SUCS)	: GC
CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (0)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11895	11880	11850	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.968
Humedad óptima (%)						9.93



Observaciones:


 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO


 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI COAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP 158452
 Ofc. de Control de Calidad de Servicios y Pavimentos - Rad. Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TRAMO	:	4. Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	:	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	:	Estabilización Química Procs Cemento 0.27 l/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	:	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	:	Cantera de Recarga	FECHA	:	05-sep-14
UBICACION	:	Km. 85+500			

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M - 1
 LADO : Izquierdo
 PROF. (m) : 0.00 m

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	9.93 %

CAPACIDAD	:	10000	Lbs.
ANILLO	:	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

Molde N°		17	10	11	
N° Capa		5	5	5	
Golpes por capa N°		56	25	12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)		12210	12090	11815	
Peso de molde (gr)		7479	7582	7541	
Peso del suelo húmedo (gr)		4731	4508	4274	
Volumen del molde (cm ³)		2187	2194	2188	
Densidad húmeda (gr/cm ³)		2.163	2.065	1.953	
Humedad (%)		9.92	9.92	9.93	
Densidad seca (gr/cm ³)		1.968	1.870	1.777	
Tarro N°					
Tarro + Suelo húmedo (gr)		659.20	612.80	674.20	
Tarro + Suelo seco (gr)		596.70	557.50	613.30	
Peso del Agua (gr)		59.50	55.30	60.90	
Peso del tarro (gr)					
Peso del suelo seco (gr)		596.70	557.50	613.30	
Humedad (%)		9.92	9.92	9.93	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION psi/g	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 17				MOLDE N° 10				MOLDE N° 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		100	21.8			125	27.2			90	19.6		
0.050		269	58.7			234	51.1			200	43.6		
0.075		395	86.5			344	75.2			295	64.5		
0.100	70.3	534	117.2	110.3	156.9	475	104.1	97.86	136.2	390	85.4	83.84	119.2
0.150		792	154.5			698	153.6			553	121.4		
0.200	105.5	994	219.9	218.6	207.3	954	210.9	190.98	181.1	683	150.3	148.20	140.5
0.300		1400	311.9			1261	265.6			867	191.4		
0.400		1782	399.7			1521	339.6			1151	256.0		
0.500		1960	441.0			1721	385.6			1391	298.4		
0.600		2158	487.2			1882	422.6			1462	326.1		

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 155452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

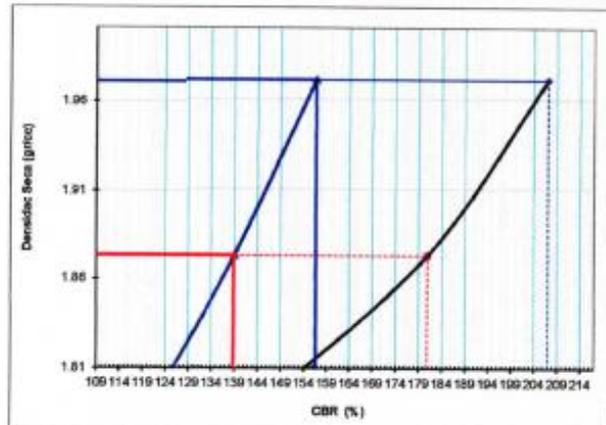


RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Procs Cemento 0.27 lt/m3 - 55 kg/m3	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-E (0)

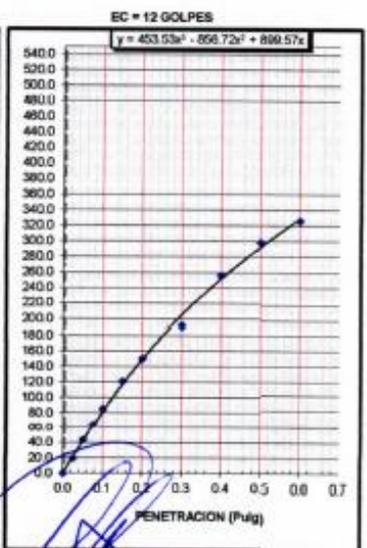
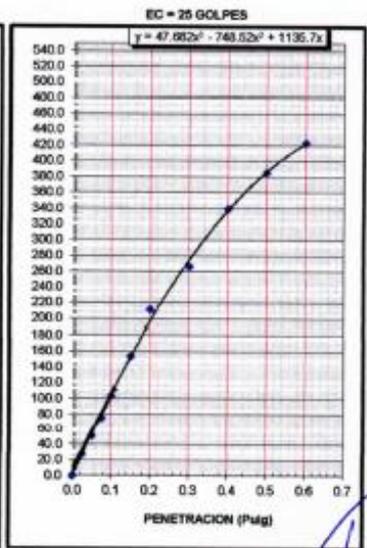
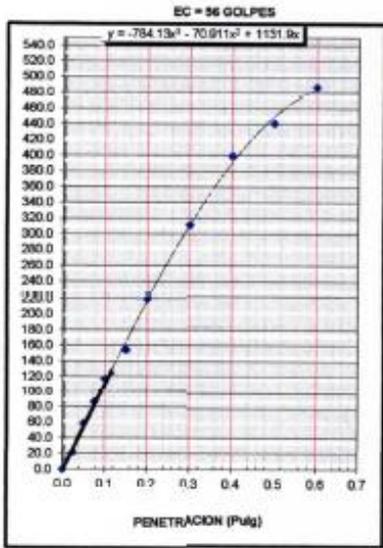
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	156.9	0.2"	207.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	139.1	0.2"	181.1

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.968	gr/cc	CBR 95% MDS (0.1") (%)
Optimo Humedad	9.9	%	CBR 100% MDS (0.1") (%)

OBSERVACIONES:



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 Ing. LUIS ZUNI CCAMA
 EXP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 155 452
 Mj. de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

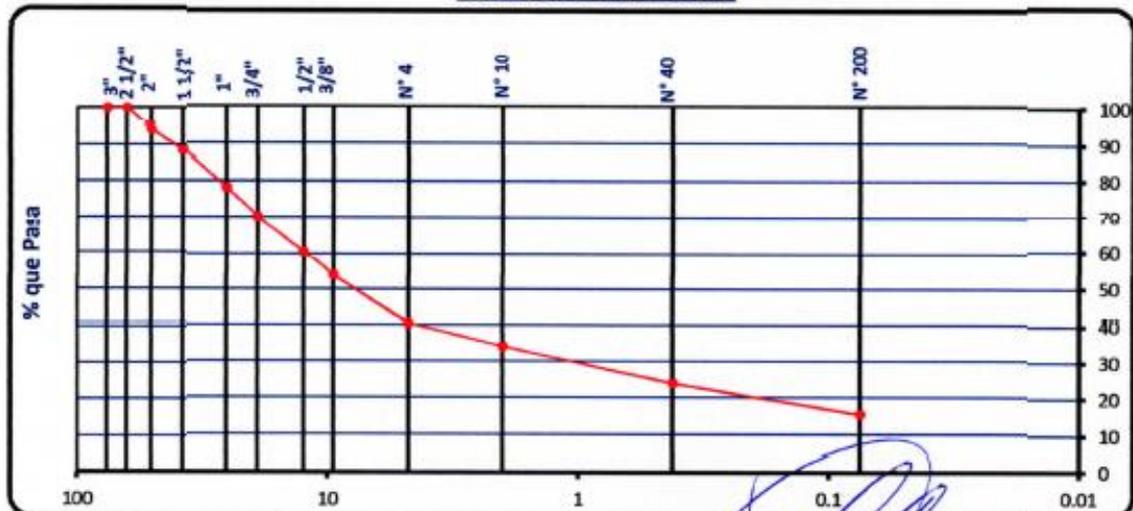
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparases) – Pte. Manto – Coica	TECNICO :	Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA :	Estabilización Química Proes Cemento 0.28 lt/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zúñi Ccaama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	05-sep-14
UBICACION :	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1	PROGRESIVA :	Km 85+500
LADO :	Izquierdo	Peso inicial seco :	30,005 (gr)
PROF. (m) :	0.00 m	Fracción fina seca :	585 (gr)

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Peso retenido (gr)	% Retenido	Retenido acumula. %	% Que pasa	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200				100.0		
2 1/2"	63.500				100.0		Contenido de Humedad (%): 18.7
2"	50.800	1739.0	5.8	5.8	94.2		Límite Líquido (LL): 37.1
1 1/2"	38.100	1705.0	5.7	11.5	88.5		Límite Plástico (LP): 21.5
1"	25.400	3076.0	10.3	21.7	78.3		Índice Plástico (IP): 16.5
3/4"	19.050	2403.0	8.0	29.7	70.3		Clasificación (SUCS): GC
1/2"	12.500	2914.0	9.7	39.5	60.5		Clasificación (AASHTO): A-2-6 (0)
3/8"	9.500	2031.0	6.8	46.2	53.8		Porcentaje de Gravas: 59.5
N° 4	4.750	3998.0	13.3	59.5	40.5		Porcentaje de Arenas: 25.0
N° 8	2.360						porcentaje de Fines: 16.4
N° 10	2.000	91.9	6.4	65.9	34.1		
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420	146.7	10.1	76.0	24.0		
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075	123.6	8.5	84.6	15.4		
< N° 200	FONDO	223.2	15.4	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZÚÑI CCAAMA
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos
 Ing. Luis Leo Zúñi Ccaama
 CIP: 150452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
 (NORMA AASHTO T-180, ASTM D 1557)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	: 4: Yanatile (Arpanes) – Pta. Manto – Coica	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Procs Cemento 0.28 l/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Coama
MATERIAL	: Cantera de Recarga	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	: Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 1	PROGRESIVA	:
LADO	: Izquierdo	CLASF. (SUCS)	: GC
PROF. (m)	: 0.00 m	CLASF. (AASHTO)	: A-2-6 (6)

METODO DE COMPACTACION : C

Peso suelo + molde	gr	11695	11880	11950	11820	
Peso molde	gr	7419	7419	7419	7419	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4276	4461	4531	4401	
Volumen del molde	cm ³	2103	2103	2103	2103	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.033	2.121	2.154	2.093	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	725.6	952.0	875.0	799.0	
Peso del suelo seco + tara	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	51.6	77.0	95.0	104.0	
Peso del suelo seco	gr	674.0	875.0	780.0	695.0	
Contenido de agua	%	7.66	8.80	12.18	14.96	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.889	1.950	1.921	1.820	
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.968
Humedad óptima (%)						9.93



Observaciones:

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP - SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Coama
 C.P. 150052
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACION
POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
DEL PROYECTO DE REDES VIALES
REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1683)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO :	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO :	Pedro Benites Cuava
ESTRUCTURA :	Estabilización Quimica Procs Cemento 0.28 lit/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO :	Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL :	Cantera de Recarga	FECHA :	05-sep-14
UBICACION :	Km. 85+500		
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA :	M - 1		
LADO :	Izquierdo		
PROF. (m) :	0.00 m		

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.968
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	9.93 %

CAPACIDAD :	10000	Lbs.
ANILLO :	1	

ENSAYO VALOR DE SOPORTE (C.B.R.)

(AASHTO T-193, ASTM D1883, MTC E132)

	27		28		29	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	27		28		29	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12527		11877		11732	
Peso de molde (gr)	7821		7468		7450	
Peso del suelo húmedo (gr)	4706		4409		4282	
Volumen del molde (cm ³)	2176		2128		2134	
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.163		2.072		2.007	
Humedad (%)	9.92		9.92		9.93	
Densidad seca (gr/cm ³)	1.968		1.885		1.826	
Tarro N°						
Tarro + Suelo húmedo (gr)	656.20		612.80		674.20	
Tarro + Suelo seco (gr)	509.70		557.50		613.30	
Peso Utl Agua (gr)	59.50		55.30		60.90	
Peso del tarro (gr)						
Peso del suelo seco (gr)	509.70		557.50		613.30	
Humedad (%)	9.92		9.92		9.93	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO											

PENETRACION

PENETRACION psi/g	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 27				MOLDE N° 28				MOLDE N° 29			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		156	34.0			116	25.3			86	18.7		
0.050		394	86.2			300	65.5			205	44.7		
0.075		529	116.1			415	90.9			305	66.6		
0.100	70.3	705	155.2	138.7	197.3	601	132.0	111.57	158.7	419	91.7	88.32	125.6
0.150		952	210.4			796	175.5			593	130.2		
0.200	105.5	1284	280.9	272.4	258.3	1921	226.0	216.85	205.6	713	156.9	160.35	152.0
0.300		1762	395.0			1394	310.5			999	221.0		
0.400		2084	469.9			1687	373.1			1254	278.7		
0.500		2284	516.7			1862	418.7			1466	334.3		
0.600		2451	556.1			2054	457.9			1638	366.4		

Cuava
PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS

Ing. Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 152452
Jefe de Central de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO

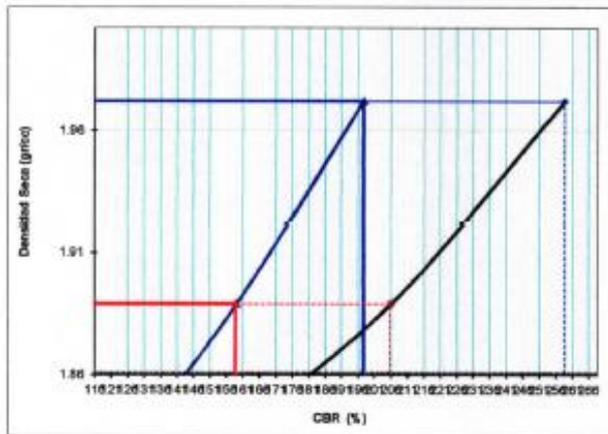


RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 (NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
TRAMO	4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	Estabilización Química Procs Cemento 0.28 lb/m3 - 55 kg/m3	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
MATERIAL	Cantera de Recarga	FECHA	: 05-sep-14
UBICACION	Km. 85+500		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M - 1	PROGRESIVA
LADO : Izquierdo	CLASF. (SUCS) GC
PROF. (m) : 0.00 m	CLASF. (AASHTO) A-2-6 (0)

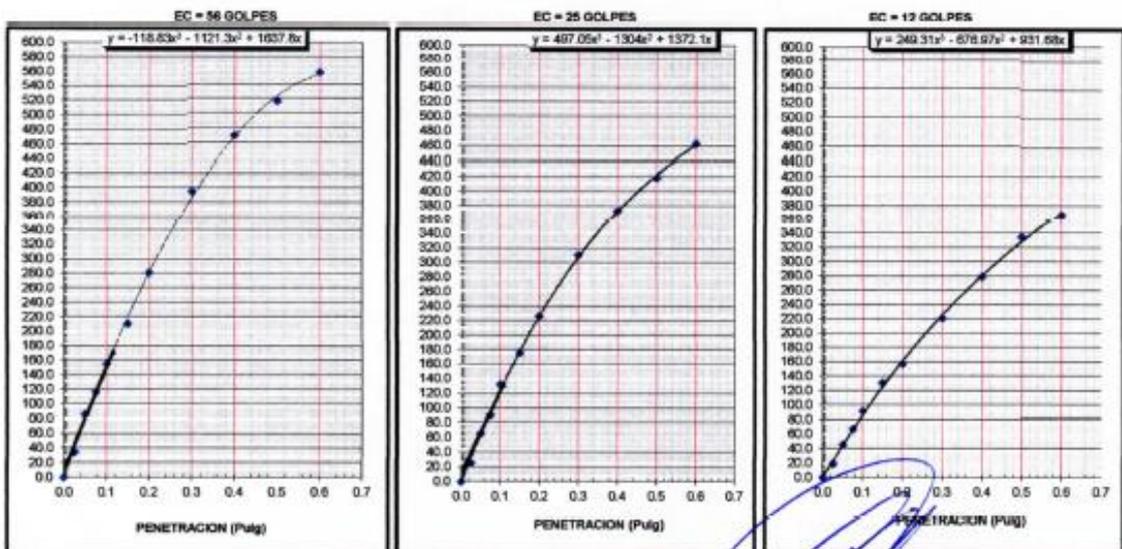
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	197.3	0.2":	258.3
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1":	158.4	0.2":	206.4

Datos del Proctor		Resultados CBR	
Densidad Seca	1.888 g/cm³	CBR 100% MDS (0.1") (%)	197.3
Optimo Humedad	9.9 %	CBR 100% MDS (0.2") (%)	258.3

OBSERVACIONES:



Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Ing. en Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



**SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
DEL PROYECTO DE REDES VIALES
REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO**

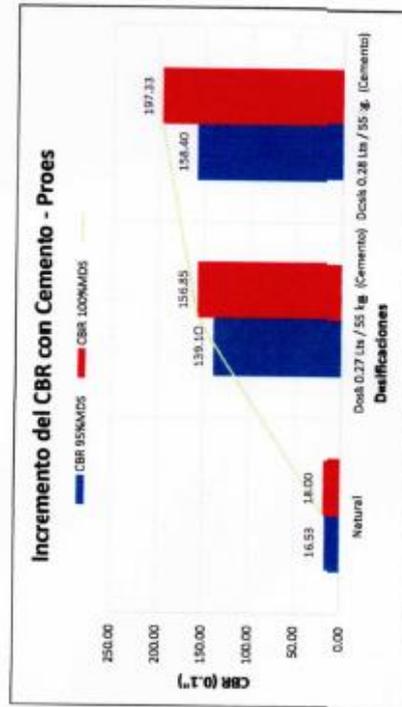


PVR
Por Voz Resolvo

Resumen de Ensayos de Laboratorio : Estabilización Química - Tecnología PROES

Tramo : 4 - Yanatile (Amparas) - Pta.Manto -Colca

Tramo	Dosisificación	Material	Progresiva	Fecha	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO											LIMITES DE CONSISTENCIA			PROCTOR		CBR (0.1')			
					3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	L.L.	I.P.	AASHTO	S.JCS	M.I.D.S	O.C.H	95% MDS	100% MDS
					100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	A-2-6(0)	9C	1.968	9.93	16.53	18.00
Red 3A T-4	Natural	Cantera de Recarga	Km 85+500	05-Jul-14	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	A-2-6(0)	9C	1.968	9.93	16.53	18.00
Red 3A T-4	Dosis 0.27 lbs / 55 kg. (Cemento)	Cantera de Recarga	Km 85+500	05-sep-14	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	A-2-6(0)	6C	1.968	9.93	139.10	156.85
Red 3A T-4	Dosis 0.28 lbs / 55 kg. (Cemento)	Cantera de Recarga	Km 85+500	05-sep-14	100.0	100.0	94.2	88.5	78.3	70.3	60.5	53.8	40.5	34.1	24.0	15.4	37.05	15.52	A-2-6(0)	6C	1.968	9.93	158.40	197.33



Cavel
PEDRO BRIONES CUEVA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

[Signature]
CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LOS MATERIALES Y PAVIMENTOS
Ing. Luis Leo Zuni Ccaama
 C.P. 1550452
 Jefe de Control de Calidad de Obras y Pavimentos - Red Vial - Tarma



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 ASTM D - 2166

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO	: 5: Colca – La Quebrada – Quellouno – Chahuares	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 0.28 lt/m3 - 55 kg/m3	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
UBICACIÓN	: 64+300	FECHA	: 22/09/2014
MATERIAL	: Cantera de Recarga		

TECNOLOGIA PROES		
PROES		0.28 lt/m3
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m3
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	13.90	(%)
Densidad Máxima	1.889	g/cm3
PROES (cc)	0.28	lts/m3
Cemento g.	55.00	kg/m3
N° de golpes	75	Ambos Lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripcion:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	58.8
%Arena <4	41.2
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO
	1	2	
CARGA DE ROTURA (Kg-f)			
1 Carga (Kg-f)	2938	2961	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1 Peso de la muestra húmeda (H) (g)	517.0	581.0	
2 Peso de la muestra seca (I) (g)	454.0	511.0	
3 Contenido de humedad (K) (%)	13.9	13.7	
RESISTENCIA COMPRESION NO CONFINADA DE MUESTRAS CILINDRICAS			
1 Carga de Rotura (P _u Kg-f)	2818	2840	
3 Espesor de la probeta (mm)	11.40	11.40	
4 Diametro de la probeta (cm)	10.00	10.00	
5 Resistencia (P/Ad = Kg/cm2)	35.9	36.2	36.0
5 Resist. Compresion no confinada (MPa)	3.5	3.5	3.53
6 Resist. Compresion no confinada (psi)	510	514	512

Cueva

PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION

ING. LUIS ZUNI CCAMA
 --- ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS ---
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 158452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 ASTM D - 2166

ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO	: 5: Coica – La Quebrada – Quellouno – Chahuares	TECNICO	: Pedro Benites Cueva
ESTRUCTURA	: Estabilización Química Proes 0.28 l/m ³ - 55 kg/m ³	REVISADO	: Ing. Luis Zuni Ccama
UBICACIÓN	: 79+500	FECHA	: 22/09/2014
MATERIAL	: Cantera de Recarga		

TECNOLOGIA PROES		
PROES		0.28 l/m ³
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	11.50	(%)
Densidad Máxima	2.031	g/cm ³
PROES (cc)	0.28	lts/m ³
Cemento g.	55.00	kg/m ³
N° de golpes	75	Ambos Lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	45.5
%Arens <4	54.5
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO
	1	2	
CARGA DE ROTURA (Kg-f)			
1 Carga (Kg-f)	2700	2499	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1 Peso de la muestra húmeda (H) (g)	501.0	577.0	
2 Peso de la muestra seca (I) (g)	450.0	518.0	
3 Contenido de humedad (K) (%)	11.3	11.4	
RESISTENCIA COMPRESION NO CONFINADA DE MUESTRAS CILINDRICAS			
1 Carga de Rotura (P= Kg-f)	2507	2307	
3 Espesor de la probeta (cm)	11.40	11.40	
4 Diametro de la probeta (cm)	10.00	10.00	
5 Resistencia (P/Ad = Kg/cm ²)	33.1	30.5	31.8
5 Resist. Compresion no confinada (MPa)	3.2	3.0	3.12
6 Resist. Compresion no confinada (psi)	470	434	452

Pedro Benites Cueva

PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

Luis Leo Zuni Ccama

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 150452
 Mts de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Nivel 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 ASTM D - 2166

ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 l/m³ - 55 kg/m³
 UBICACIÓN : 85+500
 MATERIAL : Cantera de Recarga

TECNICO : Pedro Benites Cueva
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama
 FECHA : 22/09/2014

TECNOLOGIA PROES	
PROES	0.28 l/m ³
CEMENTO	
CEMENTO	55 Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN	
Humedad Óptima	9.90 (%)
Densidad Máxima	1.968 g/cm ³
PROES (cc)	0.28 lts/m ³
Cemento g.	55.00 kg/m ³
N° de golpes	75 Ambos Lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	59.5
%Arena <4	40.5
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO
	1	2	
CARGA DE ROTURA (Kg-f)			
1 Carga (Kg-f)	2792	2869	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1 Peso de la muestra húmeda (H) (g)	529.0	562.0	
2 Peso de la muestra seca (I) (g)	482.0	512.0	
3 Contenido de humedad (K) (%)	9.8	9.8	
RESISTENCIA COMPRESIÓN NO CONFINADA DE MUESTRAS CILINDRICAS			
1 Carga de Rotura (P= Kg-f)	2678	2752	
3 Espesor de la probeta (cm)	11.40	11.40	
4 Diametro de la probeta (cm)	10.00	10.00	
5 Resistencia (P/Ad = Kg/cm ²)	34.1	35.0	34.6
5 Resist. Compresion no confinada (MPa)	3.3	3.4	3.39
6 Resist. Compresion no confinada (psi)	485	498	492

Guiral

PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI-CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP 158452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 ASTM D - 2166

ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 4: Yanatile (Amparaes) – Pto. Manto – Colca
 TECNICO : Pedro Benites Cueva
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 lt/m³ - 55 kg/m³
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama
 UBICACIÓN : 97+950
 FECHA : 22/09/2014
 MATERIAL : Cantera de Recarga

TECNOLOGIA PROES		
PROES		0.28 lt/m ³
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	8.23	(%)
Densidad Máxima	2.141	g/cm ³
PROES (cc)	0.28	lt/m ³
Cemento g.	55.00	kg/m ³
N° de golpes	75	Ambos Lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	73.4
%Arena <4	26.6
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO
	1	2	
CARGA DE ROTURA (Kg-f)			
1 Carga (Kg-f)	2651	2786	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1 Peso de la muestra humeda (H) (g)	529.0	562.0	
2 Peso de la muestra seca (I) (g)	482.0	512.0	
3 Contenido de humedad (K) (%)	9.8	9.8	
RESISTENCIA COMPRESION NO CONFINADA DE MUESTRAS CILINDRICAS			
1 Carga de Rotura (P= Kg-f)	2543	2672	
3 Espesor de la probeta (cm)	11.40	11.40	
4 Diametro de la probeta (cm)	10.00	10.00	
6 Resistencia (P/Ad - Kg/cm ²)	32.4	34.0	33.2
5 Resist. Compresion no confinada (MPa)	3.2	3.3	3.26
6 Resist. Compresion no confinada (psi)	460	484	472

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Firma]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 159452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 1-2 Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
DEL PROYECTO DE REDES VIALES
REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ESTRUCTURA : Estabilización química con Proes 0.28 lt/m³ - 55 kg/m³

MATERIAL : Cantera de recarga

RESUMEN GENERAL DE RESISTENCIA A LA COMPRESION NO CONFINADA

Fecha	Carril	Progresiva	Descripción	UCS (kg/cm ²)	UCS (psi)	UCS (MPa)
22/09/2014	Izquierdo	64+300	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T5	36.0	512	3.53
22/09/2014	Izquierdo	79+500	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T5	31.8	452	3.12
22/09/2014	Izquierdo	85+500	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	34.6	492	3.39
22/09/2014	Izquierdo	90+000	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	35.6	506	3.49
22/09/2014	Izquierdo	97+950	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	33.2	472	3.26

PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNIGA CCAMA
--- EOP-305100-1 PAVIMENTOS ---
Ing. Luis Leo Zúñiga Ccama
CIP: 158452
Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
 ASTM D - 1559

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 5. Colca - La Quebrada - Quellouno - Chahuares
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 l/m³ - 55 kg/m³
 UBICACIÓN : 64+300
 MATERIAL : Cantera de Recarga

TECNICO : Pedro Benites Cueva
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama
 FECHA : 16/06/2014

TECNOLOGÍA PROES		
PROES		0.28 l/m ³
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	13.90	(%)
Densidad Máxima	1.889	g/cm ³
PROES (cc)	0.28	lts/m ³
Cemento g.	55.00	kg/m ³
N° de golpes	75	Ambos Lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRÍA	
% Grava >4	58.8
% Arena <4	41.2
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO
	3	16	
DENSIDAD BULK			
1 Peso de la probeta en el aire (D) (g)	1157.9	1168.6	
2 Peso de la probeta en agua (E) (g)	628.6	628.8	
3 Peso de la probeta SSD (F) (g)	1159.1	1170.8	
4 Volumen por desplazamiento (cc)	530.5	542.0	
5 Densidad Bulk (G) (g/cm ³)	2.183	2.156	
6 Densidad seca Bulk (g/cm ³)	1.917	1.894	1.905
ESTABILIDAD (Kg-f)			
1 Estabilidad (Kg-f)	769	712	741
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1 Peso de la muestra húmeda (H) (g)	519.2	584.0	
2 Peso de la muestra seca (I) (g)	456.0	512.9	
3 Contenido de humedad (K) (%)	13.9	13.9	13.9
RESISTENCIA MARSHALL			
1 Estabilidad (P= Kg-f)	738	684	711
2 Estabilidad corregida (P=N)	7242	6706	

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 158452
 Jefe de Control de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-C*



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
 ASTM D - 1559

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 5. Colca - La Quebrada - Quellouno - Chahuares
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 l/m³ - 55 kg/m³
 UBICACIÓN : 79+500
 MATERIAL : Cantera de Recarga

TECNICO : Pedro Benites Cueva
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama
 FECHA : 16/08/2014

TECNOLOGIA PROES		
PROES		0.28 l/m ³
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	11.50	(%)
Densidad Máxima	2.031	g/cm ³
PROES (cc)	0.28	lts/m ³
Cemento g.	55.00	kg/m ³
N° de golpes	75	Ambos lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	45.5
%Arena <4	54.5
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO	
	3	16		
DENSIDAD BULK				
1	Peso de la probeta en el aire (D) (g)	1154.6	1163.3	
2	Peso de la probeta en agua (E) (g)	628.6	628.8	
3	Peso de la probeta SSD (F) (g)	1158.1	1171.8	
4	Volumen por desplazamiento (cc)	529.5	543.0	
5	Densidad Bulk (G) (g/cm ³)	2.181	2.142	
6	Densidad seca Bulk (g/cm ³)	1.953	1.922	1.938
ESTABILIDAD (Kg-f)				
1	Estabilidad (Kg-f)	672	638	655
CONTENIDO DE HUMEDAD				
1	Peso de la muestra húmeda (H) (g)	509.0	534.0	
2	Peso de la muestra seca (I) (g)	456.0	479.0	
3	Contenido de humedad (K) (%)	11.6	11.5	11.6
RESISTENCIA MARSHALL				
1	Estabilidad (P= Kg-f)	645	613	629
2	Estabilidad corregida (P=N)	6329	6009	

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

[Firma]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP: 155452
 Mtc de Control de Calidad de Obras y Procesos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
 ASTM D - 1559

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca
 TECNICO : Pedro Benites Cueva
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 lt/m3 - 55 kg/m3
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Coama
 UBICACIÓN : 85+500
 FECHA : 16/08/2014
 MATERIAL : Cantera de Recarga

TECNOLOGIA PROES		
PROES		0.28 lt/m3
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m3
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	9.90	(%)
Densidad Máxima	1.968	g/cm3
PROES (cc)	0.28	lt/m3
Cemento g.	55.00	kg/m3
N° de golpes	75	Ambos lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	58.5
%Arena <4	40.5
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO	
	4	15		
DENSIDAD BULK				
1	Peso de la probeta en el aire (D) (g)	1159.6	1165.3	
2	Peso de la probeta en agua (E) (g)	620.5	624.5	
3	Peso de la probeta SSD (F) (g)	1158.1	1171.8	
4	Volumen por desplazamiento (cc)	537.6	547.3	
5	Densidad Bulk (G) (g/cm3)	2.157	2.129	
6	Densidad seca Bulk (g/cm3)	1.962	1.938	1.950
ESTABILIDAD (Kg-f)				
1	Estabilidad (Kg-f)	689	677	683
CONTENIDO DE HUMEDAD				
1	Peso de la muestra húmeda (H) (g)	502.3	524.0	
2	Peso de la muestra seca (I) (g)	457.0	477.0	
3	Contenido de humedad (K) (%)	9.9	9.9	9.9
RESISTENCIA MARSHALL				
1	Estabilidad (P= Kg-f)	661	650	656
2	Estabilidad corregida (P=N)	6489	6376	

Benites
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 JEFE DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Coama
 CIP. 156452
 Jefe de Control de Calidad de Bases y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
 ASTM D - 1559

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca
 TÉCNICO : Pedro Benites Cueva
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 t/m³ - 55 kg/m³
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Ccama
 UBICACIÓN : 90+000
 FECHA : 24/08/2014
 MATERIAL : Cantera de Recarga

TECNOLOGÍA PROES		
PROES		0.28 t/m ³
CEMENTO		
CEMENTO		55 Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	13.40	(%)
Densidad Máxima	2.031	g/cm ³
PROES (cc)	0.28	lts/m ³
Cemento g.	55.00	kg/m ³
N° de golpes	75	Ambos lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRÍA	
% Grava >4	67.4
% Arena <4	32.6
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO	
	4	15		
DENSIDAD BULK				
1	Peso de la probeta en el aire (D) (g)	1159.1	1162.3	
2	Peso de la probeta en agua (E) (g)	623.4	628.1	
3	Peso de la probeta SSD (F) (g)	1150.2	1161.4	
4	Volumen por desplazamiento (cc)	526.8	533.3	
5	Densidad Bulk (G) (g/cm ³)	2.200	2.179	
6	Densidad seca Bulk (g/cm ³)	1.941	1.923	1.932
ESTABILIDAD (Kg-f)				
1	Estabilidad (Kg-f)	634	619	627
CONTENIDO DE HUMEDAD				
1	Peso de la muestra húmeda (H) (g)	512.5	526.0	
2	Peso de la muestra seca (I) (g)	452.0	464.0	
3	Contenido de humedad (K) (%)	13.4	13.4	13.4
RESISTENCIA MARSHALL				
1	Estabilidad (P= Kg-f)	609	594	602
2	Estabilidad corregida (P=N)	5972	5831	

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TÉCNICO DE LABORATORIO

[Signature]
 CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
 ING. LUIS ZUNI CCAMA
 EMP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Luis Leo Zuni Ccama
 CIP. 159452
 Jefe de Control de Calidad de Bases y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco



SERVICIO DE GESTION Y CONSERVACION
 POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3:
 DEL PROYECTO DE REDES VIALES
 REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO



DISEÑO DE MEZCLAS DE SUELOS
 MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO
 ASTM D - 1559

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

TRAMO : 4: Yanatile (Amparaes) – Pte. Manto – Colca
 TECNICO : Pedro Benites Cueva
 ESTRUCTURA : Estabilización Química Proes 0.28 lt/m³ - 55 kg/m³
 REVISADO : Ing. Luis Zuni Coama
 UBICACIÓN : 971950
 FECHA : 24/09/2014
 MATERIAL : Carriera de Recarga

TECNOLOGIA PROES		
PROES	0.28	lt/m ³
CEMENTO		
CEMENTO	55	Kg /m ³
MEZCLA Y COMPACTACIÓN		
Humedad Óptima	8.23	(%)
Densidad Máxima	2.141	g/cm ³
PROES (cc)	0.28	lt/m ³
LENTEROS g.	55.00	kg/m ³
N° de golpes	75	Ambos lados

AGREGADO	
Rotura:	
Descripción:	Prensa de Compresión
Moldes:	
GRANULOMETRIA	
%Grava >4	73.4
%Arena <4	26.6
% Total	100

DESCRIPCIÓN	SECO		PROMEDIO
	1	2	
DENSIDAD BULK			
1 Peso de la probeta en el aire (D) (g)	1163.8	1168.5	
2 Peso de la probeta en agua (E) (g)	628.4	620.4	
3 Peso de la probeta SSD (F) (g)	1152.2	1159.4	
4 Volumen por desplazamiento (cc)	523.8	539.0	
5 Densidad Bulk (G) (g/cm ³)	2.222	2.168	
6 Densidad seca Bulk (g/cm ³)	2.053	2.003	2.028
ESTABILIDAD (Kg-f)			
1 Estabilidad (Kg-f)	710	699	705
CONTENIDO DE HUMEDAD			
1 Peso de la muestra húmeda (H) (g)	562.3	542.3	
2 Peso de la muestra seca (I) (g)	519.6	501.0	
3 Contenido de humedad (K) (%)	8.2	8.2	8.2
RESISTENCIA MARSHALL			
1 Estabilidad (P= Kg-f)	682	671	676
2 Estabilidad corregida (P=N)	6687	6583	

Cueva
 PEDRO BENITES CUEVA
 TECNICO DE LABORATORIO

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACION
 Ing. Luis Zuni Coama
 CIP: 156452
 Jefe de Central de Calidad de Suelos y Pavimentos - Red Vial 3-Cusco

 <p>CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN</p>	<p>SERVICIO DE GESTIÓN Y CONSERVACIÓN POR NIVELES DE SERVICIO DE LA RED N° 3: DEL PROYECTO DE REDES VIALES REGIONALES INTEGRANDO EL CUSCO</p>	  <p>PVR Por Vía Record</p>
<p>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</p>		

<p>ESTRUCTURA : Estabilización química con Proes 0.28 lt/m³ - 55 kg/m³</p>
<p>MATERIAL : Cantera de recarga</p>
<p>RESUMEN GENERAL DE ENSAYOS MARSHALL</p>

Fecha	Progresiva	Descripción	Estabilidad (Kg-f)	Estabilidad (lb)	Estabilidad (N)
16/08/2014	64+300	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T5	711	1567	6972.1
16/08/2014	79+500	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T5	629	1387	6168.0
16/08/2014	85+500	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	656	1446	6432.7
24/08/2014	90+000	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	602	1327	5903.2
24/08/2014	97+950	Proes-0.28 lt/m ³ , Rocatech 70/30-55 Kg /m ³ - T4	676	1490	6628.9

Cueva

PEDRO BENITES CUEVA
TECNICO DE LABORATORIO

[Signature]

CONSORCIO PERUANO DE CONSERVACIÓN
ING. LUIS ZUNI CCAMA
ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
Luis Leo Zuni Ccama
CIP. 159452
Instituto de Cultura de Suelos y Pavimentos - Rod Vial 3-Cusco