

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas,
geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de
acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU
Juliaca

Por:

Eder Eliab Chura Mamani

Saul Romero Yupanqui

Asesor:

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Juliaca, diciembre de 2017

Área temática: Ingeniería Civil.

Ficha bibliográfica elaborada por el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la UPeU

Chura Mamani, Eder Eliab

Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca / Autores: Eder Eliab Chura Mamani y Saul Romero Yupanqui; Asesor: Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona - Juliaca, 2017.

204 páginas: anexos, figuras, tablas.

Tesis (Licenciatura) -- Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. de Ingeniería Civil, 2017.

Incluye referencias y resumen.

Campo del conocimiento: Ingeniería Civil.

1. Estabilizar. 2. Suelo. 3. Sub rasante. 4. Cohesivo. 5. Refuerzo. 6. Pavimento.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca" constituye la memoria que presenta los Bachilleres Eder Eliab Chura Mamani y Saul Romero Yupanqui para aspirar al título de profesional de Ingeniero Civil, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los Veinte y ocho días del mes de diciembre del año dos mil diecisiete.


.....
Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
Asesor

Estabilización de suelos cohesivos mediante el uso de geomallas,
geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de
acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU
Juliaca

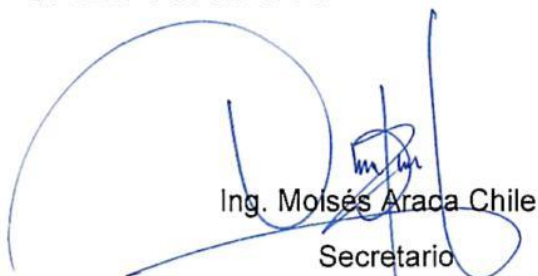
TESIS

Presentado para optar el título profesional de Ingeniero Civil


JURADO CALIFICADOR




Ing. Ecler Mamani Chambi
Presidente



Ing. Moisés Araca Chile
Secretario



Ing. Zenon Choque Quispe
Vocal



Ing. Percy Armando Cota Mayorga
Vocal



Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona
Asesor

Juliaca, 21 de diciembre de 2017

DEDICATORIA

A Dios.

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestras familias.

A nuestros queridos padres, hermanos y hermanas quienes nos apoyaron en cada momento.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	xvii
CAPÍTULO I.....	19
EL PROBLEMA	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. PROBLEMA GENERAL.....	19
1.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	19
1.4. OBJETIVO GENERAL	20
1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO.....	21
2.1. ANTECEDENTE DE INVESTIGACIÓN.....	21
2.1.1. Antecedente 01	21
2.1.2. Antecedente 02.....	22
2.1.3. Antecedente 03.....	23
2.2. SUELO	24
2.3. TIPOS DE SUELO.....	24
2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS.....	25
2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS).....	25
2.4.2. Sistema de Clasificación AASHTO	30
2.5. GEOMALLAS	31
2.6. GEOTEXILES	33
2.6.1. Geosintéticos	33
2.6.2. Geotextiles.....	33
2.6.3. TenCate Mirafi® H2Ri tejido	34
2.7. CAL.....	34
2.7.1. Definición.....	34
2.8. CEMENTO.....	35
2.8.1. Definición:.....	35
2.9. COHESIÓN.....	35
2.10. MÉTODO AASHTO 93 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN EL MTC (MANUAL DE CARRETERA).....	36
2.10.1. Factor direccional y factor carril	36
2.10.2. Cálculo de crecimiento y proyección	36
2.10.3. Número de repeticiones de ejes equivalentes.....	37

2.10.4. Número de repeticiones de ejes equivalentes (Tráfico vehicular).....	40
2.11. MÉTODO GUIA AASHTO 93 DE DISEÑO.....	41
2.11.1. Periodo de diseño	41
2.11.2. Variables	42
2.12. SOFTWARE SPECTRAPAVE4-PRO™ (SP4-PRO)	50
2.13. SOFTWARE MIRASPEC	50
2.14. GRANULOMETRÍA	51
2.14.1. Granulometría por mallas	51
2.14.2. Prueba del hidrómetro	51
2.15. CONTENIDO DE HUMEDAD.....	52
2.16. ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA.....	52
2.17. COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)	55
2.18. CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)	57
2.19. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	58
CAPITULO III.....	60
MATERIALES Y MÉTODOS	60
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	60
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRO	61
3.2.1. Población.....	61
3.2.2. Unidades de Muestreo	61
3.3. TIPO DE ESTUDIO.....	62
3.3.1. Tipo de investigación	62
3.3.2. Diseño de investigación.....	63
3.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	63
3.4.1. Hipótesis principal.....	63
3.4.2. Hipótesis específico.....	63
3.4.3. Identificación de las variables	64
3.5. DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES.....	64
3.6. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	65
3.7. CAMPO DE ESTUDIO	69
3.8. ANÁLISIS DEL TIPO DE SUELO	70
3.9. MÉTODO ESTADISTICO	73
3.9.1. Análisis de varianza.....	73
CAPITULO IV.....	75

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	75
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL Y ESTABILIZADO CON CAL Y CEMENTO.	75
4.2. ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CEMENTO DE LA CALICATA N° 01	76
4.2.1. Granulometría.....	77
4.2.2. Límites atterberg.....	77
4.2.3. Compactación de suelos (Proctor Modificado)	79
4.2.4. Valor relativo de soporte (CBR).....	80
4.3. ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CEMENTO DE LA CALICATA N° 04	81
4.3.1. Granulometría.....	81
4.3.2. Límites atterberg.....	82
4.3.3. Compactación de suelos (Proctor Modificado)	84
4.3.4. Valor relativo de soporte (CBR).....	85
4.4. OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CAL.....	86
4.4.1. Índice de plasticidad C-1	86
4.4.2. Densidad seca C-1	86
4.4.3. CBR AL 95%	87
4.4.4. Índice de plasticidad C-4.....	88
4.4.5. Densidad seca C-4.....	88
4.4.6. CBR al 95% C-4.....	89
4.5. OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO.	90
4.5.1. Índice de plasticidad C-1	90
4.5.2. Densidad seca C-1	91
4.5.3. CBR AL 95% C-1	92
4.5.4. Índice de Plasticidad C-4.....	92
4.5.5. Densidad seca C-4.....	93
4.5.6. CBR al 95% C-4.....	94
4.6. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON SUELO NATURAL.	95
4.6.1. Factor direccional y factor carril	96
4.6.2. Factores de crecimiento acumulado (Fca).....	96
4.6.3. Numero de repeticiones de ejes equivalentes	96
4.6.4. SN cálculo de diseño estructural del pavimento.....	98
4.7. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES ESTABILIZADO CON % DE CAL OPTIMO	100

4.8. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES ESTABILIZADO CON % DE CEMENTO ÓPTIMO.	100
4.9. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REFORZADOS CON GEOMALLAS	101
4.9.1. Calculo de espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla biaxial tipo 2 con el Software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).	101
4.9.2. Calculo de espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla tiraxial TX5 con el Software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).	102
4.10. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REFORZADOS CON GEOTEXTIL.....	104
4.10.1. Calculo de espesores del pavimento flexible reforzado con geotextil tipo H2Ri con el Software MiraSpec.....	104
CAPITULO V	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109
ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Sistema de clasificación AASHTO.....	30
Tabla 02. Proctor modificado.....	56
Tabla 03. Clasificación del tipo de vía.....	62
Tabla 04. Calicata N° 01.....	69
Tabla 05. Calicata N° 02.....	69
Tabla 06. Calicata N° 03.....	70
Tabla 07. Calicata N° 04.....	70
Tabla 08. Horario de aforo vehicular.....	95
Tabla 09. Conteo total de IMD.....	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Carta de plasticidad.....	29
Figura 02. Geomalla Biaxial.....	31
Figura 03. Distribución de la carga actúa en forma radial.	32
Figura 04. Geomalla triaxial.	33
Figura 05. Funciones de geotextil.	34
Figura 06. Factores direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.....	36
Figura 07. Factores de crecimiento acumulado(Fca) para el cálculo de numero de repeticiones (EE).....	37
Figura 08. Configuración de ejes.	38
Figura 09. Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.....	38
Figura 10. Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes equivalentes (EE).....	39
Figura 11. Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño.....	41
Figura 12. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de tráfico.....	43
Figura 13. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr), para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años), según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.	44
Figura 14. Índice de serviciabilidad inicial (Pi) según rango de tráfico.	45
Figura 15. Índice de serviciabilidad final (Pf) según rango de tráfico.....	46

Figura 16. Diferencial de serviciabilidad (Δ PSI), según rango de tráfico.....	47
Figura 17. Coeficientes estructurales de las capas de pavimento a_j	49
Figura 18. Curva de flujo.....	54
Figura 19. Curva de Proctor.....	56
Figura 20. Carga unitaria de patrón.....	57
Figura 21. Mapa del Perú – Puno.....	60
Figura 22. Provincia de San Román.....	60
Figura 23. Lugar de ejecución.....	61
Figura 24. Mapa conceptual del Método científico.....	63
Figura 25. Carga unitaria de patrón.....	64
Figura 26. Hoja de datos para estratigrafía del suelo.....	65
Figura 27. Hoja de datos para el análisis granulométrico (ASTM D-422).....	66
Figura 28. Hoja de datos para límites de consistencia (ASTM D-424).....	66
Figura 29. Hoja de datos para el Proctos modificado (ASTM D-1557).	67
Figura 30. Hoja de datos para el valor relativo de soporte (CBR) (ASTM D-1883).....	67
Figura 31. Hoja de gráficos para el valor relativo de soporte (CBR) (ASTM D-1883).....	68
Figura 32. Aforo vehicular.....	68
Figura 33. Identificación de tipo de suelo.....	71
Figura 34. Guía Referencial para la selección del tipo de estabilización.	72
Figura 35. Análisis de varianza entre las calicatas.....	74
Figura 36. Resumen de resultados número 01.....	75
Figura 37. Resumen de resultados número 02.....	76

Figura 38. Comportamiento de la malla pasante N°200 con la adición de cal y cemento C-1.....	77
Figura 39. Comportamiento del límite líquido con la adición de cal y cemento C-1.....	78
Figura 40. Comportamiento de Índice de plasticidad con la adición de cal y cemento C-1.....	78
Figura 41. Comportamiento de la humedad óptima con la adición de cal y cemento C-1....	79
Figura 42. Comportamiento de la densidad seca con la adición de cal y cemento C-1.....	80
Figura 43. Comportamiento de la humedad óptima con la adición de cal y cemento C-1.....	81
Figura 44. Comportamiento de la malla pasante N°200 con la adición de cal y cemento C-4.....	82
Figura 45. Comportamiento del límite líquido con la adición de cal y cemento C-4.....	83
Figura 46. Comportamiento de Índice de plasticidad con la adición de cal y cemento C-4.....	83
Figura 47. Comportamiento de la humedad óptima con la adición de cal y cemento C-4.....	84
Figura 48. Comportamiento de la densidad seca con la adición de cal y cemento C-1.....	85
Figura 49. Comportamiento de la humedad óptima con la adición de cal y cemento C-4..	85
Figura 50. Porcentaje óptimo de índice de plasticidad C-1.....	86
Figura 51. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-1.....	87

Figura 52. Porcentaje óptimo de CBR AL 95% C-1.....	87
Figura 53. Porcentaje optimo del Índice de plasticidad C-4.....	88
Figura 54. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-4.....	89
Figura 55. Porcentaje óptimo de CBR AL 95% C-4.....	90
Figura 56. Porcentaje optimo del índice de plasticidad C-1.....	91
Figura 57. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-1.....	91
Figura 58. Porcentaje óptimo del CBR al 95% C-1.	92
Figura 59. Indice de plasticidad C-4.	93
Figura 60. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-4.....	93
Figura 61. Porcentaje optimo del CBR al 95% C-4.....	94
Figura 62. Espesores del pavimento flexible del terreno natural.....	99
Figura 63. Espesores del pavimento flexible estabilizado con 3% de adición con cal.....	100
Figura 64. Espesores del pavimento flexible estabilizado con 4% de adición de cemento.....	101
Figura 65. Descripción de los Datos requerido del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).....	101
Figura 66. Resultados de los espesores del pavimento flexible reforzado con geomallas biaxial tipo 2.....	102
Figura 67. Espesores del pavimento flexible reforzado con geomallas biaxial tipo 2.....	102
Figura 68. Descripción de los Datos requerido del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).....	103

Figura 69. Resultados de los espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla triaxial.....	103
Figura 70. Espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla triaxial TX5.....	104
Figura 71. Descripción de los Datos requerido del software MiraSpec.....	104
Figura 72. Resultados de los espesores del pavimento flexible reforzado con geotextil tipo H2Ri.....	105
Figura 73. Espesores del pavimento flexible reforzado con geotextil tipo H2Ri.....	105

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Hojas de aforo vehicular.....	111
ANEXO B: Resultados del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO) de geomallas biaxial tipo 2 y geomalla triaxial TX5.	113
ANEXO C: Resultados del software MiraSscape de geotextil tipo H2Ri.....	114
ANEXO D: Especificaciones técnicas de las geomallas biaxial tipo 2, triaxial TX5 y geotextil tipo H2Ri.	115
ANEXO E: Panel fotográfico.....	116
ANEXO F: Ensayos de laboratorio.....	122
ANEXO G: Costos.....	201
ANEXO H: Planos.....	203

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es estabilizar los suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil cal y cemento. Para la extracción de muestras y respectivas caracterizaciones mediante ensayos en laboratorio se utilizó la Norma MTC.2014 y RNE, las variables de estudio fueron: características físicas (LL, LP, IP), CBR (%) y Compactación (k); y como variable respuesta espesores del pavimento. Se estabilizaron dos tipos de suelos con la adición de 0%, 2%, 4% y 6% de cal, también con los mismos porcentajes la adición de cemento y de los cuatro resultados de cada muestra (C-1 Y C-4) donde se define el óptimo porcentaje de cal a 3% y de cemento a 4%, llevando a reducir espesores de diseño del pavimento de 15.38% de capa base y de capa sub base de un 20% hasta 36%. La implementación de refuerzo con geomalla biaxial y triaxial reduce su espesor de capa base 23.08% a 30.77% y en la sub base a un 28% y en el caso de geotextil tejido esto reduce en los espesores de capa base a 19.23%. El uso de cal, cemento como material estabilizador y también el uso de refuerzos con la Geomalla y Geotextil, mejora en el diseño de pavimento disminuyendo los espesores de capas con el método MTC- 2014 en el tramo de acceso de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca.

Palabras clave: estabilizar, suelo, refuerzo, pavimento, base, sub base, sub rasante, geomalla, geotextil, cal, cemento.

ABSTRACT

The objective of this research is to stabilize cohesive soils through the use of geogrids, geotextile lime and cement. For the extraction of samples and respective characterizations by means of laboratory tests, the MTC.2014 and RNE were used, the study variables were: physical characteristics (LL, LP, IP), CBR (%) and Compaction (k); and as variable response thickness of the pavement. Two soil types were stabilized with the addition of 0%, 2%, 4% and 6% lime, with the same percentages adding cement and the four results of each sample (C-1 and C-4) the optimum percentage of lime is defined at 3% and cement at 4%, leading to a reduction of pavement design thicknesses of 15.38% base layer and sub base layer from 20% to 36%. The reinforcement implementation with biaxial and triaxial geogrid reduces its base layer thickness 23.08% to 30.77% and in the sub base to 28% and in the case of geotextile tegido this reduces the base layer thicknesses to 19.23%. The use of lime, cement as a stabilizing material and also the use of reinforcements such as Geogrid and Geotextile, improves pavement design by reducing layer thicknesses with the MTC-2014 method in the access section of the Universidad Peruana Unión Filial Juliaca

Key words: stabilize, soil, reinforcement, pavement, base, subbase, subgrade, geogrid, geotextile, lime, cement.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo de investigación realiza el estudio y evalúa el comportamiento de los suelos en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca.

Se Estabilizo los suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación, incrementando su CBR, en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca.

La solución para el problema fue la adición de cal y cemento al material pobre o contaminado, esto permite mejorar la capacidad de resistencia, disminuir la porosidad y la plasticidad; con la estabilización de Geomallas y geotextil nos permitió reducir espesores de la estructura del pavimento flexible.

1.2. PROBLEMA GENERAL

- ¿Sería posible estabilizar los suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación, en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca?

1.3. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Se podrá incrementar la capacidad de resistencia de los suelos cohesivos, bajo la adición de cal y cemento que ayudaran a disminuir la porosidad, plasticidad y aumentar el CBR?
- ¿Se podrá reforzar el suelo de la sub base con la aplicación o tendido de geomalla y geotextil sobre la capa de la subrasante de suelo cohesivo e incrementar la capacidad de carga?

1.4. OBJETIVO GENERAL

- Estabilizar los suelos cohesivos mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Incrementar la capacidad de resistencia de los suelos cohesivos bajo la adición de cal y cemento que ayudaran a disminuir la porosidad, plasticidad y aumentar el CBR.
- Reforzar el suelo de la sub base con la aplicación o tendido de geomalla y geotextil sobre la capa de la subrasante de suelo cohesivo e incrementar la capacidad de carga.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.ANTECEDENTE DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedente 01

“Los suelos inestables pueden crear problemas significativas en las estructuras y pavimentos, por tal motivo desde hace algunas décadas se ha tratado de realizar el mejoramiento de estos suelos empleando diversas técnicas de estabilización, utilizando diversos materiales, como cales, cementos, aditivos, emulsiones, enzimas, etc. Sin embargo, aún es necesario profundizar en el estudio de nuevos métodos de estabilización que otorguen resultados favorables, y que a su vez, se proyecten en beneficios económicos y tecnológicos dentro de la industria de la construcción” (Martines Santos, 2011).

Título: “EVALUACIÓN DEL MEJORAMIENTO DE SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO MATERIALES CEMENTANTES”

Autor: JUAN MARTÍNEZ SANTOS

Objetivo:

“Caracterizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación del suelo de la zona norte de la ciudad de Xalapa, empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes”(Martines Santos, 2011).

Conclusiones:

“Con los resultados obtenidos en la mezcla del suelo con cal para el caso del Límite Líquido, se obtuvieron todos los valores en los diferentes porcentajes por arriba del 30% especificado, por lo que podemos concluir que la acción de la cal con el tipo de suelo encontrado no presenta buen desempeño para mejorar este parámetro” (Martines Santos, 2011).

“Para el Índice Plástico, los porcentajes de cal que reducen son los de 2% y 4 % colocándolos en 9.5% y 7.6%, cumpliendo con el máximo permitido de 10%” (Martines Santos, 2011).

“Para el caso de los resultados obtenidos en la mezcla del suelo con cemento en la determinación del Límite Líquido, todos los valores en los diferentes porcentajes se encuentran arriba del 30% especificado, por lo que podemos concluir que la acción del cemento con el tipo de suelo encontrado no presenta un desempeño de mejor este parámetro” (Martines Santos, 2011).

2.1.2. Antecedente 02

“El análisis del uso de geosintéticos, en específico las geomallas, como refuerzo de bases granulares dentro de una estructura de pavimento flexible. Lo que se busca es determinar si son una alternativa económicamente viable sin disminuir la capacidad estructural de la vía proyectada en el proyecto analizado. Con este propósito se realizó un diseño de tres alternativas bajo los mismos parámetros de diseño: la primera alternativa es una sección convencional o no reforzada; mientras que las dos alternativas adicionales consisten en secciones reforzadas con geomallas biaxiales y multiaxiales respectivamente” (Cabanillas Orrego, 2014).

“Para poder obtener un diseño alternativo óptimo es necesario conocer las propiedades de las geomallas disponibles en el mercado actualmente, para ello se hizo una clasificación de las mismas y se mostraron sus aplicaciones típicas. Así mismo, se describieron los mecanismos de refuerzo relacionados con el uso de geomallas dentro de estructuras de pavimento y los beneficios que estos permiten lograr” (Cabanillas Orrego, 2014).

Título: ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DEL USO DE GEOMALLAS COMO REFUERZO DE BASES GRANULARES EN PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Autor: DANIEL ALBERTO ORREGO CABANILLAS

Conclusiones:

“Los espesores de las secciones no reforzadas son mayores en todos los casos a los espesores obtenidos en las secciones reforzadas (tanto con geomallas biaxiales como con multiaxiales). Esta diferencia es, en promedio, de alrededor de un 35%, para el caso de las secciones reforzadas con geomallas biaxiales; mientras que llega a ser casi un 45%, en promedio, para el caso del refuerzo con geomallas multiaxiales” (Cabanillas Orrego, 2014).

“La reducción de los espesores de las secciones reforzadas con geomallas biaxiales varían entre 21.05% y 40.74%. Cuando utilizamos geomallas multiaxiales, esta variación está entre 21.05% y 50%. Podemos apreciar que la reducción mínima en ambos casos es igual. Esto se debe a que en ambos casos predomina el criterio del espesor mínimo de la capa de base granular a conformarse” (Cabanillas Orrego, 2014).

“Es decir, se recomienda colocar un espesor de 15cm como mínimo que asegure la correcta colocación, compactación y densificación del material. A pesar de que el cálculo, en cada uno de los casos, pueda arrojar una sección menor, se descarta siguiendo el criterio antes descrito. Sin embargo, esto no significa que no se pueda lograr un beneficio con la colocación de alguno de estos refuerzos; en la Figura 35 se puede apreciar que hay un importante incremento en el tráfico que pueden soportar las secciones reforzadas. Esto quiere decir que, de colocarse algún refuerzo, podríamos aumentar la vida útil de la vía (al doble para el caso del refuerzo con geomallas biaxiales; y al triple para el caso de las geomallas multiaxiales si analizamos la sección 02)” (Cabanillas Orrego, 2014).

2.1.3. Antecedente 03

“En el año 2011, En la tesina de seminario de graduación se realiza el diseño de un tramo de la carretera Bajada de Chanduy - Aguas Verdes – Pocito utilizando geomallas que es un geosintético que mejora la capacidad estructural de un pavimento. El tramo comprendido desde la abscisa 2+900 hasta la abscisa 3+600 de esta carretera presenta baja capacidad de soporte por lo que se hace necesario el uso de este material. Se muestra en primer lugar la metodología de diseño por el método AASHTO comparando los espesores de cada capa de pavimento con respecto a los que resultan de la metodología de diseño utilizando la geomalla. Con esto se pretende comprobar las ventajas que ofrecen las geomallas referente a cantidades de material, transporte y tiempo de construcción de una obra, que se traducen en menor costo en comparación con el método de diseño tradicional” (Tapia Diez, Barona Fajardo, Inga Moran, & Santos Baquerizo, 2011).

Título: “DISEÑO DE UN PAVIMENTO UTILIZANDO GEOMALLAS EN TRAMO DE LA CARRETERA BAJADA DE CHANDUY – AGUAS VERDES - POCITO (ABSC. 2+900 HASTA ABSC. 3+600)”

Autor: Tapia Diez, Andrés Renato; Barona Fajardo, Fabricio Eduardo; Inga Morán, Luis Rolando y Santos Baquerizo, Eduardo.

Objetivo:

“Presentar la metodología para diseñar un pavimento flexible utilizando geomallas y demostrar sus ventajas económicas” (Tapia Diez, Barona Fajardo, Inga Moran, & Santos Baquerizo, 2011).

Conclusiones y recomendaciones:

“La utilización de subrasantes mejoradas con geomallas ocasiona un aumento en la resistencia del pavimento flexible” (Tapia Diez, Barona Fajardo, Inga Moran, & Santos Baquerizo, 2011).

“Un pavimento con geomalla garantiza ahorro en material, mano de obra y equipo al existir menor uso de maquinaria en la excavación, transporte e instalación de la geomalla y de los materiales” (Tapia Diez, Barona Fajardo, Inga Moran, & Santos Baquerizo, 2011).

“Hay reducción del tiempo de transporte, tendido y compactado del material” (Tapia Diez, Barona Fajardo, Inga Moran, & Santos Baquerizo, 2011).

“Utilizar geomallas más geotextiles sobre la subrasante para evitar una contaminación entre los materiales de la base con los del terraplén” (Tapia Diez, Barona Fajardo, Inga Moran, & Santos Baquerizo, 2011).

2.2. SUELO

“Suelo, en Ingeniería Civil, son los sedimentos no consolidados de partículas sólidas, fruto de la alteración de las rocas, o suelos transportados por agentes como el agua, hielo o viento con contribución de la gravedad como fuerza direccional selectiva, y que pueden tener materia orgánica. El suelo es un cuerpo natural heterogéneo” (Duque Escobar & Escobar Potes, 2002).

2.3. TIPOS DE SUELO

“Existe gran variedad de suelos presentes sobre la corteza terrestre, estos son los clasificados empíricamente por el ingeniero constructor según” (Fiuba, 2011).

- Arcillas
- Arenas y Gravas
- Limos

- Suelo orgánico

2.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

“Debido a la necesidad de dar un nombre y caracterizar los diferentes tipos de suelos que existen, surgen varios métodos para denominarlos los cuales se basan en las propiedades físicas de estos. Entre los más destacados se encuentran el Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (S.U.C.S), y el método AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials)” según (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

2.4.1. Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS).

“Método propuesto por Arturo Casagrande, cuyo objetivo es clasificar los suelos en dos grandes grupos, suelos gruesos y suelos finos, los cuales se distinguen por el tamizado a través de la malla N° 200. Se considera que un suelo es grueso, si más del 50% (en peso) de una muestra representativa es retenida por dicha malla, y se considera que un suelo es fino, si más del 50% (en peso) de una muestra representativa pasa por ésta” (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

2.4.1.1. Suelos gruesos

Los suelos gruesos se dividen en dos grandes grupos, en gravas y arenas, y estos a su vez se subdividen en otros tantos. La denominación de estos consta por dos letras mayúsculas, que hacen referencia a las iniciales del tipo de suelo, ya sea grava [G] o arena [S], bien gradada [W] o mal gradada [P].

- Gravas (G): Un suelo es considerado grava cuando más del 50% (en peso), de la fracción gruesa, es retenida por el tamiz N° 4.
- Arenas (S): Un suelo se considera arena cuando más del 50% (en peso) de la fracción gruesa pasa por el tamiz N° 4.

Los suelos mencionados a continuación contienen un porcentaje de finos bajo o nulo (<5%), lo que establece que no afectan ni alteran la resistencia de la fracción gruesa ni su capacidad de drenaje.

“Otro aspecto a tener en cuenta en los suelos siguientes es su gradación. Los parámetros que dictan si una grava o una arena están bien o mal gradadas son el coeficiente de

uniformidad C_u y el coeficiente de curvatura C_c , cuya determinación se muestran a continuación” (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

D_{60} = Tamaño en mm tal que el 60% de una muestra de suelo es menor que ese tamaño.

D_{30} = Tamaño en mm tal que el 30% de una muestra de suelo es menor que ese tamaño.

D_{10} = Tamaño en mm tal que el 10% de una muestra de suelo es menor que ese tamaño.

- GW, Son gravas limpias que cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 4, y un C_c entre 1 y 3. Presentan gran diversidad en dimensiones y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.
- SW, Son arenas limpias que cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 6, y un C_c entre 1 y 3. Presentan una amplia gama de dimensiones y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios.
- GP, Gravas limpias con una apariencia uniforme, donde predomina un solo tamaño teniendo ausencia de los intermedios. Estas gravas no cumplen con los parámetros de gradación, de C_u mayor a 4, y C_c entre 1 y 3.
- SP, Arenas limpias con aspecto uniforme, donde hay un tamaño predominante, y se nota la ausencia de los intermedios. Estas arenas no cumplen con los parámetros de gradación, de C_u mayor a 6, y C_c entre 1 y 3.

“Los suelos que se mencionarán a continuación presentan un alto porcentaje de finos (>12%), queriendo decir que los finos si afectan la resistencia de la fracción gruesa y su capacidad de drenaje”.(Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

Se debe tener en cuenta para su clasificación la plasticidad, la cual está dada por el límite líquido y el índice de plasticidad.

- GM, Gravas con finos, cuya plasticidad varía entre nula a media, ubicando a la fracción de suelo en la carta de plasticidad, por debajo de la línea A, o por encima donde el índice de plasticidad es menor a 4.

- SM, Arenas con finos, cuya plasticidad varía entre nula a media, ubicando a la fracción de suelo en la carta de plasticidad, por debajo de la línea A, o por encima donde el índice de plasticidad es menor a 4.
- GC, Gravas con finos, cuya plasticidad varía entre media a alta, ubicando a la fracción de suelo en la carta de plasticidad, por encima de la línea A y el índice de plasticidad es mayor a 7.
- SC, Arenas con finos, cuya plasticidad varía entre media a alta, ubicando a la fracción de suelo en la carta de plasticidad, por encima de la línea A y el índice de plasticidad es mayor a 7.

“Los suelos cuyo contenido de finos se encuentra entre 5% y 12%, el S.U.C.S. los considera casos frontera, asignándoles un símbolo doble. O en caso de que el material no cae claramente dentro de un grupo mencionado anteriormente, se asigna doble nomenclatura” (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

- Gravas limosas bien gradadas [GW – GM], Cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 4, y un C_c entre 1 y 3 y son ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de limos, es decir por debajo de la línea A, o por encima con un índice de plasticidad menor a 4.
- Gravas limosas mal gradadas [GP – GM], No cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 4, y un C_c entre 1 y 3. Están ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de los limos, es decir por debajo de la línea A, o por encima con un índice de plasticidad menor a 4.
- Gravas arcillosas bien gradadas [GW – GC], Cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 4, y un C_c entre 1 y 3 y están ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de las arcillas, es decir por encima de la línea A, con un índice de plasticidad mayor a 7.
- Grava arcillosa mal gradada [GP – GC], No cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 4, y un C_c entre 1 y 3. Están ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de las arcillas, es decir por encima de la línea A, con un índice de plasticidad mayor a 7.
- Arenas limosas bien gradadas [SW – SM], Cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 6, y un C_c entre 1 y 3 y se ubican en la carta de

plasticidad en la zona de los limos, es decir por debajo de la línea A, o por encima con un índice de plasticidad menor a 4.

- Arenas limosas mal gradadas [SP – SM], No cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 6, y un C_c entre 1 y 3. Se encuentran ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de los limos, es decir por debajo de la línea A, o por encima con un índice de plasticidad menor a 4.
- Arenas arcillosas bien gradadas [SW – SC], Cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 6, y un C_c entre 1 y 3. Se encuentran ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de las arcillas, es decir por encima de la línea A, con un índice de plasticidad mayor a 7.
- Arena arcillosa mal gradada [SP – SC], No cumplen con los parámetros de gradación, con un C_u mayor a 6, y un C_c entre 1 y 3. Se encuentran ubicadas en la carta de plasticidad en la zona de las arcillas, es decir por encima de la línea A, con un índice de plasticidad mayor a 7.

2.4.1.2. Suelos finos

“La denominación de estos grupos consta por dos letras mayúsculas, que hacen referencia a las iniciales del tipo de suelo, y a las zonas divididas en la carta de plasticidad, de acuerdo a su plasticidad y compresibilidad”.(Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

“La carta de plasticidad sirve para agrupar a los suelos que comparten de manera general las propiedades del grupo al que pertenecen, de ésta depende ciertas propiedades de interés, como la resistencia, relaciones de esfuerzo, deformación, compresibilidad, permeabilidad, velocidad de variación volumétrica, entre otras. Respecto a la compresibilidad se puede afirmar que está relacionada de manera directa con el límite líquido, si éste es inferior al 50%, se dice que la compresibilidad es baja [L], de lo contrario se dice que es de compresibilidad alta [H] ”(Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005)

“En ésta carta, los suelos cuya plasticidad es alta y se ubiquen por encima de de la línea A, se llaman arcillas inorgánicas [C], y los que se encuentran por debajo de la línea, son los conocidos limos inorgánicos [M], y los suelos orgánicos [O]”.(Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005)

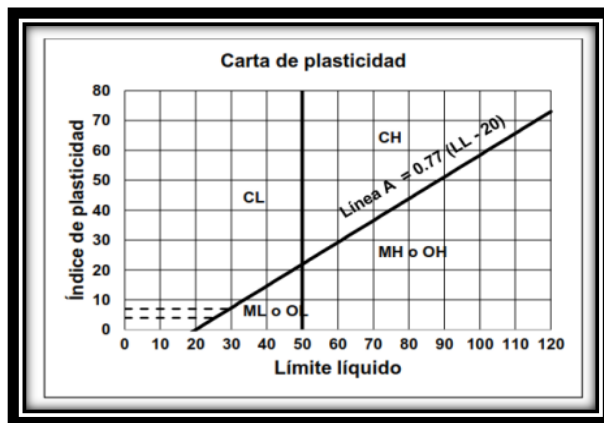


Figura 01. Carta de plasticidad.

Fuente: (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

- CL, Arcillas inorgánicas de baja plasticidad a media plasticidad, es decir con un límite líquido inferior a 50%, y ubicado por encima de la línea A, con un índice de plasticidad superior a 7.
- CH, Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, es decir con un límite líquido superior a 50%, ubicado por encima de la línea A.
- ML, Limos inorgánicos, ligeramente plásticos, es decir con un límite líquido inferior a 50%, y ubicado por debajo de la línea A, o por encima con un índice de plasticidad menor a 4.
- MH, Limos inorgánicos de alta plasticidad, es decir con un límite líquido superior a 50%, ubicado por debajo de la línea A.
- OL, Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad. Tienen alto contenido de materia orgánica, su ubicación en la carta de plasticidad es similar a la ML, con una proximidad mayor a la línea A.
- OH, Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad. Tienen alto contenido de materia orgánica, su ubicación en la carta de plasticidad es similar a la MH, con una proximidad mayor a la línea A.
- CL – ML, Suelos conocidos, como casos frontera, debido a que se encuentran ubicados en la carta de plasticidad sobre la línea A, con un índice de plasticidad entre 4 y 7, reciben doble nomenclatura.
- Pt, Suelos con alto contenido de materia orgánica y altamente compresibles. Su límite líquido se encuentra entre 300% y 500%, y su índice de plasticidad entre 100% y 200%, ubicados en la carta de plasticidad por debajo de la línea A.

2.4.2. Sistema de Clasificación AASHTO

“Es una metodología de la American Association of State Highway Officials (AASHTO) y actualmente es el sistema de clasificación de suelos más usado para vías. Este sistema clasifica los suelos a partir de los resultados dados por los ensayos de granulometría y los límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico). Se divide en dos grandes grupos: suelos granulares y suelos limo-arcillosos, los cuales se subdividen en 7 grupos. La siguiente tabla resume este sistema de clasificación según” (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

Tabla 01.
Sistema de clasificación AASHTO.

Clasificación General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08mm)						Suelos Finos ($35\% >$ bajo 0,08mm)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1-a	A-1-b	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
2 mm	≤ 50									
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51		≤ 35				≥ 36	
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10							
WL			≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6	NP	≤ 40	≤ 41	≥ 11	≥ 11	≤ 40	≤ 41	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcilla			Suelos limosos		Suelos Arcillosos	
	A-7-5 : IP \leq (WL - 30)						A-7-6 : IP $>$ (WL - 30)			

Fuente: (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

“Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares de los cuales 35% o menos de las partículas pasan por el tamiz N° 200. Los suelos que tienen más del 35% de partículas que pasan por el tamiz N° 200 se clasifican dentro de los grupos de material fino A-4, A-5, A-6 y A-7. Estos suelos son principalmente limo y materiales de tipo arcilla” (Farias Brizuela & Soto Niemann, 2005).

El índice de grupo se calcula con la siguiente ecuación:

Dónde:

- a = Porcentaje de material que pasa por la malla No 200 mayor que 35% pero menor que 75%, dado como un número entero positivo ($1 \leq a \leq 40$).

- b = Porcentaje de material que pasa por la malla No 200 mayor que 15% pero menor que 55%, dado como un número entero positivo ($1 \leq b \leq 40$).
- c = Parte del límite líquido mayor que 40 pero menor que 60, dada como un número entero positivo ($1 \leq c \leq 20$).
- d = Parte del índice de plasticidad mayor que 10 pero menor que 30, dada como un número entero positivo ($1 \leq d \leq 20$).

2.5. GEOMALLAS

“La geomalla es el geosintético de refuerzo. Su aplicación en carreteras tiene impactos positivos en lo económico, reduciendo volúmenes de movimiento de tierras; en lo técnico, incrementando la vida útil de los pavimentos; en lo ambiental, reduciendo el impacto de la emisión de carbono en las actividades de construcción realizadas con esta tecnología” (Alza Viela, 2015).

Tipos

Uniaxiales o Monorientadas: Diseñadas para el refuerzo en una sola dirección en estructuras de suelo mecánicamente estabilizado y que involucran todo tipo de material de relleno.

Biaxiales: “Son geomallas que presentan aberturas uniformes y resistencia a la tensión en dos sentidos: longitudinal y transversalmente (Figura 02). Se utilizan en aplicaciones de pavimentos o caminos y también como refuerzo secundario en taludes de suelo reforzado” (Cabanillas Orrego, 2014).

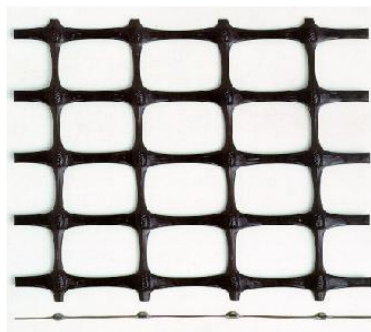


Figura 02. Geomalla Biaxial.
Fuente: (Cabanillas Orrego, 2014).

Geomalla triaxial: “Las geomallas TriAx® cuentan con tres direcciones principales de rigidez, las cuales se refuerzan aún más con la geometría rígida triangular. La geometría

triangular brinda una estructura significativamente diferente en comparación con otras geomallas actualmente disponibles comercialmente, proporcionando un alto grado de rigidez radial en los 360 grados. La distribución tridimensional de la carga actúa en forma radial en todos los niveles dentro del agregado. Esto ayuda a garantizar el desempeño óptimo del refuerzo de la geomalla en una capa estabilizada en forma mecánica. Por ello, la geomalla TriAx está diseñada para superar el desempeño de las geomallas Tensar BX mediante una mejor distribución de los esfuerzos radiales” (TENSAR, 2014).

Características:

“Las características de rigidez cuasi isotrópicas de la geomalla TriAx contribuyen a su mayor desempeño en comparación con las geomallas Tensar BX usadas en aplicaciones transitadas. Esas características son ideales para mejorar la vida útil de las superficies con o sin pavimento y a la vez, reducir aun más los requisitos de espesor de los espesores de las capas del pavimento y de la excavación” (TENSAR, 2014).

“Otra característica importante es que la geomalla TriAx crea un material compuesto mejorado y mecánicamente estabilizado para construir sobre suelos blandos. La geometría más efectiva de la apertura triangular disipa de forma radial el esfuerzo que imponen las cargas aplicadas. Esta nueva característica trae como resultado una mayor reducción de los esfuerzos” (TENSAR, 2014).

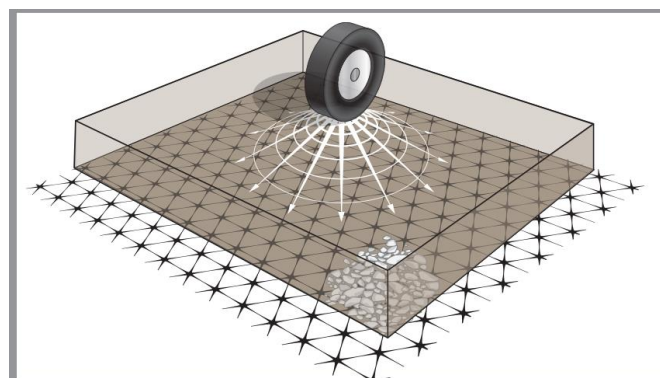


Figura 03. Distribución de la carga actúa en forma radial.
Fuente:(TENSAR, 2014).



Figura 04. Geomalla triaxial.
Fuente: (TENSAR, 2014)

2.6. GEOTEXTILES

2.6.1. Geosintéticos

“Son materiales generados a través de la conversión industrial de sustancias químicas conocidas como polímeros, que desde su forma natural (polvo o gránulos), son transformados en láminas, fibras, perfiles, películas, tejidos o mallas. Su aplicación está relacionada con la acción de la construcción tradicional como lo son, suelos, vías, concreto, pavimentos, etc. Estos materiales son usados como mejoras al funcionamiento de los sistemas constructivos o en algunos casos, sustituyen a materiales existentes o tradicionales según” (GEOSISTEMAS PAVCO, 2013).

2.6.2. Geotextiles

“Son materiales textiles planos, permeables y hechos a base de polímeros (sintético o natural), que pueden ser no tejidos o tejidos. Se usan en contacto con el suelo u otros materiales en ingeniería civil, especialmente en obras geotécnicas” (GEOSISTEMAS PAVCO, 2013).

Geotextiles Tejidos: Están formados por hilos entrelazados en una máquina de tejer. Pueden ser tejidos de calada o tricotados. Los tejidos de calada son generados por hilos de urdimbre (sentido longitudinal) y por hilos de trama (sentido transversal).

Geotextiles No Tejidos: Están conformados por hilos o fibras superpuestas de manera laminar. Pueden ser ligados mecánicamente (agujados), térmicamente (termosoldados) y químicamente (resinados).

2.6.3. TenCate Mirafi® H2Ri tejido

“La estabilización del suelo y aplicaciones de refuerzo de la base de curso donde la liquidación diferencial se produce debido al levantamiento en los suelos” (TENCATE, 2013).

“Cuando el rendimiento, la flexibilidad y la versatilidad superiores son necesarios, TenCate Mirafi® H2Ri -Serie hace la diferencia para las necesidades variables de la aplicación incluyendo: el refuerzo del curso de la base y la estabilización de la subrasante para la construcción de la carretera, de la pista y del ferrocarril; Hélice de escarcha / escarcha; Estabilización de terraplenes en cimientos blandos; Refuerzo para estructuras de tierra estabilizada mecánicamente (MSE); El apoyo del trazador de líneas, el puente de los huecos, el refuerzo sobre los cierres suaves del estanque peligroso y otras aplicaciones ambientales del mercado” (TENCATE, 2013).

Funciones:

- Separación
- Filtración
- Refuerzo del Suelo
- Confinamiento
- Drenaje

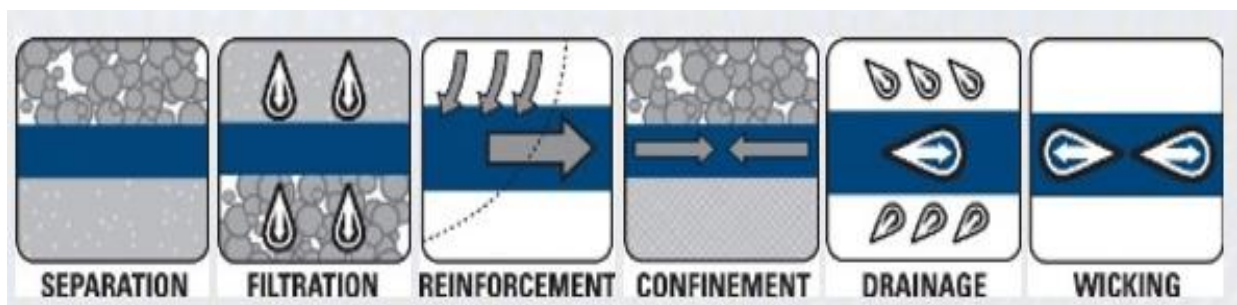


Figura 05. Funciones de geotextil.

Fuente: (TENCATE, 2013).

2.7. CAL

2.7.1. Definición

(Villarino Otero, 2012) determina que “son materiales ligantes son aquellos materiales que por medio de una transformación física, química o físico-química son capaces de unir entre sí otros materiales. Se clasifican en 2 grandes grupos:”

“Aglomerantes: Son aquellos ligantes que para unir otros materiales sufren una reacción física bien sea la evaporación de disolventes, de agua, enfriamiento, etc. Algunos de estos materiales son: el barro, asfalto, betún, brea, resinas, pegamentos, silicona, plásticos y pinturas”.(Villarino Otero, 2012)

“Conglomerantes: para unir materiales sufren una reacción química llamada fraguado. Se subdividen en: Aéreos: si sólo fraguan en el aire. A este grupo pertenecen la cal aérea y el yeso, Hidráulicos: fraguan en el aire y en el agua. En este grupo se incluyen la cal hidráulica y el cemento” (Villarino Otero, 2012).

2.8. CEMENTO

2.8.1. Definición:

“El cemento es un conglomerante ya que permite unir diversos materiales y otorgarles cohesión mediante transformaciones de tipo químico. Si se le agrega arena y/o grava, se obtiene una mezcla llamada concreto u hormigón, muy utilizada en el ámbito de la construcción, En la actualidad al cemento que combina sustancias calcáreas y arcilla se lo denomina cemento hidráulico. Entre ellos el más popular es el cemento de Pórtland o cemento Pórtland, cuyo color grisáceo recuerda a la tonalidad de las piedras que se obtienen de las canteras de la isla de Pórtland” (Perez Porto, 2016).

2.9. COHESIÓN

“Es la máxima resistencia del suelo a la tensión. Resulta de la compleja interacción de muchos factores, como la adherencia coloidal de la superficie de las partículas, la tensión capilar de las películas de agua, la atracción electrostática de las superficies cargadas, las condiciones de drenaje y el historial de esfuerzos. Sólo existe verdaderamente cohesión en el caso de arcillas que tienen contacto de canto con cara entre sus partículas. Los suelos o terrenos no plásticos de grano fino pueden exhibir una cohesión aparente cuando están en condiciones de saturación parcial” (Capote Abreu, 2012).

“El valor de cohesión que se utiliza al diseñar depende directamente de las condiciones de drenaje bajo la carga impuesta, así como del método de prueba que se emplee para calcularlo, por lo que todo se debe evaluar cuidadosamente” (Capote Abreu, 2012).

2.10. MÉTODO AASHTO 93 DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES SEGÚN EL MTC (MANUAL DE CARRETERA)

“En este manual se ha optado, para el dimensionamiento de las secciones del pavimento, por los procedimientos más generalizados de uso actual en el país. Los procedimientos adoptados son: Método AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993 y Análisis de la Performance o Comportamiento del Pavimento durante el periodo de diseños” (MTC, 2014).

2.10.1. Factor direccional y factor carril

“El factor de distribución direccional expresado como una relación, que corresponde al número de vehículos pesados que circulan en una dirección o sentido de tráfico, normalmente corresponde a la mitad del total de tránsito circulante en ambas direcciones, pero en algunos casos puede ser mayor en una dirección que en otra, el que se definirá según el conteo de tráfico” (MTC, 2014).

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para MDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para MDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Figura 06. Factores direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño. Fuente: MTC (Manual de carreteras).

2.10.2. Cálculo de crecimiento y proyección

“Se puede calcular el crecimiento de tránsito utilizando una fórmula de progresión geométrica por separado para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y para el componente del tránsito de vehículos de carga” (MTC, 2014).

$$T_n = T_o(1 - r)^{n-1} \dots\dots\dots \text{ecuación 01}$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día.

T_o = Tránsito actual (año base o) en veh/día.

n = Número de años del período de diseño.

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Período de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Figura 07. Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de número de repeticiones (EE).

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

2.10.3. Número de repeticiones de ejes equivalentes

“Para el diseño de pavimento la demanda que corresponde al del tráfico pesado de ómnibus y de camiones es la que preponderantemente tiene importancia. El efecto del tránsito se mide en la unidad definida, por AASHTO, como Ejes Equivalentes (EE) acumulados durante el periodo de diseño tomado en el análisis” (MTC, 2014).

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Gráfico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Figura 08. Configuración de ejes.

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

“Para el cálculo de los EE, se utilizarán las siguientes relaciones simplificadas, que resultaron de correlacionar los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO’93, para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados (buses y camiones) y tipo de pavimento” (MTC, 2014).

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 tn})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Figura 09. Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos.

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

“Para la determinación de los factores de presión de neumáticos se utilizarán los valores de la Figura 07, valores intermedios podrán interpolarse. Los valores de la Figura 07 han sido obtenidos de correlacionar los valores de la Figura IV-4 EAL Adjustment Factor for Tire Pressures del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto, modificando la presión inicial de 70 psi que indica la mencionada figura por la presión inicial de 80 psi considerada para efectos de este Manual” (MTC, 2014).

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCN) en psi PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.36	1.80	2.31	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Figura 10. Factor de ajuste por presión de neumático (Fp) para ejes equivalentes (EE). Fuente: MTC (Manual de carreteras).

“Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn, en el periodo de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados”.(MTC, 2014)

$$N_{rep} \text{ de EE}_{8.2 \text{ tn}} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365] \dots \dots \dots \text{Ecuación 02}$$

Donde:

N_{rep} de EE 8.2 tn: Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 tn.

$$EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi} \dots \dots \dots \text{Ecuación 03.}$$

IMD_{pi}: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i).

F_d: Factor Direccional, según la figura 06.

F_c: Factor Carril de diseño, según la figura 06.

F_{vpi}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo pesado seleccionado.

F_p: Factor de Presión de neumáticos, según Figura 10.

F_{ca}: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según Figura 07).

365: Número de días del año.

Σ : Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

2.10.4. Número de repeticiones de ejes equivalentes (Tráfico vehicular).

“Las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento, están expresadas en ESALs, Equivalent Single Axle Loads 18-kip o 80-kN o 8.2 t, que en el presente Manual se denominan Ejes Equivalentes (EE). La sumatorias de ESALs durante el periodo de diseño es referida como (W18) o ESALD, en el presente Manual se denominan Número de Repeticiones de EE de 8.2 t (MTC)” (MTC, 2014).

TÍPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T _{P5}	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T _{P6}	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T _{P7}	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T _{P8}	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T _{P9}	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T _{P10}	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T _{P11}	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T _{P12}	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T _{P13}	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T _{P14}	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Figura 11. Numero de repeticiones acumuladas de ejes equivalentes de 8.2t, en el carril de diseño.

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

2.11. MÉTODO GUIA AASHTO 93 DE DISEÑO

“Este procedimiento está basado en modelos que fueron desarrollados en función de la performance del pavimento, las cargas vehiculares y resistencia de la subrasantes para el cálculo de espesores, e incluye más adelante la ecuación de cálculo en la versión de la Guía AASHTO – 93. El propósito del modelo es el cálculo del Numero Estructural requerido (SNr), en base al cual se identifican y determinan un conjunto de espesores de cada capa de la estructura del pavimento, que deben ser construidas sobre la subrasante para soportar las cargas vehiculares con aceptable serviciabilidad durante el periodo de diseño establecido en el proyecto” (MTC, 2014).

2.11.1. Periodo de diseño

“El Periodo de Diseño a ser empleado para el presente manual de diseño para pavimentos flexibles será hasta 10 años para caminos de bajo volumen de tránsito, periodo de diseños

por dos etapas de 10 años y periodo de diseño en una etapa de 20 años. El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el periodo de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad” (MTC, 2014).

2.11.2. Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07 \quad \dots \text{Ecuación 04.}$$

a. W18, “Es Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el periodo de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico”.(MTC, 2014)

b. Módulo de Resiliencia (MR) “Es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual para su cálculo se empleará la ecuación, que correlaciona con el CBR, recomendada por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide):” (MTC, 2014).

$$Mr(psi) = 2555x CBR^{0.64} \dots \dots \dots \text{Ecuación 05.}$$

c. Confiabilidad (%R) “El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su periodo de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento; sin embargo, solicitudes diferentes a las esperadas, como por ejemplo, calidad de la construcción, condiciones climáticas extraordinarias, crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto y otros factores, pueden reducir la vida útil prevista de un pavimento” (MTC, 2014).

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	100,000	150,000	65%
	T _{P1}	150,001	300,000	70%
	T _{P2}	300,001	500,000	75%
	T _{P3}	500,001	750,000	80%
	T _{P4}	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	85%
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	85%
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	85%
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	90%
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	90%
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	90%
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	90%
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	95%
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	95%
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	95%
	T _{P15}		>30'000,000	95%

Figura 12. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años) según rango de tráfico.

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

d. Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_r) “Representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal” (MTC, 2014).

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{F0}	75,000	150,000	-0.385
	T _{F1}	150,001	300,000	-0.524
	T _{F2}	300,001	500,000	-0.674
	T _{F3}	500,001	750,000	-0.842
	T _{F4}	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T _{F5}	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T _{F6}	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T _{F7}	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T _{F8}	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T _{F9}	7,500,001	10'000,000	-1.282
	T _{F10}	10'000,001	12'500,000	-1.282
	T _{F11}	12'500,001	15'000,000	-1.282
	T _{F12}	15'000,001	20'000,000	-1.645
	T _{F13}	20'000,001	25'000,000	-1.645
	T _{F14}	25'000,001	30'000,000	-1.645
T _{F15}		>30'000,000	-1.645	

Figura 13. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr), para una sola etapa de diseño (10 ó 20 años), según el nivel de confiabilidad seleccionado y el rango de tráfico.

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

e. La Desviación Estándar Combinada (So) “Es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo. La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de So comprendidos entre 0.40 y Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” 158 Sección: Suelos y Pavimentos 0.50, en el presente Manual se adopta para los diseños recomendados el valor de 0.45”. MTC, 2014).

f. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) “Es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica

(difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece” (MTC, 2014).

f.1. Serviciabilidad Inicial (Pi) “es la condición de una vía recientemente construida. A continuación se indican los índices de servicio inicial para los diferentes tipos de tráfico: ” (MTC, 2014).

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}		>30'000,000	4.20

Figura 14. Índice de serviciabilidad inicial (Pi) según rango de tráfico.
Fuente: MTC (Manual de carreteras).

f.2. Serviciabilidad Terminal (Pt) “Es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción. A continuación se indican los índices de serviciabilidad final para los diferentes tipos de tráfico” (MTC, 2014).

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pf)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TF1	150,001	300,000	2.00
	TF2	300,001	500,000	2.00
	TF3	500,001	750,000	2.00
	TF4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TF5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TF6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TF7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TF8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TF9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TF10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TF11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TF12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TF13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TF14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TF15	>30'000,000		3.00

Figura 15. Índice de serviciabilidad final (Pf) según rango de tráfico.
Fuente: MTC (Manual de carreteras).

f.3. Variación de Serviabilidad (Δ PSI) “Es la diferencia entre la Serviabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo” (MTC, 2014).

TPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (Δ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P1}	150,001	300,000	1.80
	T _{P2}	300,001	500,000	1.80
	T _{P3}	500,001	750,000	1.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	1.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	1.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	1.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	1.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	1.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	1.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	1.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	1.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	1.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	1.20
	T _{P15}	>30'000,000		1.20

Figura 16. Diferencial de serviciabilidad (Δ PSI), según rango de tráfico.
Fuente: MTC (Manual de carreteras).

g. Número Estructural Requerido (SNR) “Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que 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 sub base, mediante el uso de los coeficientes estructurales, esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación: ” (MTC, 2014).

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3 \dots \dots \text{Ecuación 06.}$$

Dónde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase respectivamente.

“Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista, debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada. Los valores de los coeficientes estructurales considerados en el presente manual son:” (MTC, 2014).

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL 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 Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	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 (slurry seal) de 12 mm.	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 considerapor no tener aporte estructural			
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_{2a}	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_{2b}	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_{2c}	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 con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Figura 17. Coeficientes estructurales de las capas de pavimento a_i
Fuente: MTC (Manual de carreteras).

2.12. SOFTWARE SPECTRAPAVE4-PRO™ (SP4-PRO)

“El software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO) brinda a los ingenieros de diseño de pavimento la herramienta más poderosa para evaluar las opciones de diseño y optimizar el desempeño del pavimento mediante el uso de las geomallas de Tensar®. SP4-PRO se desarrolló para el Sistema de mejoramiento de carreteras Spectra® de Tensar International y permite a los usuarios” (Tensar, 2014).

Crear un diseño para un nivel dado de desempeño

Analizar diversas condiciones de apoyo y de carga y distintos límites de capacidad de servicio

Evaluar y comparar diseños y costos para capas de agregado libre y de agregado estabilizado mecánicamente (MSL)

“SP4-PRO es un paquete de software integral y sistémico que ofrece todos los beneficios del conocimiento y la experiencia de Tensar en el análisis de aplicaciones de estabilización de subrasantes y de optimización de pavimento. Estas aplicaciones incorporan las geomallas TriAx® TX5 y TX7 de Tensar®, aplicaciones clave del Sistema Spectra” (Tensar, 2014).

2.13. SOFTWARE MIRASPEC

“TenCate Geosynthetics Americas se enorgullece de reintroducir nuestro diseño basado en Internet MiraSpec Soluciones Software. Es un programa de software fácil de usar que ayudará tanto en el pavimento flexible y el diseño de carreteras sin pavimentar mientras demuestra los muchos beneficios del uso de nuestro Mirafi® Serie RSiY H2Ri tejidos de refuerzo y estabilización geosintéticos en las estructuras de la carretera. MiraSpec, El software de soluciones de diseño permitirá ahora al diseñador realizar la carretera sin pavimentar de Giroud-Han, Cálculos y cuenta con un AASHTO mejorado (Asociación Americana de Carreteras Oficiales de Transporte) pavimento flexible Número Estructural (SN) y ESAL (equivalente Carga por eje) con o sin geosintéticos. Además, el diseñador será Capaz de calcular los ahorros de costes y ahorros “verdes” el uso de Mirafi®, Los geosintéticos Proporcionar en el diseño. MiraSpec es una herramienta de análisis que permite a los ingenieros diseñar mejor y más Costosas y eficientes mediante la incorporación de TenCate Mirafi® Geosintéticos” (Tencate, 2014).

2.14. GRANULOMETRÍA

“La granulometría comprende todos los métodos tendientes a separar una muestra de suelo en fracciones según los tamaños de sus partículas. Está la granulometría por mallas (la empleada en este trabajo de grado) y la prueba del hidrómetro (para suelos finos)” (Moreno Caseres & Ramirez Forero, 2012).

2.14.1. Granulometría por mallas

“Se hace pasar una muestra de suelo por una serie de tamices dispuestos en orden decreciente según el tamaño de su abertura, con estos tamices se puede llegar a separar hasta tamaños correspondientes al tamiz N° 200 (0.074 mm), el paso del material fino por medio de este tamiz se ayuda con agua (un lavado)” (Moreno Caseres & Ramirez Forero, 2012).

“Se registra el peso inicial de la muestra seca, luego esta se lava con ayuda del tamiz N° 200, se deja secar una vez más y es pesado nuevamente, la diferencia de estos pesos es entendido como el material que pasa por el tamiz N° 200, el material restante es el que atraviesa el juego de tamices para determinar así, la cantidad retenida por cada uno y hacer una representación gráfica de la distribución granulométrica. Cuando esta curva granulométrica es tendida, corresponde a un suelo con gran variedad de tamaños de partículas (bien gradado), cuando la curva granulométrica tiene una tendencia vertical, con una pendiente alta, corresponde a suelos donde predomina un solo tamaño (mal gradado)” (Moreno Caseres & Ramirez Forero, 2012).

2.14.2. Prueba del hidrómetro

“La prueba se basa en la ley de Stokes, donde se relaciona la velocidad de precipitación o cimentación de una partícula en un fluido con el tamaño de la misma. Con este ensayo se obtiene el diámetro equivalente de una partícula que se sedimenta en un fluido con la misma velocidad del suelo. En partículas equidimensionales el diámetro equivalente puede llegar a ser la mitad del real. En partículas laminares el diámetro equivalente puede llegar a ser la cuarta parte del real. La Ley de Stokes sólo es válida para tamaños de partículas entre 0,2 micras y 0.2 mm” (Moreno Caseres & Ramirez Forero, 2012).

2.15. CONTENIDO DE HUMEDAD

“El contenido de humedad en suelos se define como la cantidad de agua de un suelo al momento de realizarse su ensayo relacionado con la parte solida del mismo. Viene representado por la siguiente expresión”.(Pari cusi, 2012b).

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100 \dots \text{Ecuacion 07.}$$

Dónde:

W% = Contenido de humedad del suelo

Wh = Peso de la muestra húmeda

Ws = Peso de la muestra seca

“La determinación del contenido de humedad es un procedimiento que es ampliamente usado en los ensayos de un laboratorio de mecánica de suelos, bajo distintas condiciones y en distintos tiempos. Por lo que es necesario la comprensión de su correcto procedimiento y metodología de cálculo” (Pari cusi, 2012b).

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Con los datos obtenidos en laboratorio el cálculo se realizara utilizando la siguiente relación:

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 = \frac{W_h - W_s}{W_s} * 100 \dots \text{Ecuación 08.}$$

Dónde:

W% = Contenido de humedad del suelo

Wh = Peso de la muestra húmeda

Ws = Peso de la muestra seca

2.16. ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

“Las propiedades mecánicas de un suelo constituido por partículas finas en este caso por ejemplo las arcillas, dependen en gran parte de la humedad que este contenga. Ya que el agua

forma una película alrededor de los granos y el grosor de este es determinante en el comportamiento mecánico del suelo” (Pari cusi, 2012c).

“Cuando el contenido de humedad sea elevado, se tiene una suspensión muy concentrada sin ninguna resistencia al esfuerzo cortante. Al perder el agua dicho suelo va incrementando su resistencia hasta que el suelo alcanza el estado plástico donde este suelo es capaz de ser moldeado” (Pari cusi, 2012c).

a) Determinación del límite líquido.

- El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad para el cual la falla del suelo es exactamente a los 25 golpes, ensayado en la cuchara de Casagrande.
- Secar la muestra y tamizar por la malla #40. Eliminandose el material excedente.
- Del material pasante la malla #40 se toman aproximadamente 200 gr y se colocan en la capsula de porcelana, y con la espátula se hace una mezcla pastosa, homogénea y de consistencia suave agregando agua durante el mezclado. Y luego se deja saturando por un espacio mínimo de 24 horas.
- Calibrar la cuchara de Casagrande de tal manera que la altura de caída sea de 10 mm.
- Una vez saturado el material, colocar una porción con la espátula en la cuchara de Casagrande. Moldeando de tal manera que el espesor de la muestra de suelos sea de 10 mm en l parte más baja.
- El suelo colocado en la cuchara de Casagrande se divide por la mitad con la ayuda del ranurador.
- Ensayar al suelo sometiendo la muestra al corte, dando vueltas la manija de la cuchara de Casagrande a una razón de 2 golpes por segundo. Contando el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- Determinar el contenido de humedad del suelo que se encuentra en la zona de falla.
- Se deben realizar cuatro pruebas como mínimo procurando que la cantidad de golpes requeridos para cerrar la ranura se encuentre en los siguientes intervalos; 15-20, 20-25, 25-30, 30-35. Con estos datos se construye la curva de fluidez en un papel semi-logaritmico.

- El límite líquido se define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponde a 25 golpes.

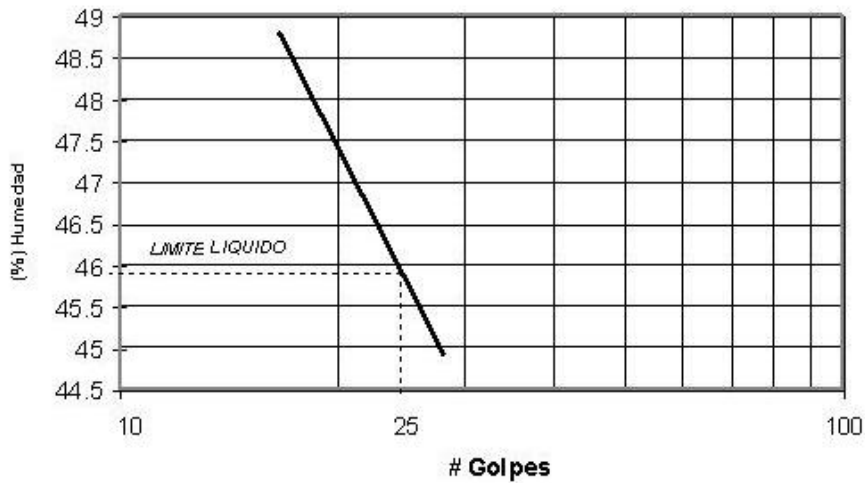


Figura 18. Curva de flujo.
Fuente: Hansbo, 1957.

b) Determinación del límite plástico

- Se toma una porción del suelo saturado usado en el anterior ensayo. Se amasa rodando la porción del suelo sobre un vidrio esmerilado, hasta formar un cilindro de 3mm de diámetro.
- Se amasa la tira y se vuelve a rodar, repitiendo esta operación por varias veces reduciendo la humedad del suelo. Hasta que el cilindro empiece a endurecer.
- El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a un diámetro de 3mm.
- Inmediatamente se determina el porcentaje de humedad de los cilindros obtenidos.
- Obtenidos los contenidos de humedad y si estos no difieren en 1% entre uno y otro valor se promedian los resultados arrojándonos el límite plástico. Caso contrario volver a repetir el ensayo.
- El límite plástico es el promedio de los valores de contenido de humedad obtenidos.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Limite Líquido.- Los datos de contenido de humedad obtenidos se grafican en un papel semi-logarítmico (#Golpes VS Contenido de Humedad). De los cuales el límite líquido será el contenido de humedad en la curva de fluidez que corresponda a 25 golpes.

Limite Plástico.- Es el promedio de contenidos de humedad obtenidos en el ensayo.

Para todos los casos el contenido de humedad se obtendrá mediante:

$$W\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco}} * 100 \dots\dots \text{Ecuación 09.}$$

2.17. COMPACTACIÓN DE SUELOS (PROCTOR MODIFICADO)

“Se conoce como compactación de suelos, al proceso mediante el cual se busca mejorar las propiedades mecánicas de los suelos, mediante la reducción de vacíos y como consecuencia de ello ocurren también cambios considerables de volumen en el suelo”.(Pari cusi, 2012a)

“La compactación está relacionada con la el peso volumétrico seco máximo del suelo (Densidad Máxima), y que para eso se produzca es necesario que el suelo tenga una humedad adecuada (Contenido Optimo de Humedad CHO)” (Pari cusi, 2012a).

“El objetivo de la compactación es que se pueda obtener una masa de suelo estructurada de una manera tal, que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado durante la vida útil de la obra que requiera de este procedimiento. La compactación de suelos se aplican todo tipo de rellenos artificiales y entre ellos tenemos; presas de tierra, diques, terraplenes, muelles, etc (Pari cusi, 2012a)”.

METODOLOGÍA DE CÁLCULO:

El cálculo para la obtención de la máxima densidad seca se realizara de la siguiente manera:

$$\gamma_h = \frac{\text{Peso de la muestra Humeda}}{\text{Volumen de la Muestra}} \dots\dots \text{Ecuación 10.}$$

$$w\% = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} * 100 \dots\dots \text{Ecuación 11.}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1+w\%} \dots \dots \dots \text{Ecuación 12.}$$

Dónde:

γ_h : Densidad Húmeda γ_d : Densidad Seca

w% : Contenido de Humedad

Tabla 02
Proctor modificado

Descripción	MÉTODO		
	A	B	C
Diámetro de Molde	4"	4"	6"
Peso del Martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de Caída	45.7 cm	45.7 cm	45.7
Nº de Golpes/Capa	25	25	56
Numero de Capas	5	5	5
Energía de Compactación	2,700 KN-m/m ³	2,700 KN-m/m ³	2,700 KN-m/m ³
Material a Usar	Mat que pasa el Tamiz Nº 4	Material que pasa el Tamiz Ret. Tamiz Nº 4	Material que pasa el Tamiz Ret. Tamiz Nº 4
Uso	Nº4 ≤ 20%	4 > 20% Ret. Tamiz 3/8" ≤ 20%	3/8" > 20% Ret. Tamiz 3/4" ≤ 20%

Fuente: (Pari Cusi, 2012a).

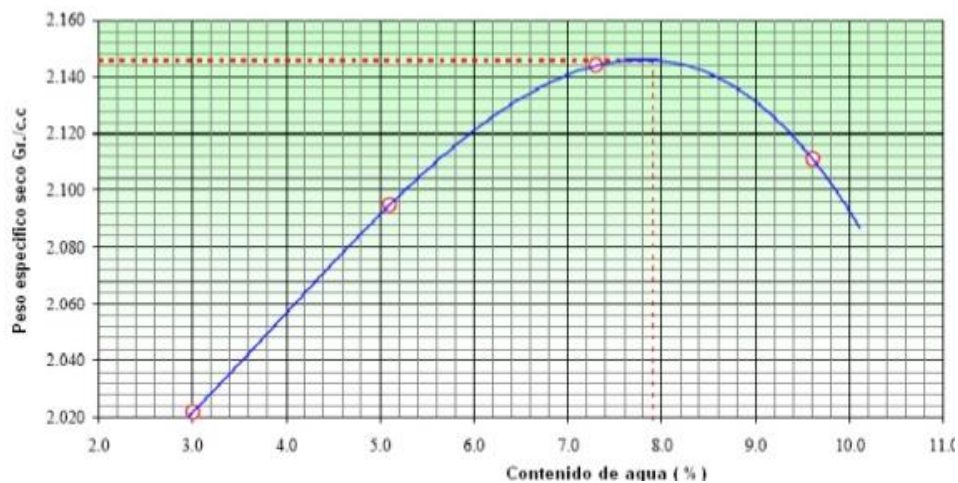


Figura 19. Curva de Proctor.

Fuente: (UNH, 2014).

2.18. CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

“Sirve para determinar el valor relativo de soporte de un material por lo que también se le conoce por este nombre. Ya que conociendo este valor se podrá determinar espesores de suelos para pavimentos. Por lo que este ensayo de la mecánica de suelos es de aplicación exclusiva para el DISEÑO de pavimentos” (Pari cusi, 2011).

“El C.B.R. de un material se determina relacionando la fuerza utilizada para la penetración de 0.25 cm (0.1 pulgada) con un vástago de 19.35 cm² (3 pulg²) de área con una velocidad de penetración de 1.27 mm/minutos (0.05 pulg/min) y la fuerza ejercida en un material patrón (piedra triturada) para esa misma penetración, expresado en términos de porcentaje” (Pari cusi, 2011).

$$\text{CBR}(\%) = \frac{\text{Carga unitaria del Ensayo}}{\text{Carga unitaria Patrón}} * 100 \dots \dots \dots \text{Ecuación 13.}$$

De esta ecuación se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. Los valores de la carga unitaria patrón que deben utilizarse en la ecuación son los siguientes:

Penetración			Carga Unitaria Patrón		
Mm	Cm	Pulg.	Kg/cm ²	MPa	PSI
2.5	0.25	0.10	70.31	6.9	1,000
5.0	0.50	0.20	105.46	10.3	1,500
7.5	0.75	0.30	133.58	13.0	1,900
10.0	1.00	0.40	161.71	16.0	2,300
12.7	1.27	0.50	182.80	18.0	2,600

Figura 20. Carga unitaria de patrón.

Fuente: (Pari cusi, 2011).

“Para el caso específico de nuestro país, según la EG-2000 el CBR que se usara para el diseño de pavimentos, corresponde al que se determine a una penetración de 2.5 milímetros en un material compactado a la humedad óptima y densidad máxima, saturando la muestra durante noventa y seis horas (cuatro días). Especificándose además valores mínimos de CBR

para los materiales según su uso. Los cuales nos ayudaran a elegir los mejores suelos a fin de construir vías. (Por ejemplo para el caso de bases el CBR mínimo será del 100%)”.(Pari cusi, 2011)

2.19. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Pavimento: Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.

Suelo cohesivo: Partículas muy pequeñas, predominan los efectos electroquímicos superficiales. Las partículas tienden a juntarse (interacción agua partícula), Suelos plásticos (Arcillas).

Mecánica de Suelos: En ingeniería, la mecánica de suelos es la aplicación de las leyes de la física y las ciencias naturales a los problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial de la corteza terrestre. Esta ciencia fue fundada por Karl von Terzaghi, a partir de 1925.

Arcillas: En realidad contienen solo una parte de arcilla, provienen de sedimentación en los cauces de los ríos o erosiones generadas por los cambios geológicos. Son sensibles a la humedad. Si el estado de tensiones de las arcillas es de tipo de compresión sus fallas permanecen cerradas y durante largo tiempo conserva sus propiedades mecánicas, mientras si su estado de tensiones es de tipo tracción, estas fallas se abren y posibilitan la entrada de agua, lo que genera cambios negativos en sus propiedades resistentes, pues las debilita.

Arenas: La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea

Limos: Proviene de depósitos fluviales (cauces o desembocadura de ríos), tienen apariencia similar a la de una arcilla. Su cohesión es pequeña, son permeables y el agua penetra rápidamente por estas.

Estabilidad: Es la susceptibilidad de reproducción de las lecturas medidas de un instrumento bajo condiciones de uso definidas, repetidas en diferentes ocasiones separadas por intervalos, los cuales son largos en comparación con el tiempo de toma de una lectura.

Límite Plástico: Humedad del suelo que permite rodar cilindros de 3mm de diámetro sin que se desmoronen.

Límite Líquido: Humedad del suelo que hace que se unan los bordes de la muestra tras 25 golpes en la cuchara de Casagrande.

Parámetro: Variable o constante arbitraria que interviene en una expresión matemática.

Resistencia Cortante del Suelo: La resistencia cortante de una masa de suelo es la resistencia interna por área unitaria que la masa de suelo ofrece para resistir la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él. Los ingenieros deben entender la naturaleza de la resistencia cortante para analizar los problemas de la estabilidad del suelo, tales como capacidad de carga, estabilidad de taludes y la presión lateral sobre estructuras de retención de tierras.

Capacidad de Carga: La capacidad de carga o apoyo es una característica de cada sistema de suelo cimentación, y no sólo una cualidad intrínseca del suelo. Los distintos tipos de suelo difieren en capacidad de carga, pero también ocurre que en un suelo específico dicha capacidad varía con el tipo, forma, tamaño y profundidad del elemento de cimentación que aplica la presión.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El lugar de estudio se ubica en la carretera Arequipa km 6 villa Chullunquiani en el tramo de ingreso al campus universitario UPeU filial Juliaca, al noroeste de la ciudad de San Román de la región de Puno, comprendido desde el km 00+000 al km 00+750 tramo de acceso a la Institución, ver ubicación en anexo H .

Los datos de exploración a cielo abierto (calicata) fueron tomados dentro de cada 250 m. de acuerdo al criterio de la norma MTC norma peruana.

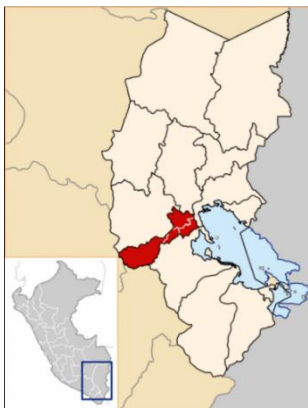


Figura 21. Mapa del Perú – Puno
Fuente: upload.wikimedia.org



Figura 22. Provincia de San Román
Fuente: Webstudios.net



Figura 23. Lugar de ejecución

Fuente: Google earth

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRO

3.2.1. Población

El tamaño de la población es el campus Universitario UPeU filial Juliaca.

3.2.2. Unidades de Muestreo

a. Cálculo de unidades de muestreo.

Las calicatas se han ubicado longitudinalmente en forma alternada a 4.5 m. del eje de la calzada a distancia aproximadamente espaciadas a 250m. Desde la progresiva km 00+00 al km 00+750 a una profundidad de 1.5 m. mínima.

El número de puntos de exploración se determinó con la división de longitud total del tramo 750m entre 250m. Siendo cuatro calicatas la unidad de muestreo.

b. Determinación de las unidades de muestreo para la Investigación.

El número de puntos de investigación será de acuerdo al tipo de vía, según la **Tabla 4**. Del RNE especificado para zonas urbanas según ámbito de aplicación norma peruana MTC.

Tabla 03.

Clasificación del tipo de vía.

Tipo de vía	Número de puntos de Investigación	Área (m²)
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

Fuente: RNE

Donde se consideró el tipo de vía Expresa ya que es la principal vía de acceso al campus Universitario compuesta por un carril con dos direcciones.

Se determinará un CBR por cada tipo de suelo de sub-rasante. (CE 10 RNE) NTP 339.145:1999

c. Selección de las unidades de muestreo para la evaluación.

Para la selección de la muestra se pasó a la evaluación visual y practica en busca de un suelo cohesivo, a lo largo de las exploraciones a cielo abierto y en caso de contar con suelos finos no plásticos se procedió a la clasificación del tipo de suelo y por lo demás se procedió a su adición con los materiales estabilizadores de acuerdo a la recomendación de la Norma Peruana MTC.

3.3. TIPO DE ESTUDIO

3.3.1. Tipo de investigación

El proyecto adopta el tipo de Cuantitativo, donde se determina el valor del % CBR del suelo cohesivo mejorado con la adición de cal y cemento al suelo cohesivo encontrado en el tramo de acceso al campus Universitario Peruana Unión filial Juliaca.

3.3.2. Diseño de investigación

Se asume un estudio experimental y comparacional. Donde se usa el método científico para sustentar la investigación, como se muestra en el mapa conceptual:

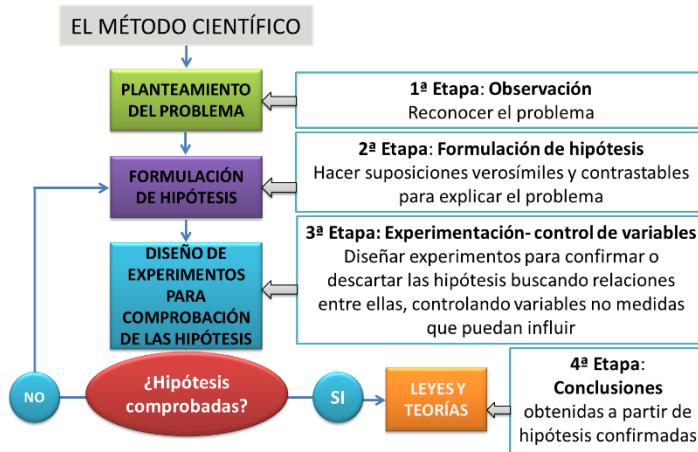


Figura 24. Mapa conceptual del Método científico

Fuente: <https://sites.google.com/site/cienciasrutadelaplata/3oeso-fyq/u1-la-ciencia-y-su-metodo-unidades-de-medida>

3.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.4.1. Hipótesis principal

Es posible estabilizar el suelo cohesivo mediante el uso de geomallas, geotextil, cal y cemento con fines de pavimentación, mejorando sus propiedades químicas y físicas, en el tramo de acceso del km 00+000 al km 00+750 del campus universitario UPeU Juliaca.

3.4.2. Hipótesis específico

Se puede incrementar la capacidad de resistencia de los suelos cohesivos, bajo la adición de cal y cemento que ayudaran a disminuir la porosidad, plasticidad y aumentar el CBR.

Se puede reforzar el suelo de la sub base con la aplicación o tendido de geomalla y geotextil sobre la capa de la subrasante de suelo cohesivo e incrementar la capacidad de carga.

3.4.3. Identificación de las variables

La variable se clasifica por su naturaleza en variable cuantitativa del tipo continuas ya que se obtendrán valores numéricos que dependerán de la precisión del instrumento.

Por otro lado la variable se pudo calificar según la posición de la investigación en experimental que por lo cual son los elementos de adición como estabilizador y reforzamiento (cal, cemento, geomalla y geotextil) de donde se controlan las variables independientes y dependientes.

3.5. DEFINICIÓN Y MEDICIÓN DE VARIABLES

Las variables se definen por las características físicas y mecánicas del suelo sometido a ensayos en laboratorio, de las cuales se consideran para este proyecto lo siguientes:

VD: Características físicas “LL, LP, IP”.

VD: CBR “%”.

VD: Compactación de suelo “k”

$$\text{CBR}(\%) = \frac{\text{Carga unitaria del Ensayo}}{\text{Carga unitaria Patrón}} * 100 \dots \dots \text{Ecuación 14.}$$

De esta ecuación se puede ver que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón. Los valores de la carga unitaria patrón que deben utilizarse en la ecuación son los siguientes:

Penetración			Carga Unitaria Patrón		
Mm	Cm	Pulg.	Kg/cm ²	MPa	PSI
2.5	0.25	0.10	70.31	6.9	1,000
5.0	0.50	0.20	105.46	10.3	1,500
7.5	0.75	0.30	133.58	13.0	1,900
10.0	1.00	0.40	161.71	16.0	2,300
12.7	1.27	0.50	182.80	18.0	2,600

Figura 25. Carga unitaria de patrón
Fuente: (Pari cusi, 2011)

Para el caso específico de nuestro país, según la EG-2000 el CBR que se usara para el diseño de pavimentos, corresponde al que se determine a una penetración de 2.5 milímetros en un material compactado a la humedad óptima y densidad máxima, saturando la muestra

durante noventa y seis horas (cuatro días). Especificándose además valores mínimos de CBR para los materiales según su uso. Los cuales nos ayudaran a elegir los mejores suelos a fin de construir vías. (Por ejemplo para el caso de bases el CBR mínimo será del 100% y subrasante al 95%)

Los incrementos de características mecánicas del suelo cohesivo son determinados con los ensayos de compactación y el CBR para los porcentajes de adición de cal y cemento por cada tipo de suelo con 2%, 4% y 6%.

3.6. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica usada para la recolección de datos se ha tomado el de observación experimental, de la cual los instrumentos usados fueron las siguientes hojas de registros de datos de acuerdo a la norma ASTM:

GEOTECNIA PUNO			
MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA			
PROYECTO :			
PROGRESIVA :	TESISTAS :		
MUESTRA :	FECHA :		
PROFUND. :			
PERFIL ESTRATIGRAFICO			
DOTA	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION VISUAL	DESCRIPCION FOTOGRAFICA DE LA CALIGATA
0.00			
0.05			
0.10			
0.15			
0.20			
0.25			
0.30			
0.35			
0.40			
0.45			
0.50			
0.55			
0.60			
0.65			
0.70			
0.75			
0.80			
0.85			
0.90			
0.95			
1.00			
1.05			
1.10			
1.15			
1.20			
1.25			
1.30			
1.35			
1.40			
1.45			
1.50			
1.55			
1.60			
1.65			
1.70			
1.75			
1.80			
1.85			
1.90			
1.95			
2.00			
2.05			
2.10			
		NIVEL FREATICO	
COORDENADAS			
N° DE PUNTO DE EXPLORACIÓN			
NORTE			
ESTE			
ALTITUD			

Figura 26. Hoja de datos para estratigrafía del suelo

<p align="center">GEOTECNIA PUNO</p> <p align="center">MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA</p>					
PROYECTO :					
PROGRESIVA :			TESISTAS :		
MUESTRA :			FECHA :		
PROFUND. :					
<p align="center">PROCTOR MODIFICADO</p> <p align="center">(ASTM D-1557)</p>					
ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO					
PESO MOLDE					
PESO SUELO COMPACTADO					
VOLUMEN DEL MOLDE					
DENSIDAD HUMEDA					
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE					
SUELO SECO + RECIPIENTE					
PESO RECIPIENTE					
PESO DE AGUA					
PESO DE SUELO SECO					
CONTENIDO DE HUMEDAD					
DENSIDAD SECA					

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO	
<p>DENSIDAD SECA gr/cc</p>	<p>Max. densidad seca gr/cm³</p> <p>Conten. humedad óptima %</p>

Figura 29. Hoja de datos para el Proctor modificado (ASTM D-1557).

<p align="center">GEOTECNIA PUNO</p> <p align="center">MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA</p>												
PROYECTO :												
PROGRESIVA :						TESISTAS :						
MUESTRA :						FECHA :						
PROFUND. :												
<p align="center">VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)</p> <p align="center">(ASTM D-1883)</p>												
Molde N°	1		2		3							
Capa N°	5		5		5							
Golpes por capa N°	45		25		12							
Condición de la muestra	SIN SUMERGR	SUMERG.	SIN SUMERGR	SUMERG.	SIN SUMERGR	SUMERG.						
Peso molde + suelo húmedo	gr.											
Peso del molde	gr.											
Peso del suelo húmedo	gr.											
Volumen del molde	cc.											
Densidad Humeda	gr./cc											
Humedad	%											
Densidad seca	gr./cc											
Tarro N°												
Tarro suelo húmedo	gr.											
Tarro suelo seco	gr.											
Agua	gr.											
Peso del Tarro	gr.											
Peso del suelo seco	gr.											
Humedad	%											
Promedio de la humedad	%											
ENSAYO EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION				
				m.m. %		m.m. %		m.m. %				
PENETRACION												
PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	
Tiempo	mm	sig	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	
0.30	0.600	0.25										
1.00	1.300	0.50										
1.30	1.900	0.075										
2.00	2.500	0.100										
3.00	3.800	0.150										
4.00	5.000	0.200										
5.00	6.000	0.250										
6.00	7.500	0.300										
8.00	10.000	0.400										
10.00	12.500	0.500										

Figura 30. Hoja de datos para el valor relativo de soporte (CBR) (ASTM D-1883).

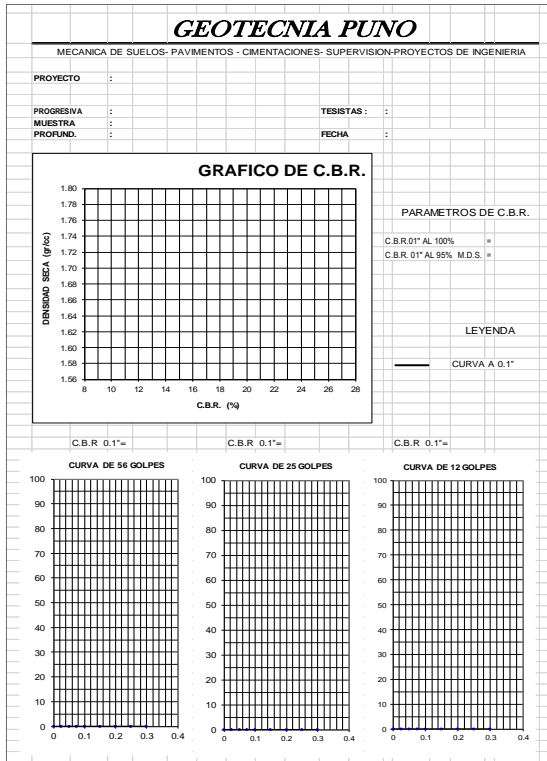


Figura 31. Hoja de gráficos para el valor relativo de soporte (CBR) (ASTM D-1883).

		NOMBRE DE PROYECTO	*ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA*										
Fecha (D.M.A): _____		Estación de Aforo: _____	Esquema										
Condición Climática: _____		Movimientos Aforados : _____	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>										
Aforador: _____		Hoja _____ de _____											
Coordinador: _____		Hora de Inicio : _____	Hora Final : _____										
PER	MOV	TAXIS	COMBIS	BUS INTERNO	BUS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	Motos	OBSERVACIONES	

Figura 32. Aforo vehicular.

3.7. CAMPO DE ESTUDIO

El estudio de campo es del tipo de nivel exploratorio donde se definen en:

Descubrir variables significativas en la situación de campo (in situ).

Descubrir relaciones entre variables.

Establecer las bases para una comprobación posterior, más sistemática y rigurosa. La adición y la colocación de refuerzos en los suelos cohesivos.

De la exploración de campo se obtuvieron lo siguiente:

Tabla 04.

Calicata N° 01.

DESCRIPCIÓN	DATOS
Coordenadas UTM	E 374258 N 8284566
Profundidad de exploración	1.65m.
Nivel de la capa freática	NE
Tipo de suelo requerido	ML
Profundidad de muestra inalterada (CBR)	1.52m.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 05.

Calicata N° 02.

DESCRIPCIÓN	DATOS
Coordenadas UTM	E 374034 N 8284546
Profundidad de exploración	1.50m.
Nivel de la capa freática	1.30m.
Tipo de suelo requerido	Arena
Profundidad de muestra inalterada (CBR)	NR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 06.

Calicata N° 03.

DESCRIPCIÓN	DATOS
Coordenadas UTM	E 373837 N 8284518
Profundidad de exploración	1.50m.
Nivel de la capa freática	1.40m.
Tipo de suelo requerido	Arena
Profundidad de muestra inalterada (CBR)	NR

Fuente: Elaboración propia

Tabla 07.

Calicata N° 04.

DESCRIPCIÓN	DATOS
Coordenadas UTM	E 373523 N 8284472
Profundidad de exploración	1.95m.
Nivel de la capa freática	1.85m.
Tipo de suelo requerido	SC
Profundidad de muestra inalterada (CBR)	1.70m.

Fuente: Elaboración propia

De las exploraciones halladas se procedió a ensayos de laboratorio de acuerdo al ítem 3.6 y al proceso de estabilización con cal y cemento. Por la cual se procede a un diseño de espesores del pavimento flexible con el suelo encontrado en campo, con la adición de cal y cemento y con el refuerzo de geomalla y geotextil.

3.8. ANÁLISIS DEL TIPO DE SUELO

Se ha seguido el proceso de identificación del tipo de suelo según la norma MTC para estabilización de suelos.

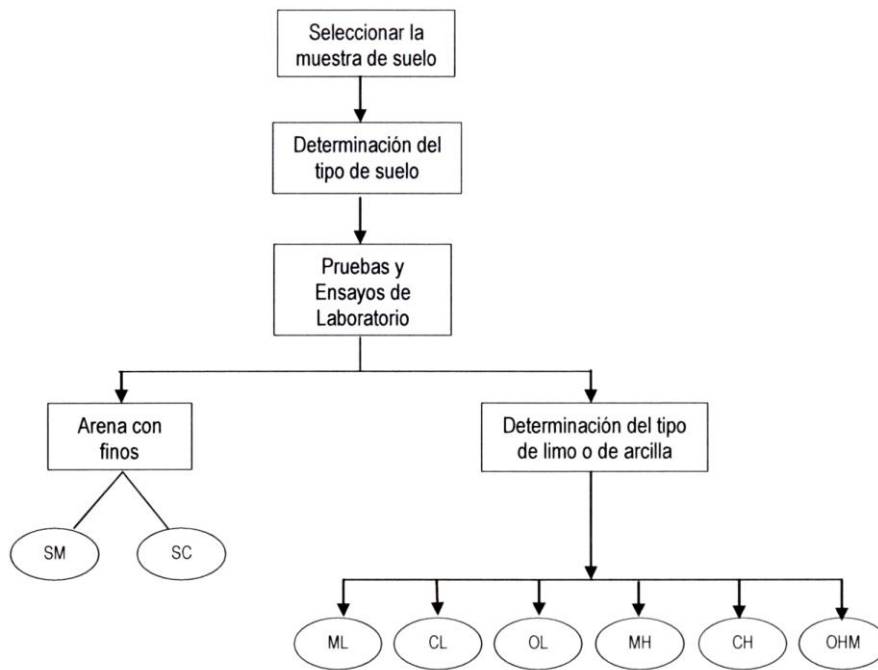


Figura 33. Identificación de tipo de suelo

Fuente: MTC (Manual de carretera)

Con la clasificación del suelo de los puntos de exploración obtenidos se determinaron un suelo ML y un SC, según SUCS de cual la MTC recomienda el tipo de estabilización como muestra la Figura 34.

Área	Clase de suelo	Tipo de Estabilizador Recomendado		Restricción en LL e IP del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1)	Asfalto			
		(2)	Cemento Portland			
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2)	Cemento Portland	(b)		
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1)	Asfalto			Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 B	GW - GM o GP - GM o GW - GC o GP-GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10		Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 C	GM o GC o GM - GC	(1)	Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solamente material bien graduado.
		(2)	Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la Malla N° 4.
		(3)	Cal	IP no menor de 12		
		(4)	Cal-Cemento-Ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o MI-CL	(1)	Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios
		(2)	Cal	IP no menor de 12		

Figura 34. Guía Referencial para la selección del tipo de estabilización.

Fuente: MTC (Manual de carreteras).

a. Ensayo de CBR sobre muestras inalteradas (MTC E 132)

Esta prueba es aplicable básicamente para estudios para suelos cohesivos, ya que los suelos granulares se desmoronan y se saldrían del molde en el momento de extraerlos de campo. Por consiguiente se ha considerado el estudio en dos puntos de exploración (C-01 y C-04), donde la cual se encontró suelos cohesivos.

Las muestras fueron talladas en los moldes de CBR in situ y luego aisladas e impermeabilizadas con bolsas y cinta adhesiva para su ensayo en laboratorio.

b. Ensayo de CBR sobre muestra combinada con cal y cemento.

Esta prueba es aplicable para la estabilización del suelo fino cohesivo encontrados en la C-01 y C-04 con la combinación del 2%, 4% y 6% en relación al peso de la muestra moldeada

3.9. MÉTODO ESTADÍSTICO

3.9.1. Análisis de varianza

Se utilizó este método debido a que es un método para comparar dos o más medias, donde comparamos las cuatro calicatas de acuerdo a los estudios y resultados del “CBR” obtenidos del laboratorio de suelos.

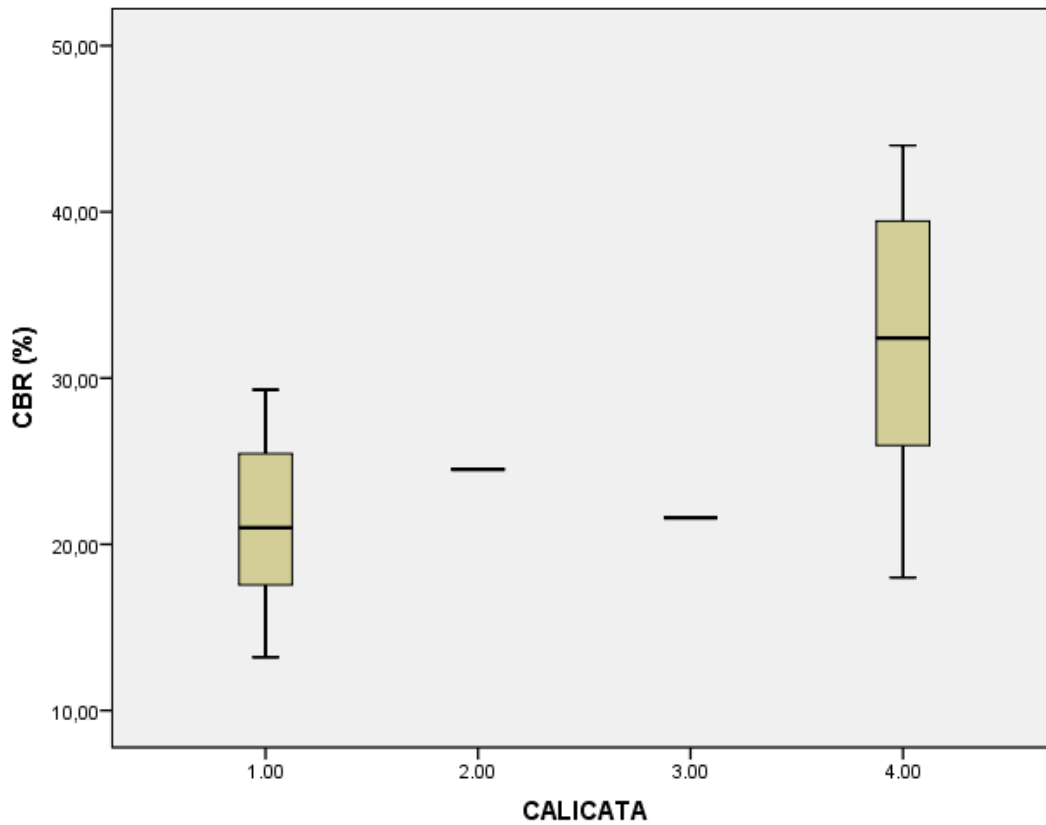


Figura 35. Análisis de varianza entre las calicatas.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al grafico podemos interpretar que la calicata número uno y cuatro incrementa su “CBR” debido a la adicción de cal y cemento, esto debido a que eran suelos cohesivos y se tenía que estabilizar el suelo, en cambio en la calicata dos y tres no se adiciono cal y cemento esto debido a su alto “CBR” y por ende no se tenía que estabilizar el suelo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se dan a conocer los resultados obtenidos de las cuatro calicatas con y sin estabilización con cal y cemento. Donde se comienza por caracterizar el suelo, seguidamente el análisis granulométrico, límites de atterberg, compactación (proctor modificado) y la prueba de CBR.

4.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL Y ESTABILIZADO CON CAL Y CEMENTO.

CALICATA N°	PROGRESIVA	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD	DENSIDAD		CBR	
				SECA	HUMEDAD OPTIMA	0.1"	
				gr/cm ³	%	95%	100%
C-01	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.740	17.60	13.20	20.30
C-01 (CEM. 2%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.751	19.20	17.60	23.00
C-01 (CEM. 4%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.780	21.70	21.00	28.10
C-01 (CEM. 6%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.780	21.00	29.30	36.90
C-01 (CAL 2%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.781	18.50	18.40	24.80
C-01 (CAL 4%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.800	20.00	23.40	30.00
C-01 (CAL 6%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m	1.822	19.20	27.50	39.20
C-02	Km 0+250	M-2	0.00-1.50m	2.012	7.50	24.50	34.90
C-03	Km 0+500	M-3	0.00-1.50m	1.992	10.30	21.60	30.60
C-04	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.801	14.00	18.00	22.40
C-04 (CEM. 2%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.825	14.80	26.90	30.60
C-04 (CEM. 4%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.840	16.60	37.40	45.90
C-01 (CEM. 6%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.860	16.80	44.00	53.20
C-01 (CAL 2%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.820	15.30	25.00	33.20
C-01 (CAL 4%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.830	16.50	32.40	40.40
C-01 (CAL 6%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m	1.850	16.80	41.50	51.70

Figura 36. Resumen de resultados número 1.
Fuente: Elaboración propia.

CALICATA N°	PROGRESIVA	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD	GRANULOMETRIA- PORCENTAJE QUE PASA											CONTENIDO DE HUMEDAD	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN SUCS		CLASIFICACIÓN AASHTO	
				3/4"	1/2"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	%	LL		LP	IP	SIMB.	NOMBRE	GRUPO	TIPO DE MATERIAL	
C-01 (Natural)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	100	94.59	85.88	68.16	53.45	28.23	37.11%	26.29%	10.82%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-01 (CEM. 2%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	97.99	94.63	91.27	71.81	56.37	10.23	31.29%	24.27%	7.02%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-01 (CEM. 4%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	98.88	96.79	93.44	74.72	63.41	11.59	29.72%	25.06%	4.66%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-01 (CEM. 6%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	96.83	92.83	88.98	78.87	70.73	11.99	26.91%	25.82%	1.09%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-01 (CAL 2%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	99.8	98.41	95.23	87.28	70.58	14.12	34.59%	27.36%	7.23%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-01 (CAL 4%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	99	95.78	92.79	86.03	79.71	12.53	31.95%	27.70%	4.25%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-01 (CAL 6%)	Km 0+00	M-1	0.00-1.50m		100	100	100	99.58	98.73	98.14	90.52	85.06	14.94	26.93%	25.08%	1.85%	ML	Limo Inorgánico	A-4(0)	Suelo Limoso		
C-02 (Natural)	Km 0+250	M-2	0.00-1.50m		100	100	98.44	90.63	72.08	37.90	11.92	8.4	11.13	26.86%	NT	NT	SP-SM	Arenas limosas mal graduadas	A-1-b(0)	Arena Fina		
C-03 (Natural)	Km 0+500	M-3	0.00-1.50m		100	100	89.53	79.3	65.58	43.02	9.3	6.04	10.7	25.67%	NT	NT	SP-SM	Arenas limosas mal graduadas	A-1-b(0)	Arena Fina		
C-04 (Natural)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	98.6	91.58	74.91	44.21	20.88	17.72	12.11	36.69%	27.55%	9.15%	SC	Arena Arcillosa	A-6(1)	Suelo Arcilloso		
C-04 (CEM. 2%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	95.88	85.95	72.03	48.79	29.78	23	13.2	32.81%	27.74%	5.07%	SC	Arena Arcillosa	A-6(1)	Suelo Arcilloso		
C-04 (CEM. 4%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	94.54	86.71	71.31	52.38	36.71	29.4	10.39	29.10%	26.74%	2.36%	SM	Arena Limosa	A-2-4	Suelo Arcilloso		
C-01 (CEM. 6%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	94.63	86.83	72.52	54.65	40.49	33.6	8.86	24.15%	0.00%	0.00%	SM	Arena Limosa	A-2-4	Suelo Arcilloso		
C-01 (CAL 2%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	98.25	91.67	76.76	49.86	30.12	24.86	14.62	32.32%	28.12%	4.20%	SC	Arena Arcillosa	A-6(1)	Suelo Arcilloso		
C-01 (CAL 4%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	96.29	89.47	72.48	50.47	33.48	27.74	14.35	28.41%	26.20%	2.21%	SM	Arena Limosa	A-2-4	Suelo Arcilloso		
C-01 (CAL 6%)	Km 0+750	M-4	0.00-1.50m		100	100	94.49	88.36	74.68	57.1	42.18	34.28	11.1	25.79%	0.00%	0.00%	SM	Arena Limosa	A-2-4	Suelo Arcilloso		

Figura 37. Resumen de resultados número 1.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CEMENTO DE LA CALICATA N° 01

El propósito de mezclar cal y cemento es obtener resultados de granulometría pasante n° 200 donde nos indica cuyo porcentaje de finos que pasan, donde también es reducir la plasticidad, para lo cual también evaluamos la resistencia mediante relación directa con la compactación de suelos (Proctor modificado) obtenida y a la humedad óptima, además donde se incrementó el CBR de los suelos estudiados.

A continuación presentamos los resultados obtenidos de las mezclas de suelo con cal y cemento en diferentes porcentajes, se evaluarán los cambios sufridos en el suelo al adicionarle cal y cemento, se utilizaron porcentajes de 2, 4, 6%, donde se desea obtener el porcentaje óptimo que mejore las propiedades del suelo.

4.2.1. Granulometría.

Los resultados obtenidos de la granulometría de la malla paste N°200, se muestra en la siguiente figura 38. donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 53.45% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que aumente el porcentaje que pasa por la malla N° 200, el cal tiene mayor porcentaje pasante como se puede ver en la figura 38.

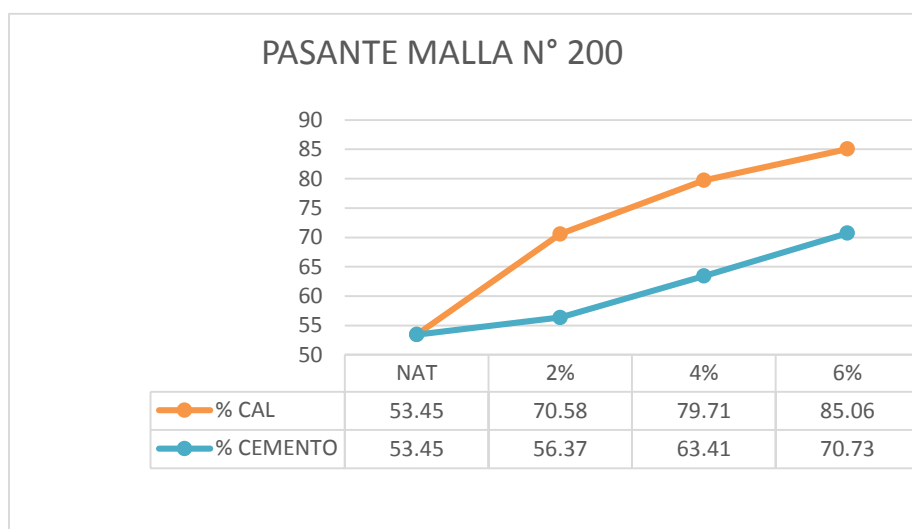


Figura 38. Comportamiento de la malla pasante N°200 con la adición de cal y cemento C-1.

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Límites atterberg

Los ensayos fueron realizado de acuerdo a la guía de laboratorio de suelos, donde nos explica en el al Cap. II.

Los resultados obtenidos del límite líquido, se muestra en la siguiente figura 39, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 37.11% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento tienen diferentes reacciones, con el cal sube su límite líquido con el 2% de adicción y seguidamente baja con el 4% y 6%, donde en cambio

el cemento baja su porcentaje con la adición de 2%, 4% y 6% como se puede ver en la figura 39.

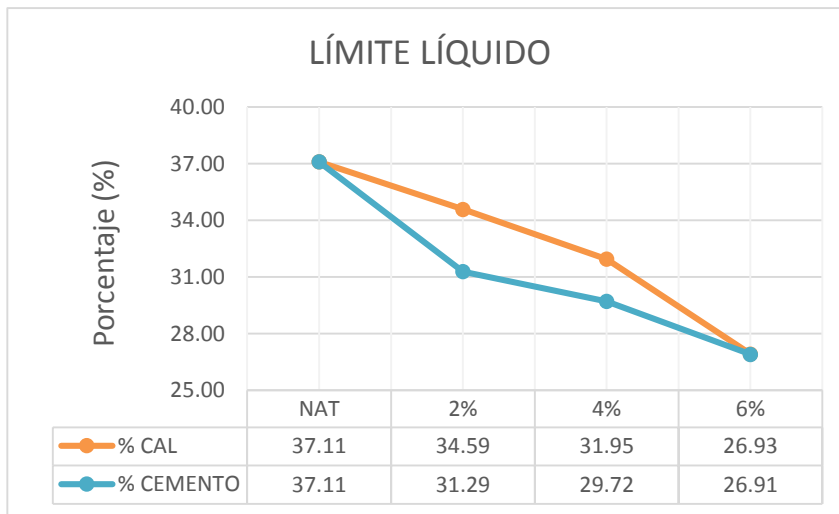


Figura 39. Comportamiento del límite líquido con la adición de cal y cemento C-1.
Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos del Índice de plasticidad, se muestra en la siguiente figura 40, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 10.82% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que disminuya el índice de plasticidad con la adición de 2%, 4% y 6%, como se puede ver en la figura 40.

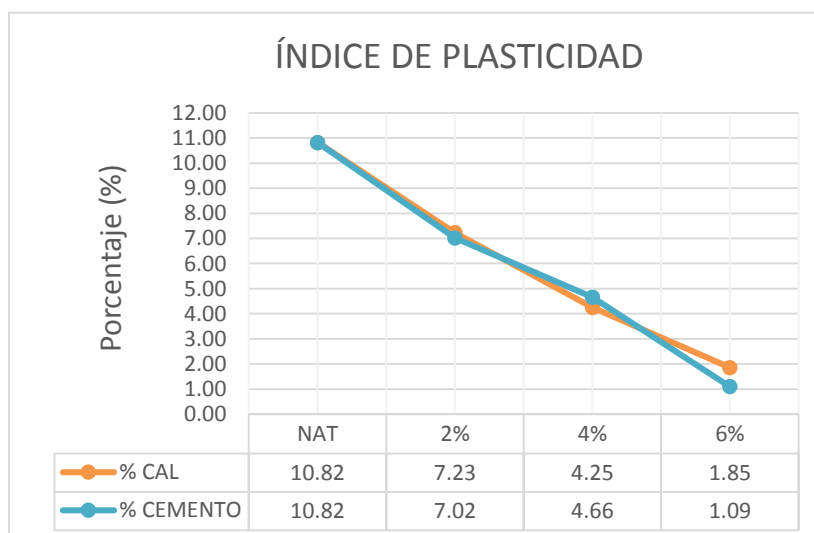


Figura 40. Comportamiento de Índice de plasticidad con la adición de cal y cemento C-1.
Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Compactación de suelos (Proctor Modificado)

Los ensayos fueron realizado de acuerdo a la guía de laboratorio de suelos, donde nos explica en el al Cap. II.

Los resultados obtenidos de la humedad optima (compactación de suelos), se muestra en la siguiente figura 41, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 17.60% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que aumente la humedad optima con la adición de 2%, 4% y con en el 6% disminuye, como se puede ver en la figura 41.

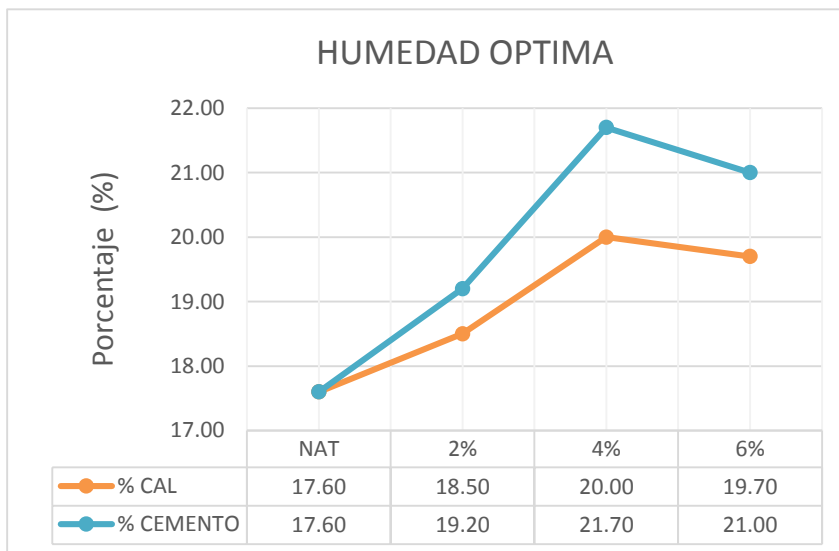


Figura 41. Comportamiento de la humedad optima con la adición de cal y cemento C-1.
Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la densidad seca (compactación de suelos), se muestra en la figura 42, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 1.740 gr/cm³ donde al adicionarle los porcentajes 2%, 4% Y 6% de cal y cemento aumenta la densidad seca como se puede ver en la figura 42.

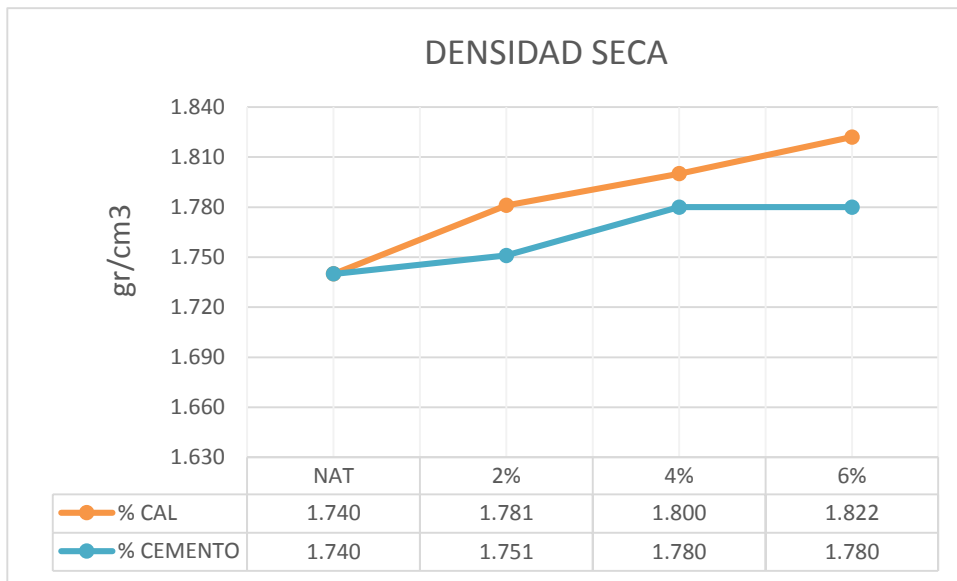


Figura 42. Comportamiento de la densidad seca con la adición de cal y cemento C-1
 Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Valor relativo de soporte (CBR)

Los ensayos fueron realizado de acuerdo a la guía de laboratorio de suelos, donde nos explica en el al Cap. II.

Los resultados obtenidos del valor relativo de soporte (CBR) al 95%, se muestra en la siguiente figura 43, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 13.20% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que aumente el CBR al 95% con la adición de 2%, 4% y 6%, como se puede ver en la figura 43.

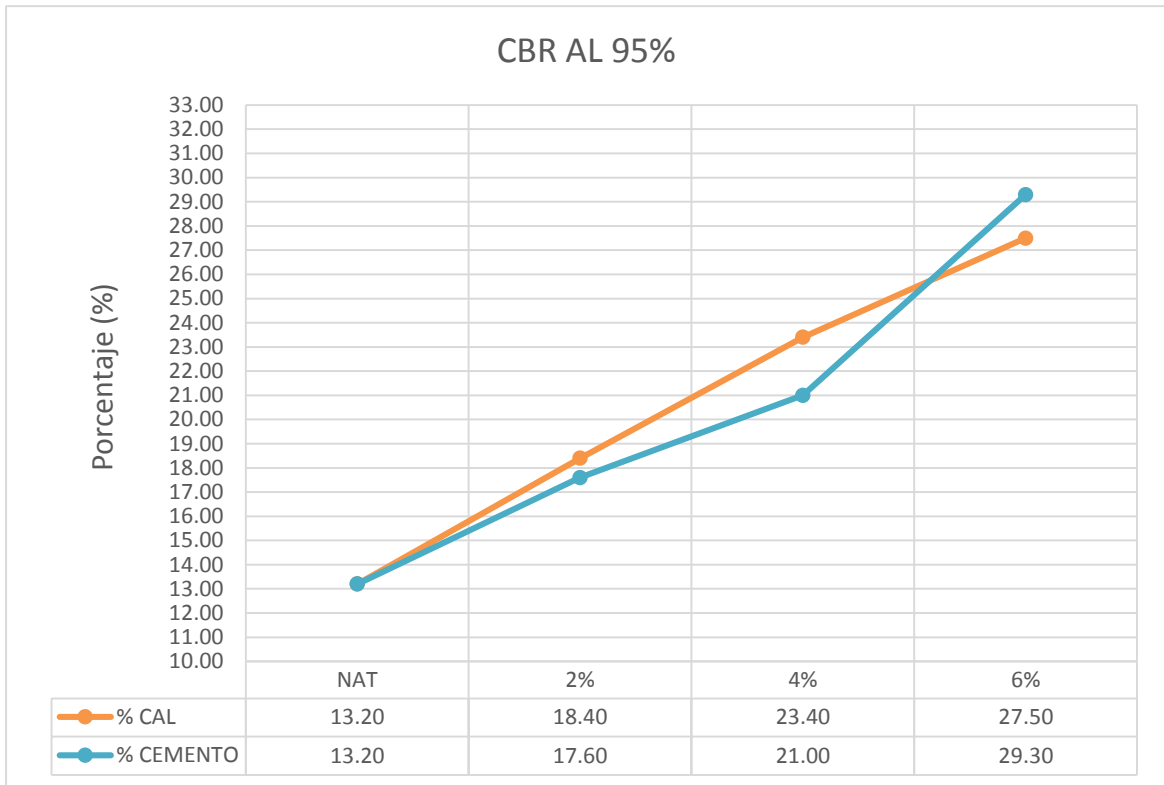


Figura 43. Comportamiento de la humedad óptima con la adición de cal y cemento C-1.
Fuente: elaboración propia.

4.3. ESTABILIZACIÓN CON CAL Y CEMENTO DE LA CALICATA N° 04

A continuación presentamos los resultados obtenidos de las mezclas de suelo con cal y cemento en diferentes porcentajes de la calicata, se evaluarán los cambios sufridos en el suelo al adicionarle cal y cemento se utilizaron porcentajes de 2%, 4%, 6%, se desea obtener el porcentaje adecuado que mejore las propiedades del suelo y sea capaz de hacer cumplir al suelo con la norma especificada.

4.3.1. Granulometría.

Los resultados obtenidos de la granulometría de la malla paste N°200, se muestra en la siguiente figura 44, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 17.72% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que aumente el porcentaje que pasa por la malla N° 200, el cal tiene mayor porcentaje pasante como se puede ver en la figura 44.

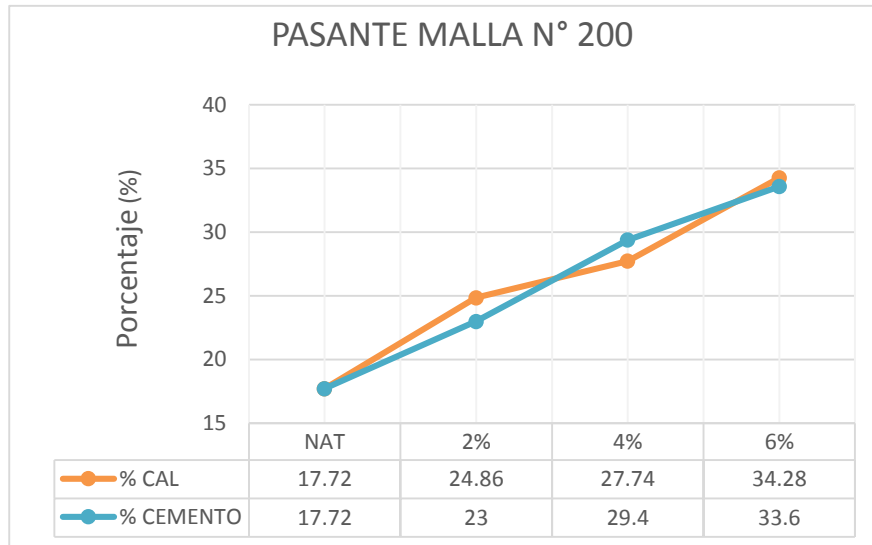


Figura 44. Comportamiento de la malla pasante N°200 con la adición de cal y cemento C-4.

Fuente: elaboración propia

4.3.2. Límites atterberg

Los ensayos fueron realizado de acuerdo a la guía de laboratorio de suelos, donde nos explica en el al Cap. II.

Los resultados obtenidos del límite líquido, se muestra en la siguiente figura 45, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 36.69% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que baje el porcentaje del límite líquido con la adición de 2%, 4% y 6% como se puede ver en la figura 45.

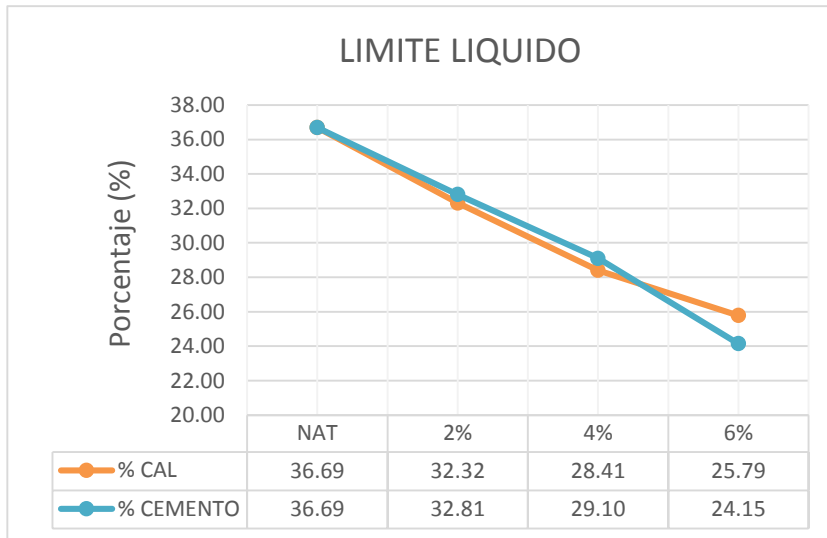


Figura 45. Comportamiento del límite líquido con la adición de cal y cemento C-4.
Fuente: elaboración propia

Los resultados obtenidos del Índice de plasticidad, se muestra en la siguiente figura 46, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 9.14% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que disminuya el índice de plasticidad con la adición de 2%, 4% y 6%, como se puede ver en la figura 46.

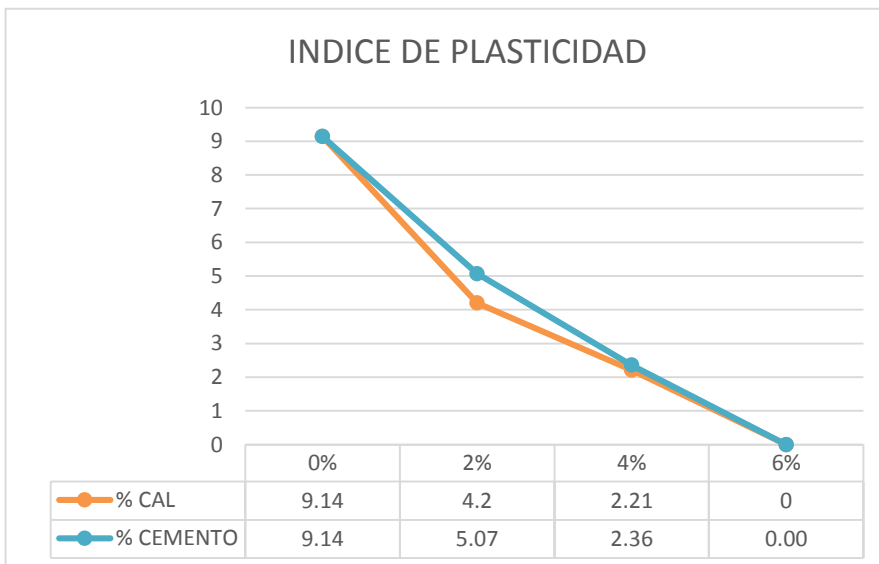


Figura 46. Comportamiento de Índice de plasticidad con la adición de cal y cemento C-4.
Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Compactación de suelos (Proctor Modificado)

Los ensayos fueron realizado de acuerdo a la guía de laboratorio de suelos, donde nos explica en el al Cap. II.

Los resultados obtenidos de la humedad optima (compactación de suelos), se muestra en la siguiente figura 47, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 17.60% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que aumente la humedad optima con la adición de 2%, 4% y 6%, como se puede ver en la figura 47.

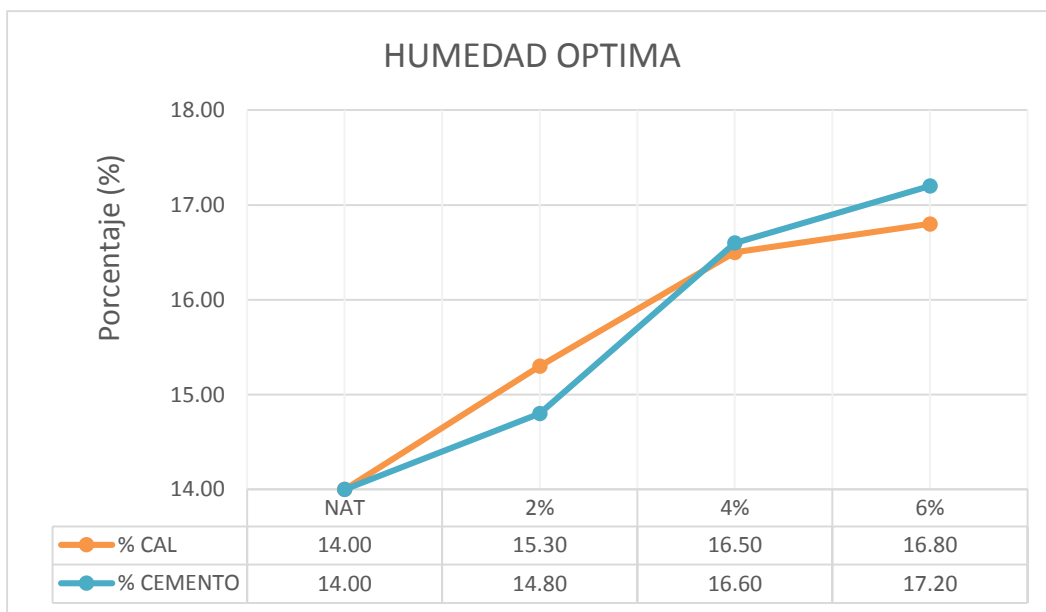


Figura 47. Comportamiento de la humedad optima con la adición de cal y cemento C-4.
Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos de la densidad seca (compactación de suelos), se muestra en la siguiente figura 48, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 1.801 gr/cm³ donde al adicionarle los porcentajes 2%, 4% Y 6% de cal aumenta la densidad seca aumenta la densidad y al adicionarle cemento estos ayudan a que aumente la densidad seca con la adición de 2% y 4% y en el 6 % disminuye la densidad como se puede ver en la figura 48.

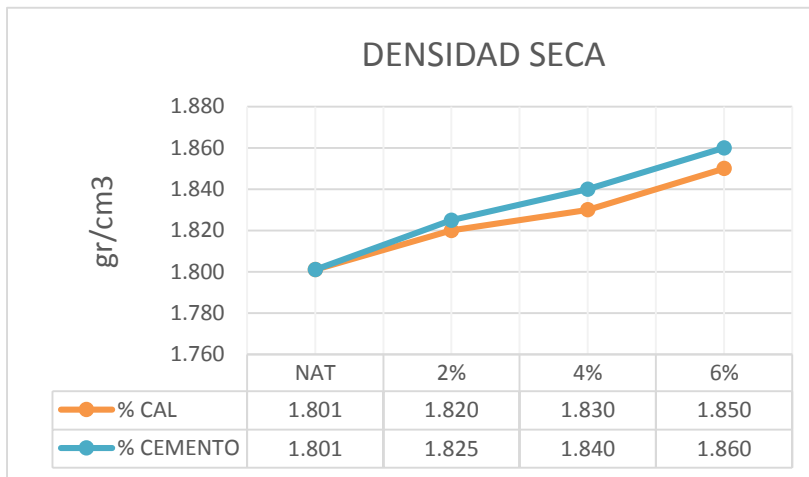


Figura 48. Comportamiento de la densidad seca con la adición de cal y cemento C-4
Fuente: Elaboración propia.

4.3.4. Valor relativo de soporte (CBR)

Los ensayos fueron realizado de acuerdo a la guía de laboratorio de suelos, donde nos explica en el al Cap. II.

Los resultados obtenidos del valor relativo de soporte (CBR) al 95%, se muestra en la siguiente figura 49, donde podemos visualizar que tenemos como resultado en el suelo natural un 18.00% donde al adicionarle los porcentajes de cal y cemento estos ayudan a que aumente el CBR al 95% con la adición de 2%, 4% y 6%, como se puede ver en la figura 49.

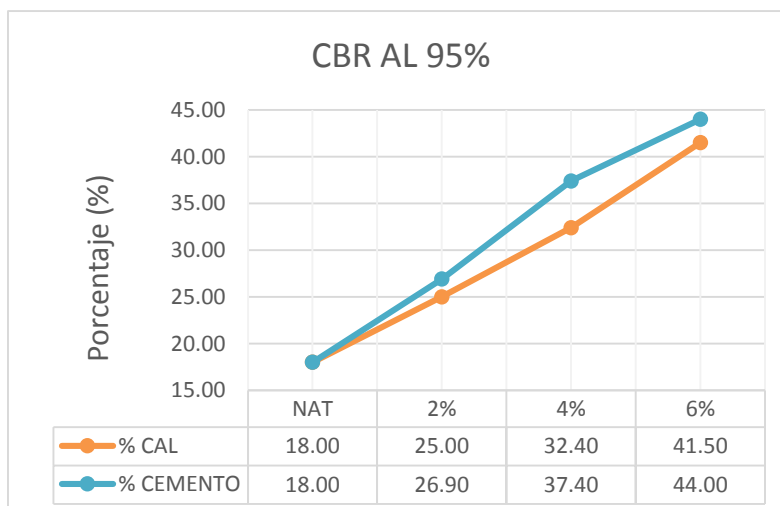


Figura 49. Comportamiento de la humedad optima con la adición de cal y cemento C-4.
Fuente: elaboración propia.

4.4.OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CAL.

4.4.1. Índice de plasticidad C-1

Para el cálculo del porcentaje óptimo el índice de plasticidad debería ser menor al 10%.

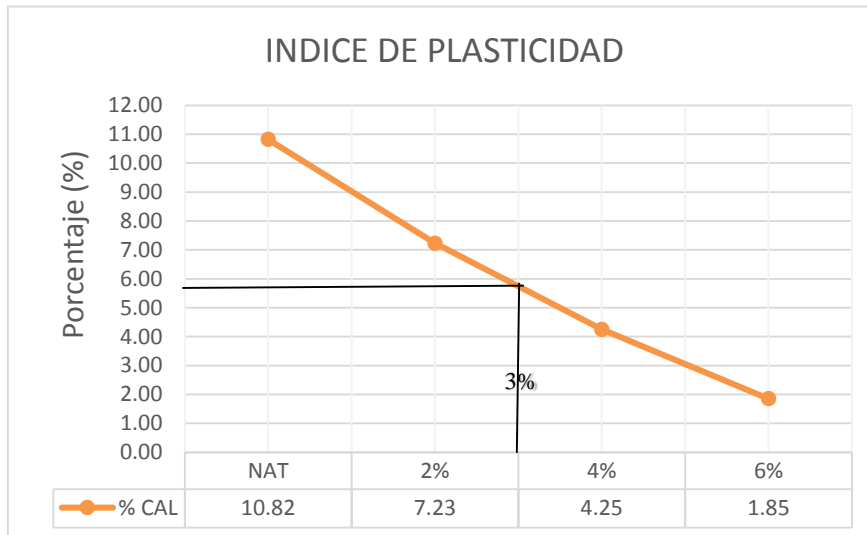


Figura 50. Porcentaje óptimo de índice de plasticidad C-1

Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 3% nos da como resultado el 5.80% de Índice de plasticidad.

4.4.2. Densidad seca C-1

Para el cálculo del porcentaje óptimo de la densidad debemos tomar dato hallado del CBR e Índice de plasticidad.

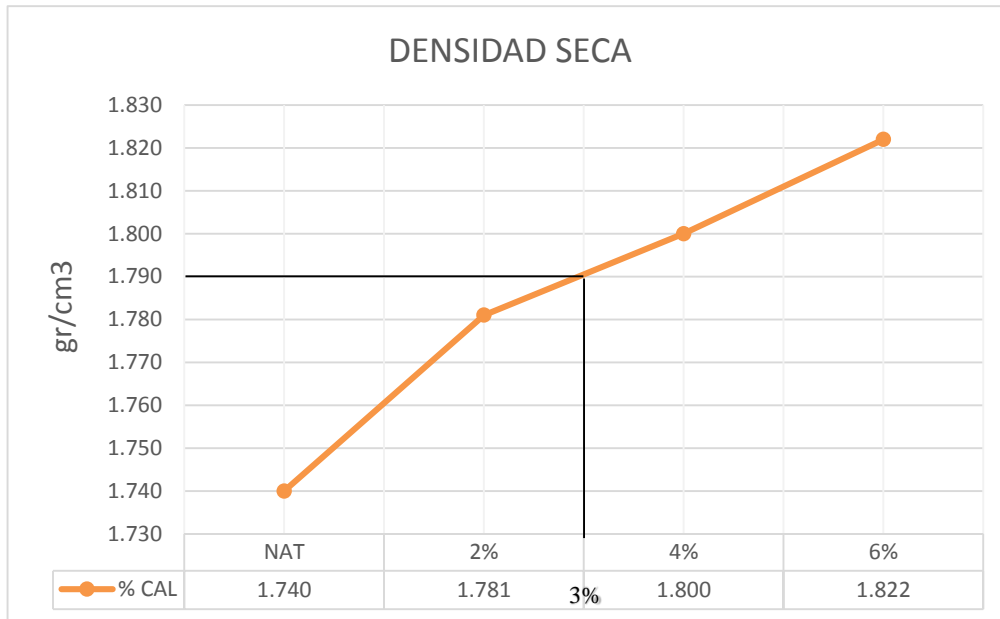


Figura 51. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-1
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 3% nos da como resultado el 1.790 gr/cm³ de Densidad seca.

4.4.3. CBR AL 95%

Para el cálculo del porcentaje óptimo del CBR al 95% debería ser mayor al 20%.

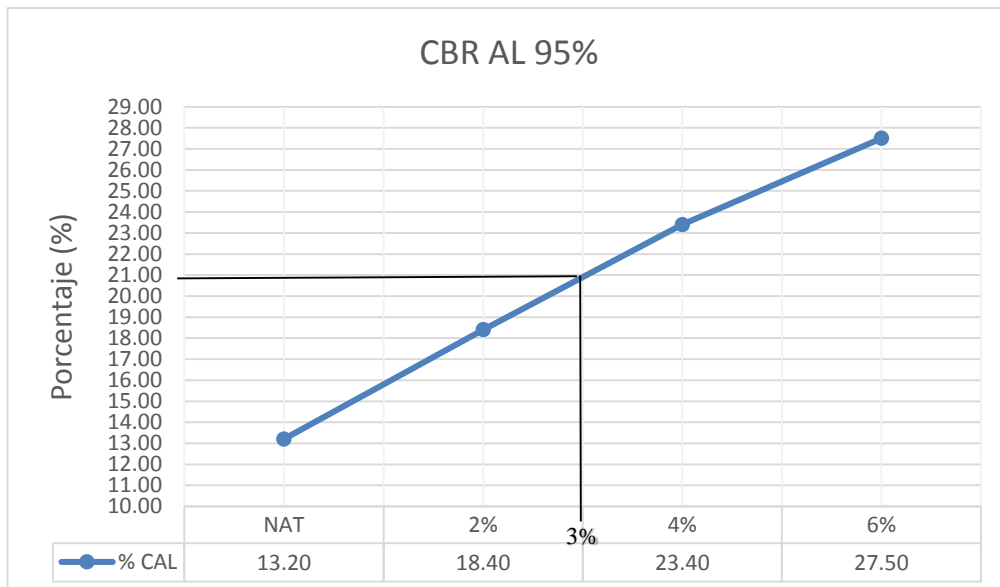


Figura 52. Porcentaje óptimo de CBR AL 95% C-1
Fuente: Elaboración propia

Donde al trazar la línea de intersección con el 3% nos da como resultado el 21.00 % de CBR al 95%.

4.4.4. Índice de plasticidad C-4

Para el cálculo del porcentaje óptimo el índice de plasticidad debería ser menor al 10%.

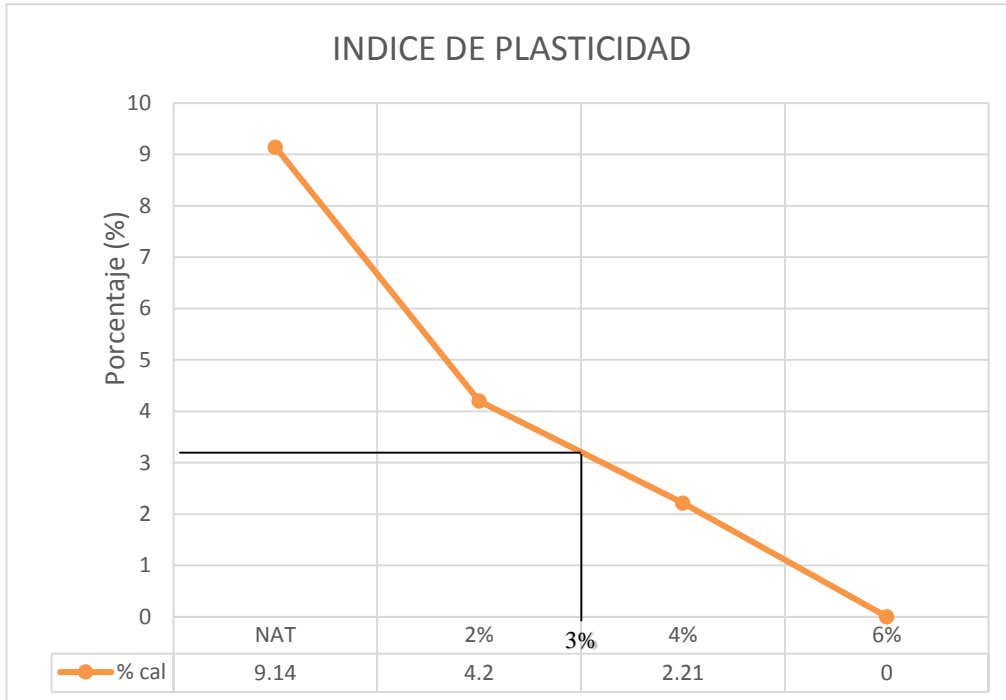


Figura 53. Porcentaje óptimo del Índice de plasticidad C-4
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 3% nos da como resultado el 3.10% de Índice de plasticidad.

4.4.5. Densidad seca C-4

Para el cálculo del porcentaje óptimo de la densidad debemos tomar dato hallado del CBR e Índice de plasticidad.

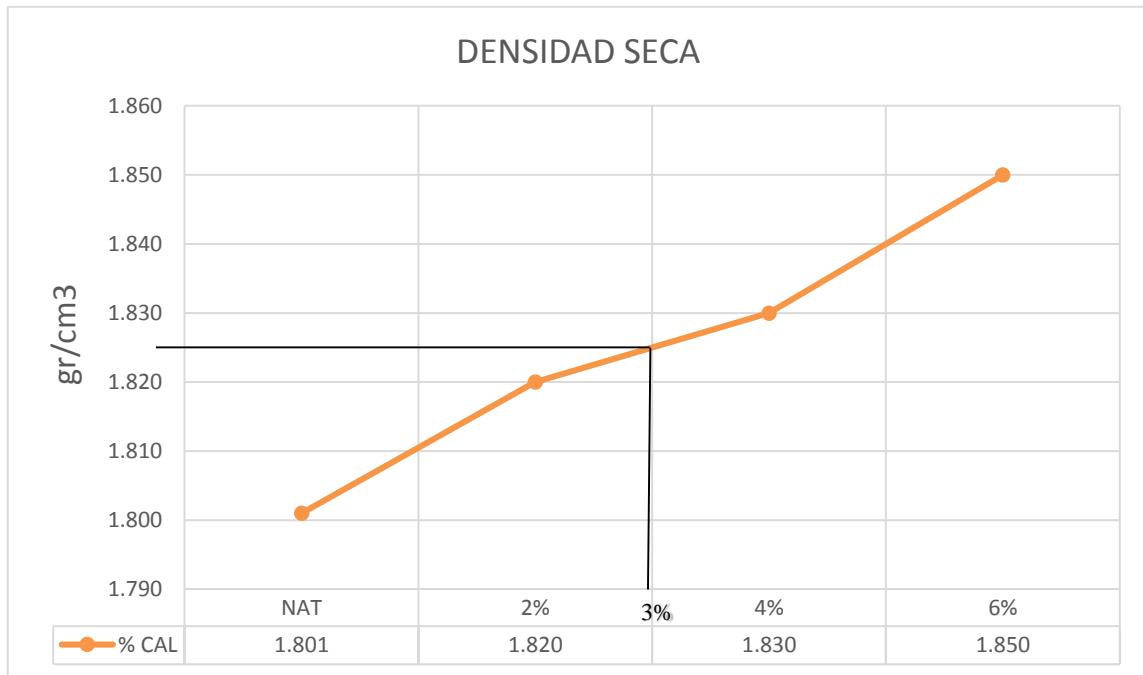


Figura 54. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-4.
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 3% nos da como resultado el 1.825 gr/cm³ de Densidad seca.

4.4.6. CBR al 95% C-4

Para el cálculo del porcentaje óptimo del CBR al 95% debería ser mayor al 20%.

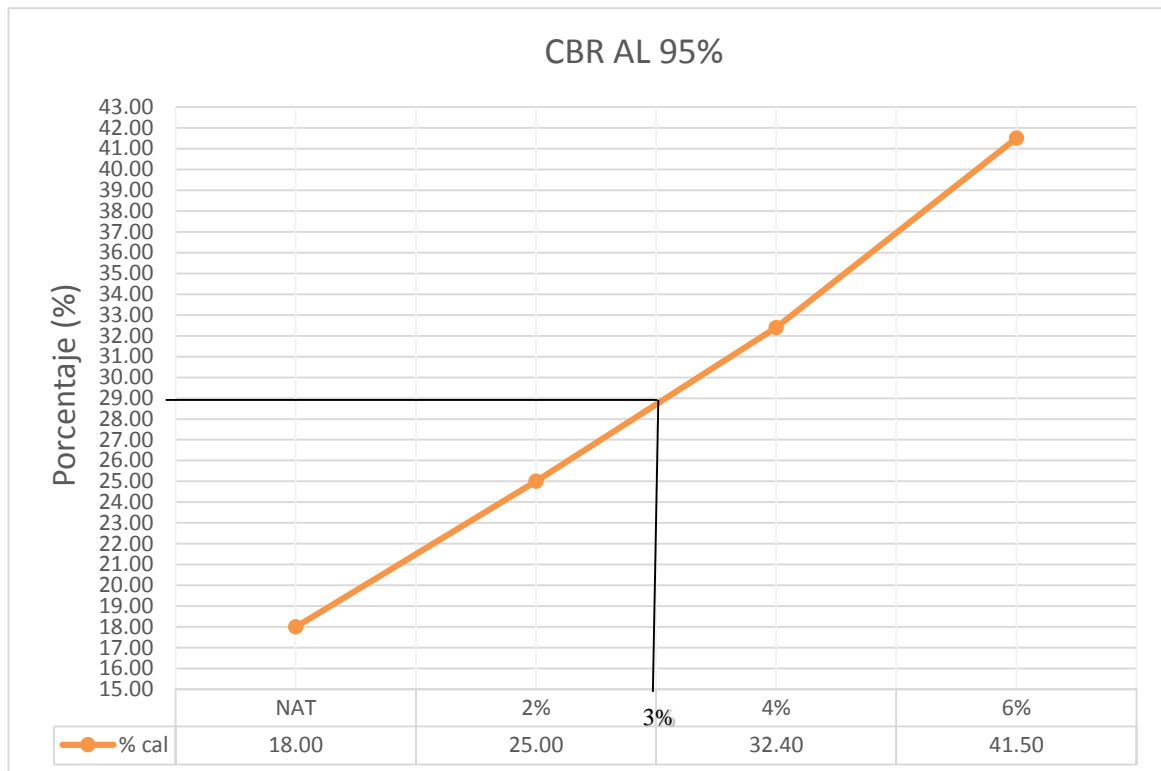


Figura 55. Porcentaje óptimo de CBR AL 95% C-4.

Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 3% nos da como resultado el 29.00 % de CBR al 95%.

4.5. OBTENCIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CEMENTO.

4.5.1. Índice de plasticidad C-1

Para el cálculo del porcentaje óptimo el índice de plasticidad debería ser menor al 10%.

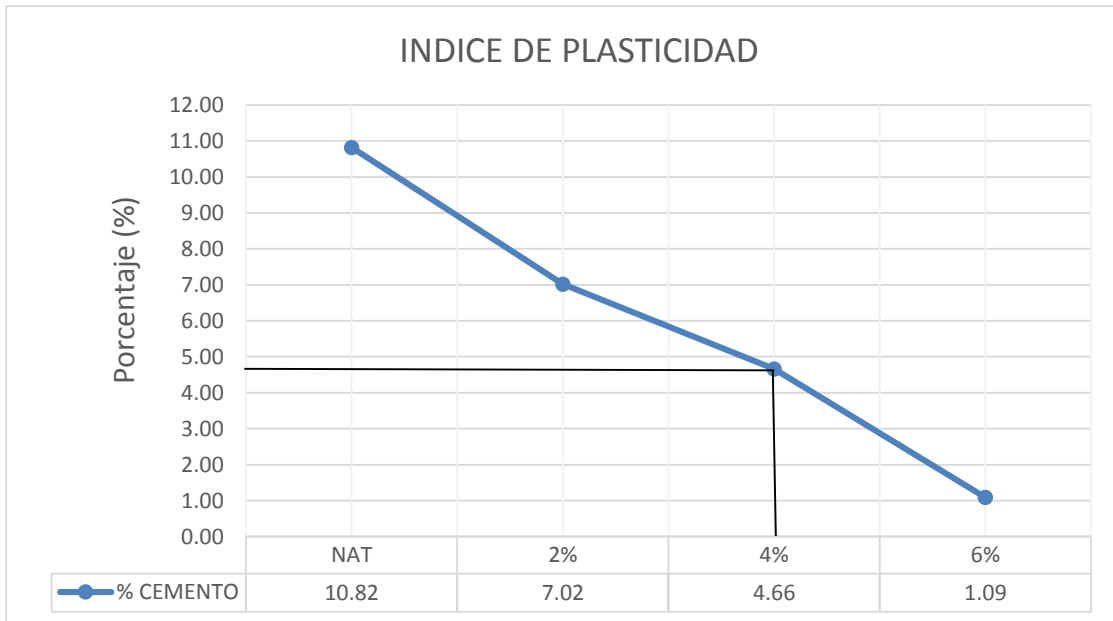


Figura 56. Porcentaje óptimo del índice de plasticidad C-1
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 4% nos da como resultado el 4.66% de Índice de plasticidad.

4.5.2. Densidad seca C-1

Para el cálculo del porcentaje óptimo de la densidad debemos tomar dato hallado del CBR e Índice de plasticidad.

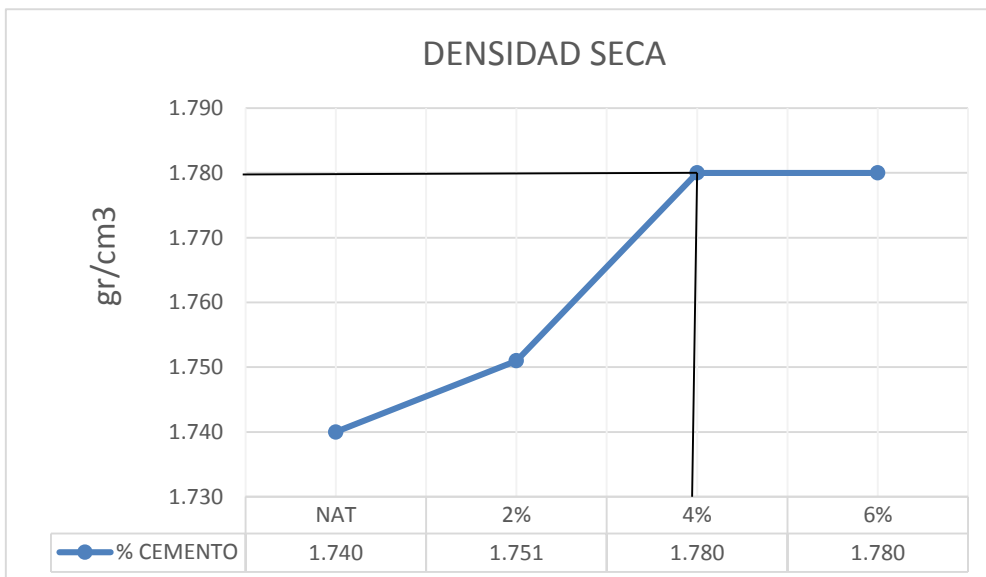


Figura 57. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-1
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 4% nos da como resultado el 1.780 gr/cm³ de Densidad seca.

4.5.3. CBR AL 95% C-1

Para el cálculo del porcentaje óptimo del CBR al 95% debería ser mayor al 20%.

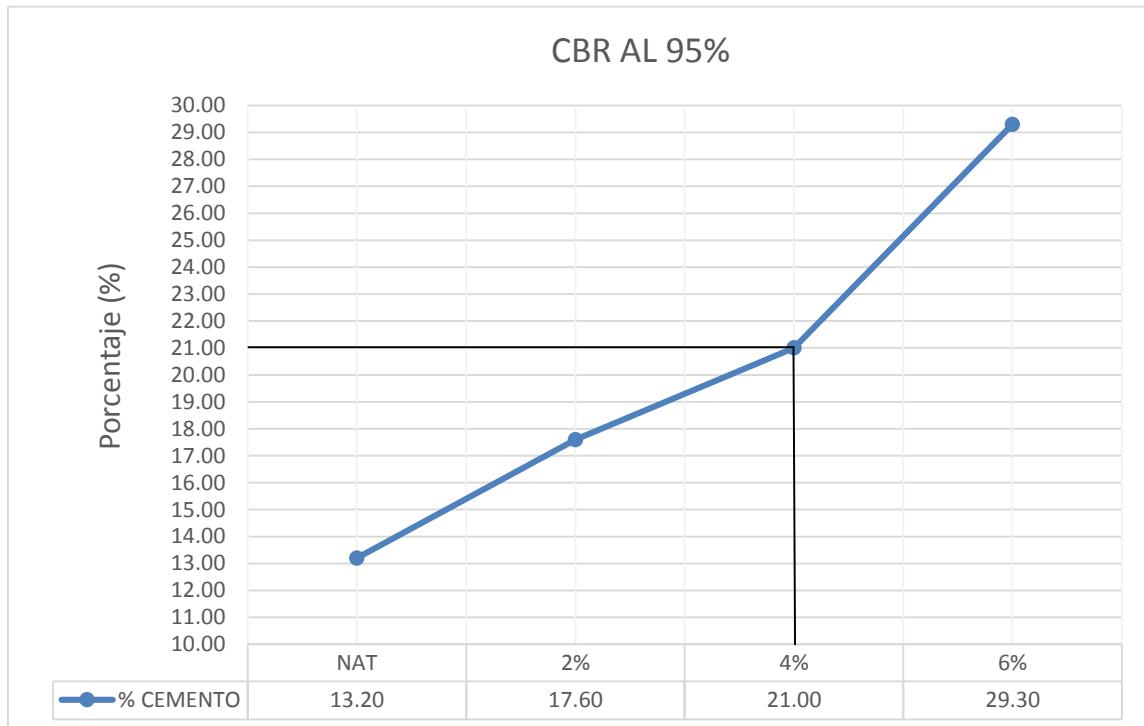


Figura 58. Porcentaje óptimo del CBR al 95% C-1.

Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 4% nos da como resultado el 21.00 % de CBR al 95%.

4.5.4. Índice de Plasticidad C-4

Para el cálculo del porcentaje óptimo el índice de plasticidad debería ser menor al 10%.

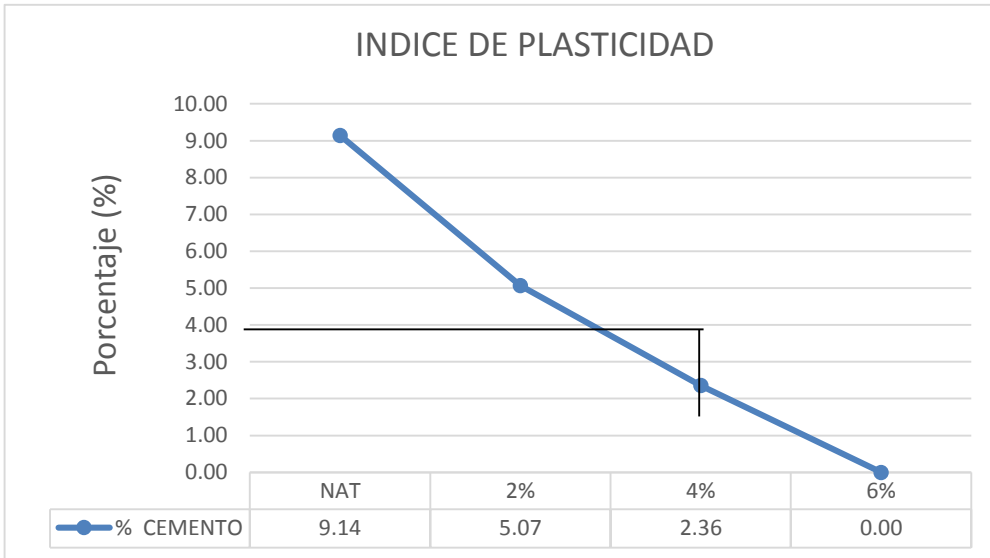


Figura 59. Índice de plasticidad C-4.
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 4% nos da como resultado el 2.36% de Índice de plasticidad.

4.5.5. Densidad seca C-4

Para el cálculo del porcentaje óptimo de la densidad debemos tomar dato hallado del CBR e Índice de plasticidad.

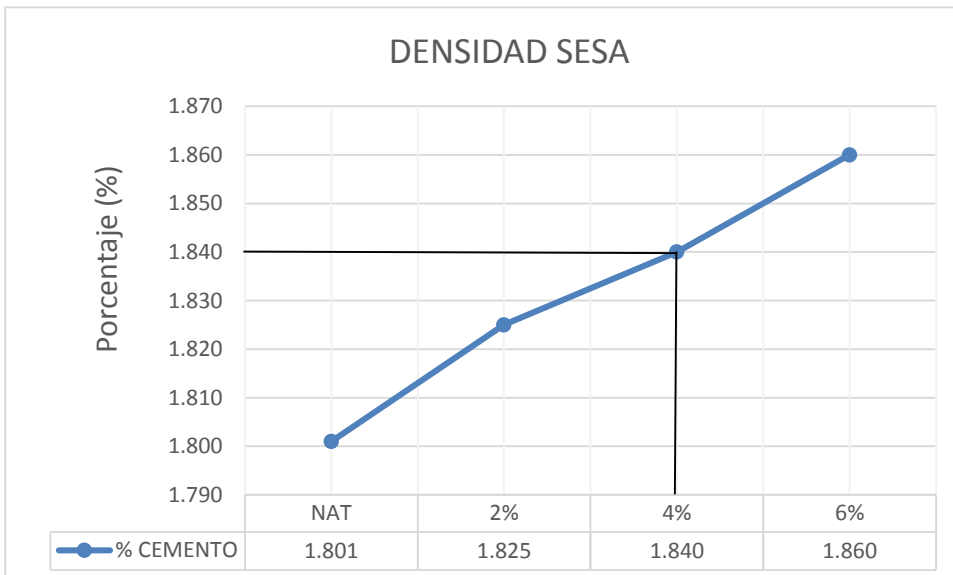


Figura 60. Porcentaje óptimo de la densidad seca C-4
Fuente: Elaboración propia.

Donde al trazar la línea de intersección con el 4% nos da como resultado el 1.840 gr/cm³ de Densidad seca.

4.5.6. CBR al 95% C-4

Para el cálculo del porcentaje óptimo del CBR al 95% debería ser mayor al 20%.

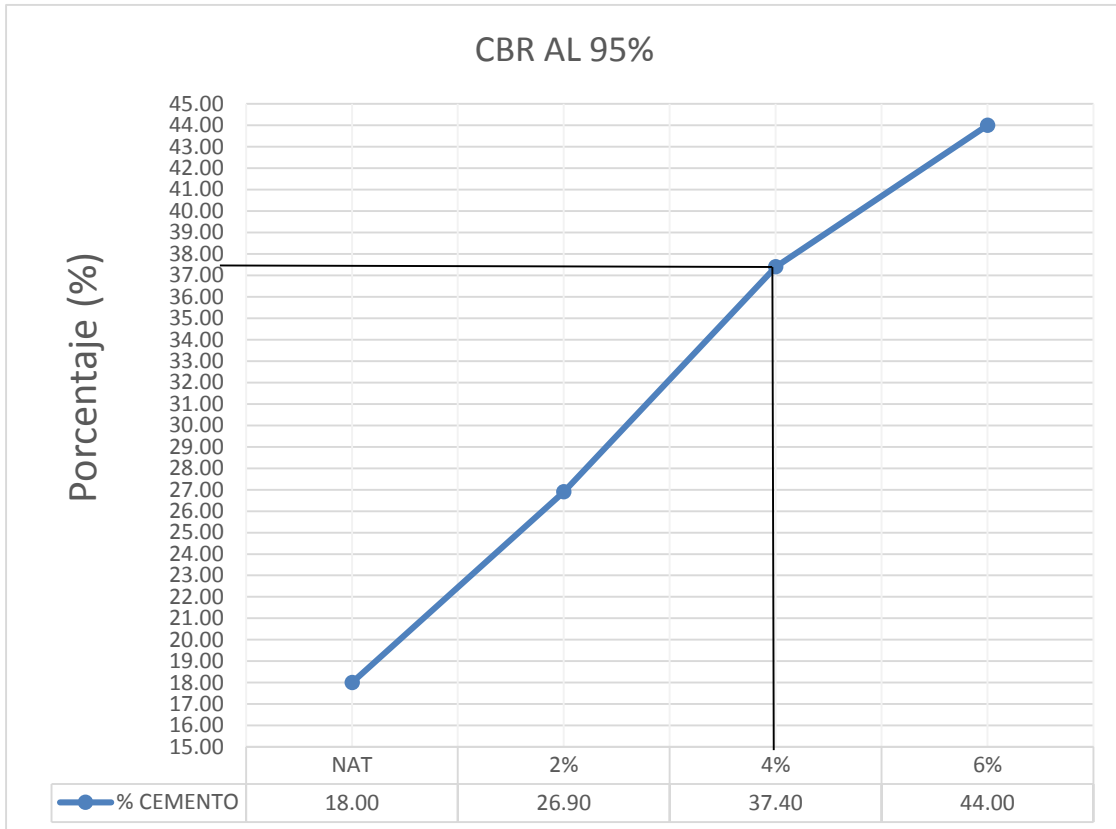


Figura 61. Porcentaje óptimo del CBR al 95% C
Fuente: Elaboración propia

Donde al trazar la línea de intersección con el 4% nos da como resultado el 37.40 % de CBR al 95%.

4.6. DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE CON SUELO NATURAL.

Con los resultados obtenidos se procede a una evaluación y cálculo técnico de las secciones resultantes debido a la estabilización con cal, con cemento, el refuerzo con geomalla y geotextil a fin de proponer el mejor conveniente de los espesores del pavimento diseñado para lo cual necesitamos el aforo vehicular.

Para el diseño de pavimento flexible del TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA , tenemos que guiarnos de la guía de diseño de pavimento flexible de la MTC (Manual de carreteras) Cap. II.

Tabla 10.

Horario de aforo vehicular.

AFORO VEHICULAR							
21/06/2017	26/06/2017	29/06/2017	30/06/2017	4/07/2017	7/07/2017	9/07/2017	
10:30 A.M.-12:30 P.M.	2:00 P.M.-6:00 P.M.	7:30 A.M.-12:30 P.M.	7:30 A.M.-10:30 A.M.	10:30 A.M.-12:30 P.M.	02:00 P.M.-06:00 P.M.	7:30 A.M.-10:30 A.M.	7:30 A.M.-08:30 A.M.
4	4	4	4	4	4	4	4
2 HORAS	4 HORAS	5 HORAS	3 HORAS	2 HORAS	4 HORAS	3 HORAS	1 HORAS
TOTAL: 24 HORAS							

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11.

Conteo total de IMD.

FECHA DE AFORO	HORARIO DE AFORO	TAXIS (C1C)	COMBIS (C1B)	BUS INTERNO(B2)	BUS (C1A)	C-2P (C2)	C-2G (C2)	TOTAL DE VEHICULOS
21/06/2017	10:30 A.M.-12:30 P.M.	29	141	0	27	0	2	
	2:00 P.M.-6:00 P.M.	86	279	4	49	2	4	
26/06/2017	7:30 A.M.-12:30 P.M.	109	401	4	106	2	2	
29/06/2017	7:30 A.M.-10:30 A.M.	59	169	4	28	0	2	
30/06/2017	10:30 A.M.-12:30 P.M.	25	164	0	28	2	0	
4/07/2017	02:00 P.M.-06:00 P.M.	90	290	4	53	4	2	
7/07/2017	7:30 A.M.-10:30 A.M.	34	207	4	36	0	0	
9/07/2017	7:30 A.M.-08:30 A.M.	32	65	0	24	2	0	
	TOTAL	464	1716	20	351	12	12	IMD 2575

Fuente: Elaboración propia.

4.6.1. Factor direccional y factor carril

De acuerdo al CAPITULO II. De la figura 06 el factor dirección y factor carril es:

$$F_d = 0.50$$

$$F_c = 1.00$$

4.6.2. Factores de crecimiento acumulado (Fca)

De acuerdo al CAPITULO II. De la figura 07 el factor de crecimiento acumulado es:

$$n = 0.03 \text{ (3\%)}$$

$$r = 10.00 \text{ (años)}$$

$$F_{ca} = 11.46$$

4.6.3. Numero de repeticiones de ejes equivalentes

De acuerdo al CAPITULO II. De la figura 08 y figura 09 los ejes equivalentes para cada tipo de vehículo es:

a. Ejes equivalentes

C2

$$E_{es1} = 1.265$$

$$\text{Total factor C2} = 4.504$$

$$E_{es2} = 3.238$$

B2

$$E_{es1} = 1.265$$

$$\text{Total factor B2} = 4.504$$

$$E_{es2} = 3.238$$

C1A

$$E_{es1} = 1.265$$

$$\text{Total factor C1A} = 2.531$$

$$E_{es2} = 1.265$$

C1B

$$Ees1 = 1.265$$

$$\text{Total factor C1B} = 2.531$$

$$Ees2 = 1.265$$

C1C

$$Ees1 = 1.265$$

$$\text{Total factor C1C} = 2.531$$

$$Ees2 = 1.265$$

b. Calculo de número de repeticiones de ejes equivalentes

De acuerdo al CAPITULO II. En la ecuación 02 el número de repeticiones de ejes equivalentes total es:

➤ **C2**

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 226153.908$$

$$\text{Eedía-carril} = 54.048$$

➤ **B2**

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 188461.590$$

$$\text{Eedía-carril} = 45.040$$

➤ **C1A**

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 1858633.393$$

$$\text{Eedía-carril} = 444.191$$

➤ **C1B**

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 9086652.146$$

$$\text{Eedía-carril} = 2171.598$$

➤ **C1C**

$$\text{Nrep de EE}_{8.2 \text{ tn}} = 2456996.851$$

$$\text{Eedía-carril} = 587.192$$

TOTAL: Nrep de EE_{8.2 tm (W18)} = 13,816,898

4.6.4. SN cálculo de diseño estructural del pavimento

De acuerdo a la MTC (Manual de carreteras) el SN es:

a. W₁₈

De acuerdo al CAPITULO II. Reemplazando en la ecuación 02 nuestro W₁₈ es:

$$W_{18} = 13,816,898$$

b. Carril de diseño (Tp)

De acuerdo al CAPITULO II. En la figura 11 nuestro Tp es:

$$13,816,898 = T_{p11}$$

c. Módulo de resiliencia (MR)

De acuerdo al CAPITULO II. Reemplazando en la ecuación 05 nuestro MR es:

$$M_R = 14824.861$$

d. Confiabilidad (%R)

De acuerdo al CAPITULO II. En la figura 12 nuestra %R es:

$$R = 90\%$$

e. Coeficiente estadístico de desviación estándar normal (Zr)

De acuerdo al CAPITULO II. En la figura 13 nuestro Zr es:

$$Z_r = -1.282$$

f. Desviación estándar combinada (So)

De acuerdo al CAPITULO II. En el ítem 2.11.2. (e) nuestro So es:

$$S_o = 0.45$$

g. Índice de serviciabilidad inicial (Pi)

De acuerdo al CAPITULO II. En la figura 14 nuestro Pi es:

$$P_i = 4$$

h. Índice de serviciabilidad final (Pt)

De acuerdo al CAPITULO II. En la figura 15 nuestro Pt es:

$$P_t = 2.5$$

i. Variación de serviciabilidad final (Δ PSI)

De acuerdo al CAPITULO II. En la figura 16 nuestra Δ PSI es:

$$\Delta PSI = 1.5$$

Para cálculo del Numero Estructural Requerido (SNR) utilizamos la ecuación 04 del CAPITULO II. Donde obtuvimos el siguiente resultado:

$$SNR = 4.241$$

Para cálculo de espesores del pavimento flexible utilizamos del CAPITULO II. La ecuación 06 y la figura 17 donde obtuvimos los siguientes resultados:

$$SNRe = 4.278$$

Nota: Debe cumplir $SNRe$ (Resultado) > SNR (Requerido)



Figura 62. Espesores del pavimento flexible del terreno natural.
Fuente: Elaboración propia.

4.7. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES ESTABILIZADO CON % DE CAL OPTIMO

Para el diseño de pavimento flexible del TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA estabilizado con cal óptimo de 3% de acuerdo a los gráficos número 16 y 19 donde sobrepasa el 20%, donde al promediar los dos CBR nos da como resultado un CBR=25% y el Índice de plasticidad menor al 10%.

Para cálculo del Numero Estructural Requerido (SNR) utilizamos la ecuación 04 del CAPITULO II. Donde obtuvimos el siguiente resultado:

$$\text{SNR} = 3.776$$

Para cálculo de espesores del pavimento flexible utilizamos del CAPITULO II. La ecuación 06. y la figura 17 donde obtuvimos los siguientes resultados:

$$\text{SNRe} = 3.828$$

Nota: Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)



Figura 63. Espesores del pavimento flexible estabilizado con 3% de adición con cal.
Fuente: Elaboración propia.

4.8. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES ESTABILIZADO CON % DE CEMENTO ÓPTIMO.

Para el diseño de pavimento flexible del TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UpeU JULIACA estabilizado con cal óptimo de 4% de acuerdo a los gráficos número 22 y 25 donde sobrepasa el 20%, donde al promediar los dos CBR nos da como resultado un CBR=29.20% y el Índice de plasticidad menor al 10%.

Para cálculo del Numero Estructural Requerido (SNR) utilizamos la ecuación 04 del CAPITULO II. Donde obtuvimos el siguiente resultado:

SNR = 3.631

Para cálculo de espesores del pavimento flexible utilizamos del CAPITULO II. La ecuación 06. y la figura 17 donde obtuvimos los siguientes resultados:

SNR = 3.64

Nota: Debe cumplir SNR (Resultado) > SNR (Requerido)



Figura 64. Espesores del pavimento flexible estabilizado con 4% de adición de cemento. Fuente: Elaboración propia.

4.9. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REFORZADOS CON GEOMALLAS

Para el diseño de pavimento flexible del TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA con geomallas biaxial y triaxial tenemos que completar los datos requeridos por el software.

4.9.1. Cálculo de espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla biaxial tipo 2 con el Software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).

Para este cálculo el programa requiere de los siguientes datos, los datos tomamos del CAPITULO IV. Ítem 4.6.4.

Descripción de los Datos requerido del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO). El software muestra una interfaz con varias pestañas y campos de entrada. Las anotaciones indican los siguientes datos requeridos:

- Espesores del pavimento:** Seleccionados en la pestaña "Select Material Layers".
- Coefficiente estructural:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Factor de drenaje:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Coefficiente estructural:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Esal:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Confianbilidad:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Desviación estándar normal:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Desviación estándar combinada:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Módulo de resiliencia:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Serviciabilidad inicial:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Serviciabilidad final:** Campo de entrada en la pestaña "Section".
- Tipos de geomallas:** Seleccionado en la pestaña "Select Material Layers Used in Stabilized Pavement Section".

Figura 65. Descripción de los Datos requerido del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).

Fuente: software SpectraPave4-PRO™.

Luego de insertar los datos requeridos seguidamente nos dan los siguientes resultados de los espesores optimizados con el tipo de geomalla biaxial tipo 2.

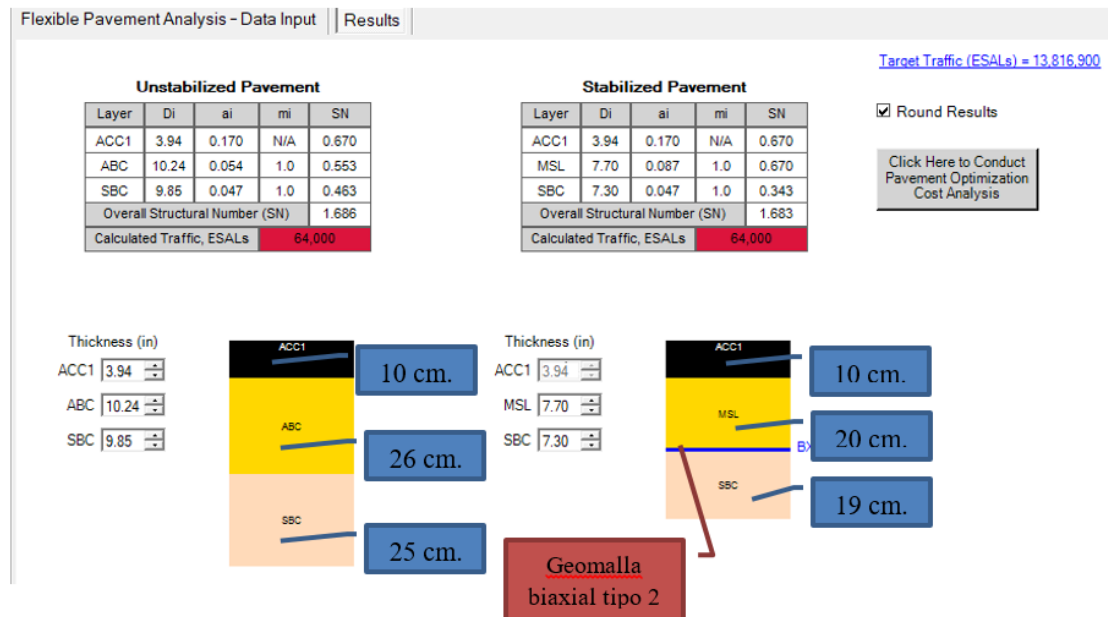


Figura 66. Resultados de los espesores del pavimento flexible reforzado con geomallas biaxial tipo 2.

Fuente: software SpectraPave4-PRO™.



Figura 67. Espesores del pavimento flexible reforzado con geomallas biaxial tipo 2.
Fuente: Elaboración propia.

4.9.2. Cálculo de espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla tiraxial TX5 con el Software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).

Para este cálculo el programa requiere de los siguientes datos iguales a la figura 30, donde solo cambiamos al tipo de geomalla TX5 donde también tomamos los datos del CAPITULO IV. Ítem 4.6.4.:

Pavement Optimization Design Analysis - Data Input | Results

Select Material Layers Used in Unstabilized Pavement Section

Layer Name	Material Description	Thickness (in)	Layer Coeff.	Drainage Factor
ACC1	CARPETA ASFALTICA	3.94	0.170	
None				
None				
ABC	Aggregate Base Course	10.24	0.054	1.0
SBC	Subbase Course	9.85	0.047	1.0

Select Material Layers Used in Stabilized Pavement Section

Layer Name	Material Description	Thickness (in)	Layer Coeff.	Drainage Factor	TriAx Geogrid
ACC1	CARPETA ASFALTICA	3.94	0.170		
None					
None					
MSL	Mechanically Stabilized Base Course	6.95	0.054	1.0	TX5
SBC	Subbase Course	6.80	0.047	1.0	

Geogrid Overlap for Base Course (ft) 1.0

Target Traffic (ESALs) 13,816,900
 Reliability (%) 90
 Standard Normal Deviate -1.282
 Standard Deviation 0.45
 Subgrade Resilient Modulus (psi) 14,825
 Serviceability Initial 4.0
 Terminal 2.5

Soft Subgrade
 Subgrade Condition

Tipo de geomalla triaxial TX5

Figura 68. Descripción de los Datos requerido del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO).

Fuente: Software SpectraPave4-PRO™.

Luego de insertar los datos requeridos seguidamente nos dan los siguientes resultados de los espesores optimizados con el tipo de geomalla triaxial TX5.

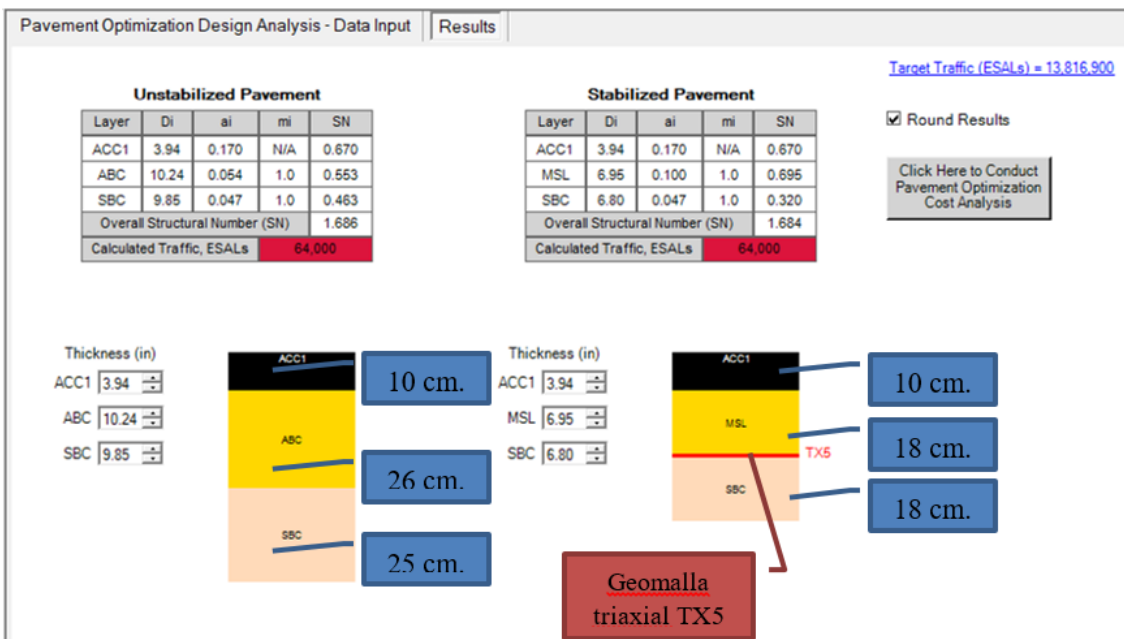


Figura 69. Resultados de los espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla triaxial tipo TX5. Fuente: software SpectraPave4-PRO™.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 70. Espesores del pavimento flexible reforzado con geomalla triaxial TX5.
Fuente: Elaboración propia.

4.10. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES REFORZADOS CON GEOTEXTIL.

4.10.1. Cálculo de espesores del pavimento flexible reforzado con geotextil tipo H₂Ri con el Software MiraSpec.

Para este cálculo el programa requiere de los siguientes datos, los datos tomamos del CAPITULO IV, ítem 4.6.4.

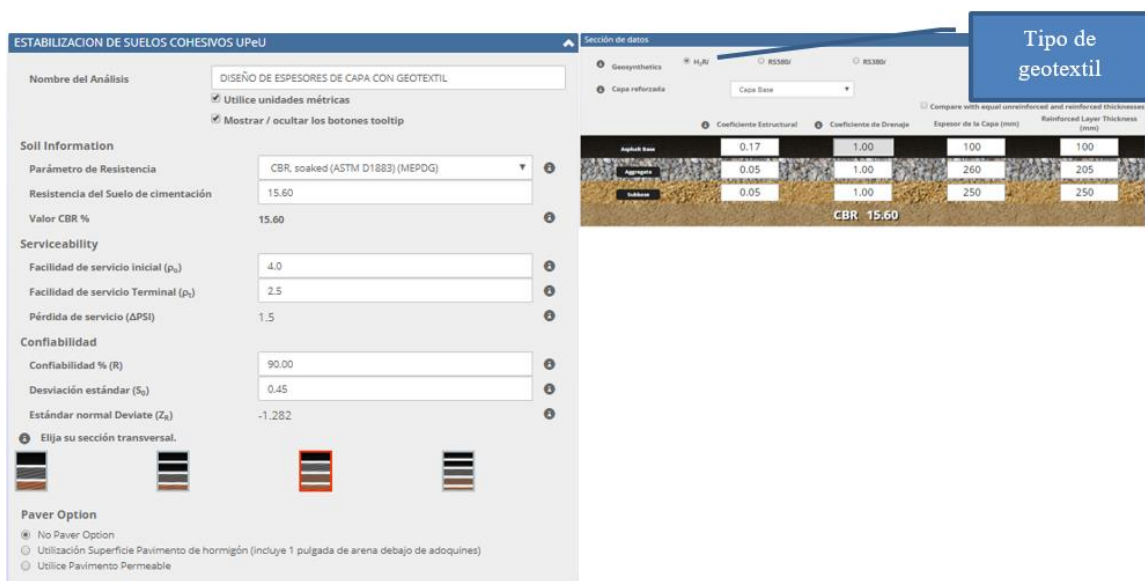


Figura 71. Descripción de los Datos requerido del software MiraSpec.
Fuente: software MiraSpec.

Luego de insertar los datos requeridos seguidamente nos dan los siguientes resultados de los espesores optimizados con el tipo de geotextil tipo H₂Ri.

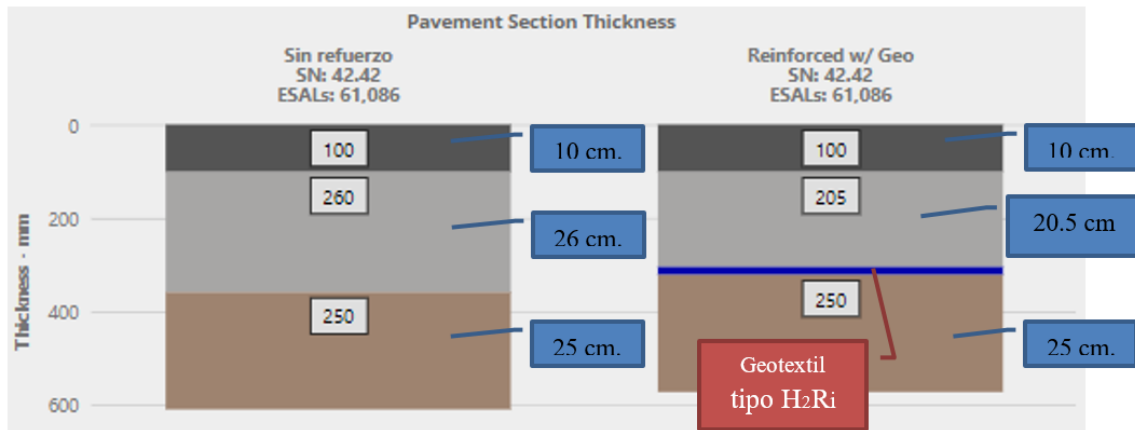


Figura 72. Resultados de los espesores del pavimento flexible reforzado con geotextil tipo H2Ri.

Fuente: software MiraSpec



Figura 73. Espesores del pavimento flexible reforzado con geotextil tipo H2Ri.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La estabilización con cal y cemento cambió considerablemente las características de la sub rasante existente, produciendo una resistencia de soporte, mejorando su plasticidad e incrementando su % de CBR, donde al estabilizar tenemos los siguientes resultados.

C-1	CBR
NATURAL	13.20
CAL 2%	18.40
CAL 4%	23.40
CAL 6%	27.50
CEMENTO 2%	17.60
CEMENTO 4%	21.00
CEMENTO 6%	29.30

C-4	CBR
NATURAL	18.00
CAL 2%	25.00
CAL 4%	32.40
CAL 6%	41.50
CEMENTO 2%	26.90
CEMENTO 4%	37.40
CEMENTO 6%	44.00

- En la estabilización química de suelo con cal y cemento en la sub rasante se reduce la eliminación del suelo de fundación y por consiguiente resulta menor corte y eliminación.
- En el diseño de estabilización con cal, el porcentaje óptimo es de 3% y para el diseño con cemento el porcentaje óptimo es de 4%.
- Es favorable técnicamente utilizar cal y cemento para la estabilización de la sub rasante, que presentan suelos cohesivos, la cual proporciona mejores características mecánicas y mayor resistencia que el suelo natural. Los valores del CBR se ha incrementado de un promedio para todo el tramo de un 15.6% al 25% con cal y con la adición de cemento de un 15.6% al 29.2%.
- Con la adición de cal y cemento material estabilizador se disminuye el espesor de la sub base, y base por consiguiente se optimiza el transporte de materiales de préstamo.
- El uso de cal y cemento como material estabilizador y también el uso de refuerzos como el Geomallas y Geotextil, mejora el diseño de pavimento disminuyendo los espesores de la estructura del pavimento diseñado con el método MTC- 2014. En el tramo de acceso de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca, en porcentajes considerables tanto en materiales como en precios (ver Anexo G).

Capa	Espesor de Pavimento Natural (cm)	Espesor de Pavimento con 3% de cal optimo (cm)	Disminución de espesor (%)
Capa Asfáltica	10	10	0
Capa de Base	26	22	15.38
Capa de subbase	25	20	20

Capa	Espesor de Pavimento Natural (cm)	Espesor de Pavimento Natural (cm)	Espesor de Pavimento con 4% de cemento optimo (cm)	Disminución de espesor (%)
Capa Asfáltica	10	10	10	0
Capa de Base	26	26	22	15.38
Capa de sub base	25	25	16	36

Capa	Espesor de Pavimento Natural (cm)	Espesor de Pavimento con Geomalla Triaxial (cm)	Espesor de Pavimento con Geomalla Biaxial (cm)	Disminución de espesor (%)
Capa Asfáltica	10	10	10	0
Capa de Base	26	20	18	23.08- 30.77
Capa de sub base	25	18	18	28

Capa	Espesor de Pavimento Natural (cm)	Espesor de Pavimento con Geotextil tejido (cm)	Disminución de espesor (%)
Capa Asfáltica	10	10	0
Capa de Base	26	21	19.23
Capa de sub base	25	25	0

- Con la implementación de geomallas y geotextil se impactará menos al medio ambiente ya que no se tendrá que explotar materiales de préstamo perjudicando la flora y fauna de los sitios de cantera al igual con la estabilización con cal y cemento.

RECOMENDACIONES

En la siguiente investigación se recomienda:

- Que la estabilización química con cal y cemento está sujeto a la variable, del tipo de suelo.
- Para lograr el mayor beneficio de estabilización y a la vez reducir costos es importante hallar el óptimo porcentaje del material estabilizador, soportadas por un diseño o como mínimo que cumplan con una especificación que garantice su supervivencia de vida útil proyectada de la estructura del pavimento.
- Que el diseño, está sujeto a condiciones y variables como, tipo de geomalla, tipo de geotextil, tipo de estructura de pavimento, espesores de sus capas, características de materiales, tipo de suelo natural, tipo de suelo mejorado.
- Para separación y estabilización en la interface sub rasante- sub base granular, el geotextil tejido debe ser de buena capacidad de flujo para evitar presiones de poros indeseables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alza Viela, A. (2015). Importancia de las geomallas en la construcción de carreteras (pp. 33–37).
- Cabanillas Orrego, D. A. (2014). Análisis técnico-económico del uso de geomallas como refuerzo de bases granulares en pavimentos flexibles, 0–72.
- Capote Abreu, J. A. (2012). LA MECÁNICA DE SUELOS Y LAS CIMENTACIONES EN LAS CONSTRUCCIONES INDUSTRIALES, 1–37.
- Duque Escobar, G., & Escobar Potes, C. E. (2002). MECANICA DE LOS SUELOS, 175.
- Farias Brizuela, D., & Soto Niemann, J. (2005). CLASIFICACIÓN DE SUELOS, 005, 11.
- Fiuba. (2011). Clasificación de suelos Índice, 49.
- GEOSISTEMAS PAVCO. (2013). GEOTEXILES TEJIDOS Y NO TEJIDOS, 12.
- Martines Santos, J. (2011). Universidad veracruzana. *Tesis, I*(COMPARACION DE DOS DILUYENTES COMERCIALES PARA CRIOPRESERVAR SEMEN DE BOVINO BAJO CONDICIONES DE CAMPO EN EL TRÓPICO HÚMEDO), 27.
- Moreno Caseres, D. P., & Ramirez Forero, R. J. (2012). MEJORAMIENTO DEL ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA EN ARENAS ARCILLOSAS MEDIANTE LA ADICIÓN DE GEOTEXTIL TEJIDO T-2400, 78.
- MTC, M. D. C. (2014). SUELOS Y PAVIMENTOS.
- Pari cusi, H. D. (2011). *ENSAYO DE CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)*.
- Pari cusi, H. D. (2012a). ENSAYO DE COMPACTACION DE SUELOS, 1–5.
- Pari cusi, H. D. (2012b). ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD, 1–3.
- Pari cusi, H. D. (2012c). ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA DE LOS SUELOS, 1–4.
- Perez Porto, J. (2016). DEFINICION DE CEMENTO, 1.
- Tapia Diez, A. R., Barona Fajardo, F. E., Inga Moran, L. R., & Santos Baquerizo, E.

(2011). Diseño de un pavimento utilizando geomallas en tramo de la carretera bajada de chanduy – aguas verdes - pocito (absc. 2+900 hasta absc. 3+600), 0–8.



TENCATE, G. (2013). GEOTEXTILES TEJIDO, 0–1.

Tencate, M. (2014). Software Tencate (pp. 0–1).

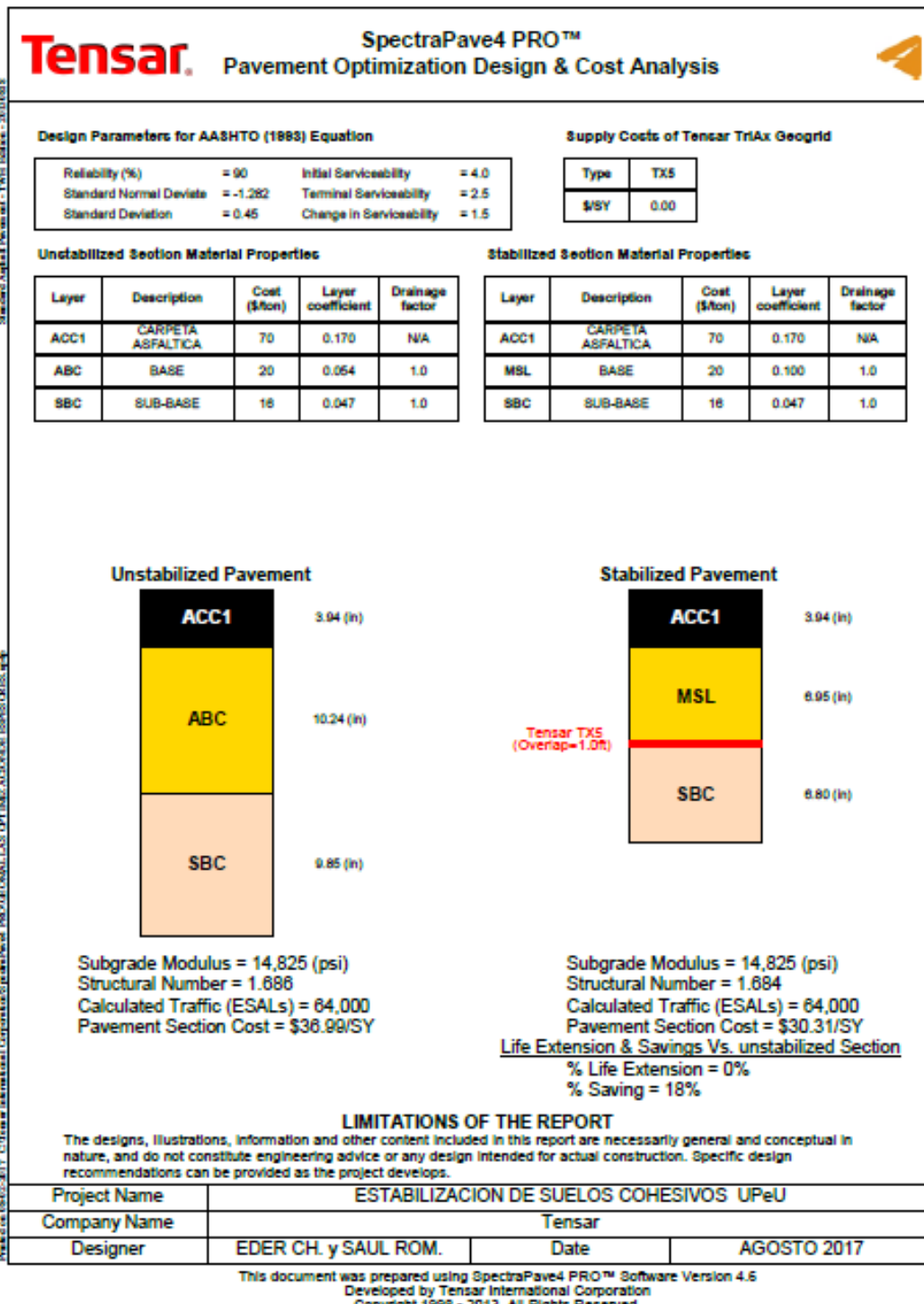
TENSAR, G. T. (2014). *GEOMALLA TRIAXIAL TENSAR*.

Tensar, S.-P. (SP4-P. (2014). *SpectraPave4-PROTM (SP4-PRO) El, Tensar*.

Villarino Otero, A. (2012). LA CAL, 1–14.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA The Institute of Education	 INGENIERÍA CIVIL U.P.C.	NOMBRE DE PROYECTO <p style="text-align: center;">AFOROS VEHICULARES</p>	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA" Esquemática	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								
Fecha (D.M.A.): <u>26-06-17</u> Condición Climática: _____ Aforador: <u>Eder E. Chuna Moreno</u> Coordinador: _____		Estación de Aforo: _____ Movimientos Aforados: <u>Un Carril y 2 Direcciones</u> Hoja <u>3</u> de <u>9</u> Hora de Inicio: <u>7:30 am</u> Hora Final: <u>11:36 am</u>										
PER	MOV	TAXIS	COMBIS	BUS INTERNO	BUS	C-2P	C-2G	C-3-4	C5	≥C6	Motos	OBSERVACIONES
		54	54	4	54	2					22	
		38	54		6							
			54									
			54									
			54									
			54									

ANEXO B: Resultados del software SpectraPave4-PRO™ (SP4-PRO) de geomallas biaxial tipo 2 y geomalla triaxial TX5.



ANEXO C: Resultados del software MiraScape de geotextil tipo H2Ri.

Flexible Informe de Análisis de Pavimentos		
Nombre del Proyecto: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS		
Análisis 1	Fecha de Reporte: 02/08/2017	Reporte Realizado Por: EDER ELIAB CHURA MAMANI

Inicial de Datos Road (Pre-Refuerzo)

Valor de Resistencia del Suelo de cimentación	Parámetro de Resistencia	Suelo de cimentación CBR
16	CBR, soaked (ASTM D1883) (MEPDG)	15.60
Número Estructural (SN)	Volumen de Tráfico (ESALs)	
40.13	44,889	

Traffic Calculator Volumen de datos (ESAL)

Facilidad de servicio inicial (ρ_0)	Facilidad de servicio Terminal (ρ_t)	Pérdida de servicio (ΔPSI)
4.0	2.5	1.5
Confiabilidad % (R)	Desviación estándar (S_0)	Estándar normal Deviate (Z_R)
90	0.45	-1.282
Módulo resiliente (Mr)	ESALs sin refuerzo	ESALs reforzada
14,825	44,889	44,889

Sin Refuerzo / Estabilización

No. de Capa	Descripción del Material	Coefficiente Estructural	Coefficiente de Drenaje	Espesor (mm)	Número Estructural (SN)
1	Base ACC	0.17	1.00	100	17.01
2	Capa Base	0.05	1.00	260	13.00
3	Capa Sub-base	0.04	1.00	250	10.00
Suelo de cimentación CBR: 15.60					40.02

Reforzado / Estabilizado - Geosintético Utilizado: Mirafi® H₂Ri

CSI specifications: <http://www.tencate.com/amerigeosynthetics/knowledge-library/csi-specs/default.aspx>

No. de Capa	Descripción del Material	Coefficiente Estructural	Coefficiente de Drenaje	Espesor (mm)	Número Estructural (SN)
1	Base ACC	0.17	1.00	100	17.01
2	Capa Base (reforzado)	0.06	1.00	205	13.02
TenCate Mirafi® H₂Ri Geosynthetics					
3	Capa Sub-base	0.04	1.00	250	10.00
Suelo de cimentación CBR: 15.60					40.03

NOTA: Los números Estructurales representan los resultados de los cálculos previos al redondeo de los espesores y por lo tanto pueden ser ligeramente diferentes a los cálculos manuales realizados con los espesores reportados.

Ahorro Total de Capa Base = 55 mm, OR 201.17 m³ por carril/km (21.15% por carril/km)

Comparative Cost Analysis		Total Estimated Quantity (m ²):23,920			
		Unreinforced	Reinforced	Unreinforced	Reinforced
	Unit Cost	Total Section Thickness (mm)		Section Cost (m ²)	
Base ACC	\$85.00 per tonne	100	100	\$16.25	\$16.25
Capa Base	\$20.00 per tonne	260	205	\$11.08	\$8.74
Capa Sub-base	\$15.00 per tonne	250	250	\$7.99	\$7.99
Excavation and Removal	\$7.00 per tonne	610	555	\$9.10	\$8.28
H ₂ Ri	\$9.00 per m ²				
Total Section Cost (m ²)				\$44.42	\$50.26
Project Cost				\$1,062,526	\$1,202,219
Project Savings					-\$139,693
Cost Savings					-13.1 %

ANEXO D: Especificaciones técnicas de las geomallas biaxial tipo 2, triaxial TX5 y geotextil tipoH2Ri.



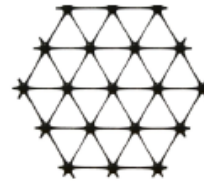
Product Specification - TriAx® TX5 Geogrid

Tensor International Corporation reserves the right to change its product specifications at any time. It is the responsibility of the person specifying the use of this product and of the purchaser to ensure that product specifications relied upon for design or procurement purposes are current and that the product is suitable for its intended use in each instance.

General

- The geogrid is manufactured from a punched polypropylene sheet, which is then oriented in three substantially equilateral directions so that the resulting ribs shall have a high degree of molecular orientation, which continues at least in part through the mass of the integral node.
- The properties contributing to the performance of a mechanically stabilized layer include the following:

Tensor TriAx® Geogrid



Index Properties	Longitudinal	Diagonal	Transverse	General
• Rib pitch ⁽¹⁾ , mm (in)	40 (1.60)	40 (1.60)	-	
• Mid-rib depth ⁽¹⁾ , mm (in)	-	1.3 (0.05)	1.2 (0.05)	
• Mid-rib width ⁽¹⁾ , mm (in)	-	0.9 (0.04)	1.2 (0.05)	
• Rib shape				Rectangular
• Aperture shape				Triangular

Dimensions and Delivery

The TX geogrid shall be delivered to the jobsite in roll form with each roll individually identified and nominally measuring 3.0 meters (9.8 feet) and/or 4.0 meters (13.1feet) in width and 75 meters (246 feet) in length.



TENCATE GEOSYNTHETICS Americas

Mirafi® H₂Ri



Mirafi® H₂Ri is a revolutionary wicking geosynthetic created from super high-tenacity polypropylene filaments and patented wicking filaments formed into an innovative weave to provide superior reinforcement strength and soil interaction integrated with high soil retention and wicking capabilities.

Geosynthetic directionally draws water via capillary action.

TenCate Geosynthetics Americas Laboratories are accredited Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP).

Mechanical Properties	Test Method	Unit	Minimum Average Roll Value	
			MD	CD
Wide Width Tensile Strength	ASTM D4595	lbs/ft (kN/m)	5280 (77.0)	5280 (77.0)
Wide Width Tensile Strength @ 2% strain	ASTM D4595	lbs/ft (kN/m)	480 (7.0)	1080 (15.8)
			Maximum Opening Size	
Apparent Opening Size (AOS)	ASTM D4751	U.S. Sieve (mm)	40 (0.425)	
			Minimum Roll Value	
Permittivity	ASTM D4491	sec ⁻¹	0.4	
Flow Rate	ASTM D4491	gal/min/ft ² (l/min/m ²)	30 (1222)	
			Minimum Test Value	
Pore Size (050)	ASTM D6767	microns	85	
Pore Size (095)	ASTM D6767	microns	195	
Wet Front Movement ¹ (24 minutes)	ASTM C1559 ²	inches	6.0	
Wet Front Movement ¹ (983 minutes) Zero Gradient	ASTM C1559 ²	inches	73.3	
			Vertical direction	
			Horizontal direction	

ANEXO E: Panel fotográfico



Fotografía 01. Exploración de suelos C-03



Fotografía 02. Recolección de muestras de la C-01



Fotografía 03. Recolección de muestras inalterada de la C-01



Fotografía 04. Recolección de muestras de la C-02



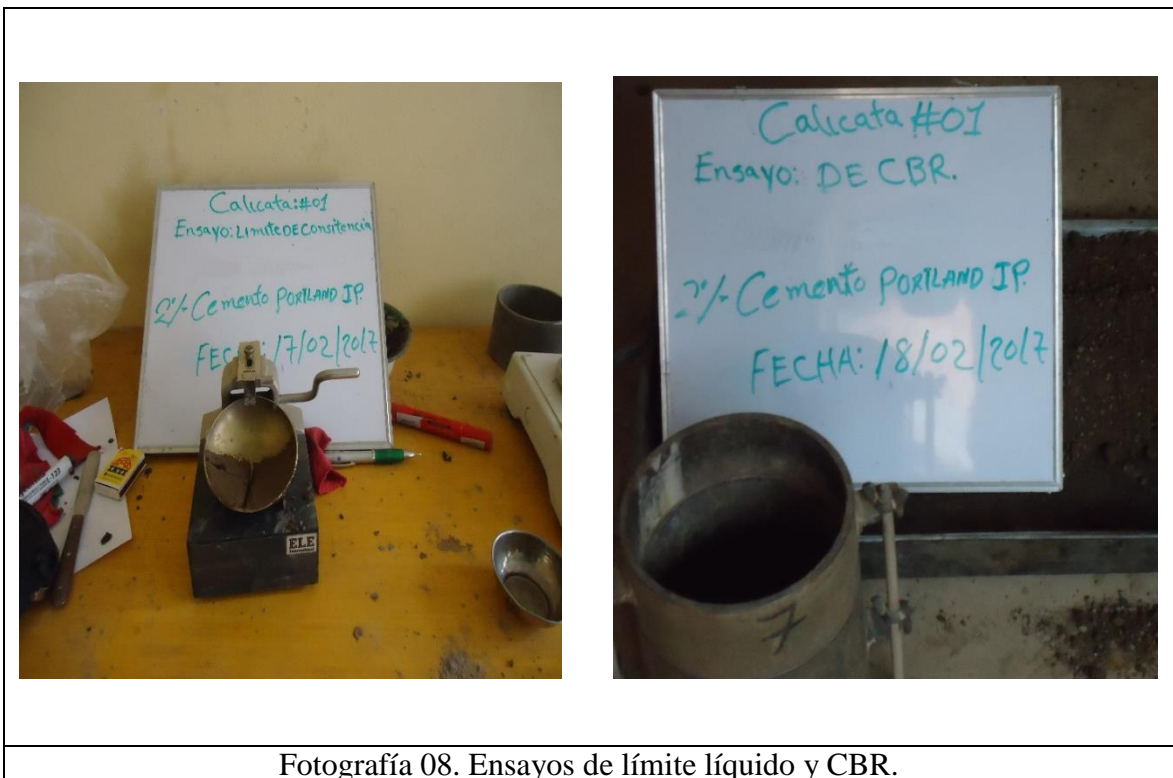
Fotografía 05. Recolección de muestras de la C-04



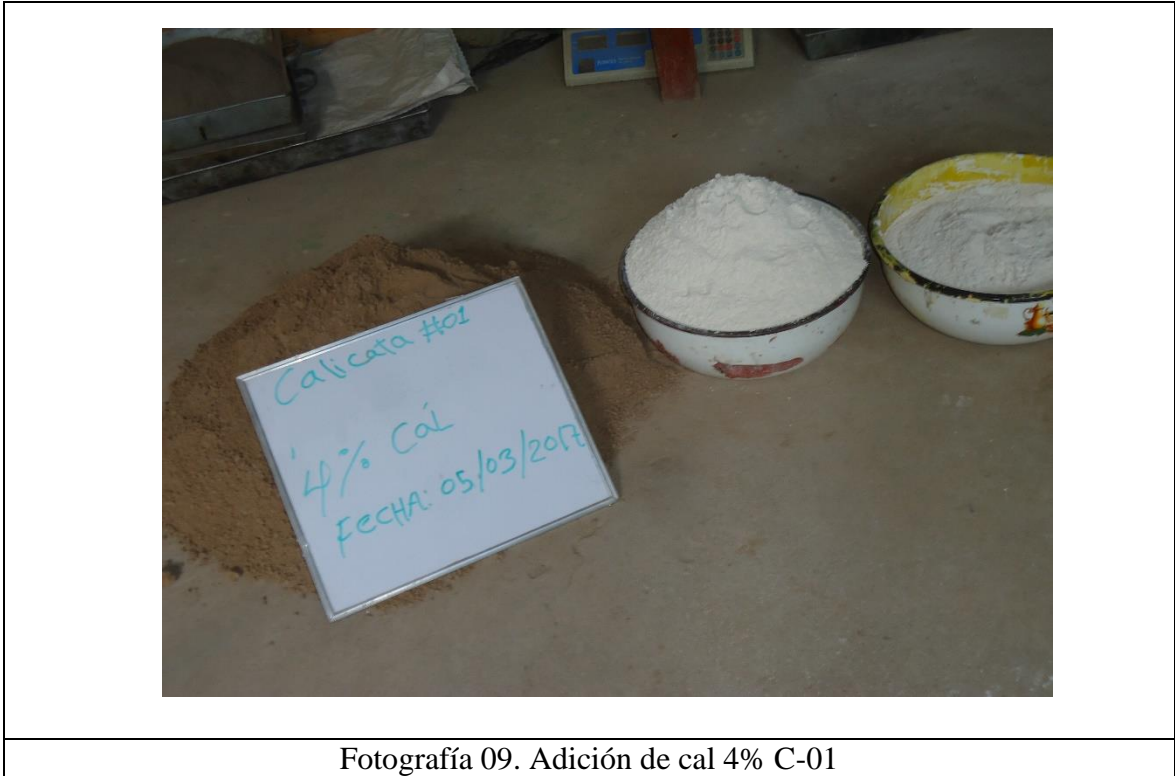
Fotografía 06. Ensayo de límites de consistencia



Fotografía 07. Realizando el ensayo de compactación de suelos



Fotografía 08. Ensayos de límite líquido y CBR.



Fotografía 09. Adición de cal 4% C-01



Fotografía 10. Realizando el ensayo de CBR.



Fotografía 11. Aforando vehicular



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

PROGRESIVA : CALICATA 01

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

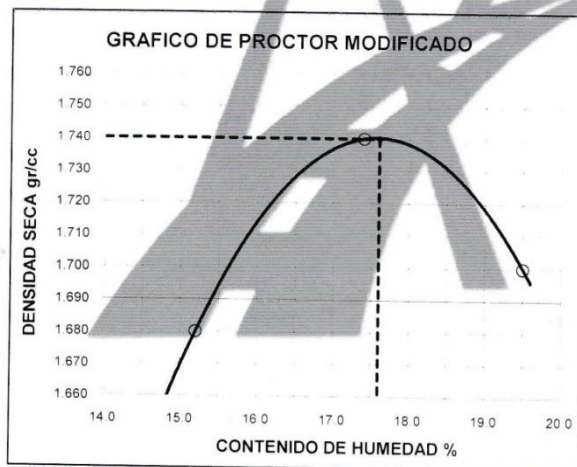
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 07/02/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.517	10.735	10.712		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	3.970	4.188	4.165		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	1.94	2.04	2.03		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	849.00	939.00	845.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	737.00	800.00	707.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	112.00	139.00	138.00		
PESO DE SUELO SECO	737.00	800.00	707.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.20	17.40	19.50		
DENSIDAD SECA	1.68	1.74	1.70		



Max. densidad seca
1.740 gr/cm³

Conten. humedad óptima
17.60 %

GEOTECNIA PUNO EIRL
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPBU JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 01
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
 TESISITAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 FECHA : SAUL ROMERO YUPANQUI 07/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	4	5	6
Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condicion de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	10871	10654	10425
Peso del molde	6618	6626	6638
Peso del suelo húmedo	4253	4028	3787
Volumen del molde	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	2.05	1.94	1.82
Humedad	17.60	17.20	17.60
Densidad seca	1.740	1.66	1.55
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	354	627	415
Tarro suelo seco	301	535	353
Agua	53	92	62
Peso del Tarro	0	0	0
Peso del suelo seco	301	535	353
Humedad	17.6	17.2	17.6
Promedio de la humedad	%	%	%

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			m.m	%	m.m	%	m.m	%	m.m	%				

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	15	204	68	12	175	58	3	89	30
1.00	1.300	0.50	18	233	78	13	185	62	5	108	36
1.30	1.900	0.075	35	398	133	28	330	110	7	127	42
2.00	2.500	0.100	57	610	203	37	417	139	8	137	46
3.00	3.800	0.150	83	862	287	46	504	168	10	156	52
4.00	5.000	0.200	124	1258	419	57	610	203	12	175	58
5.00	6.000	0.250	142	1432	477	62	659	220	14	195	65
6.00	7.500	0.300	185	1847	616	81	842	281	17	224	75
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentación, Geotecnia, Consultoría y Construcción

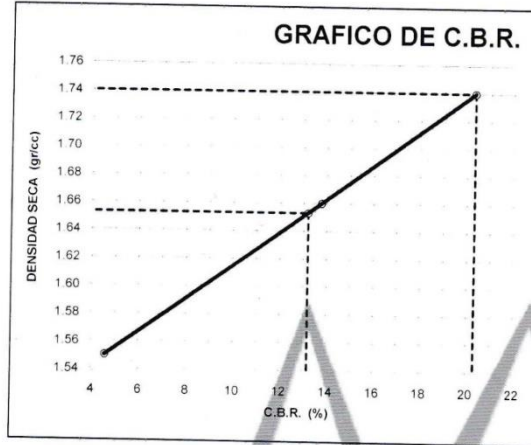
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 81732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

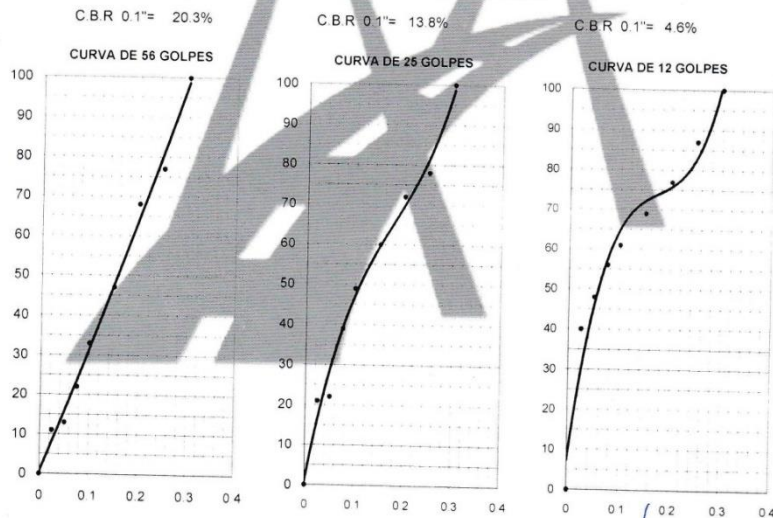
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : CALICATA 01
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
 TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 07/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
 C.B.R.01" AL 100% = 20.3%
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 13.2%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

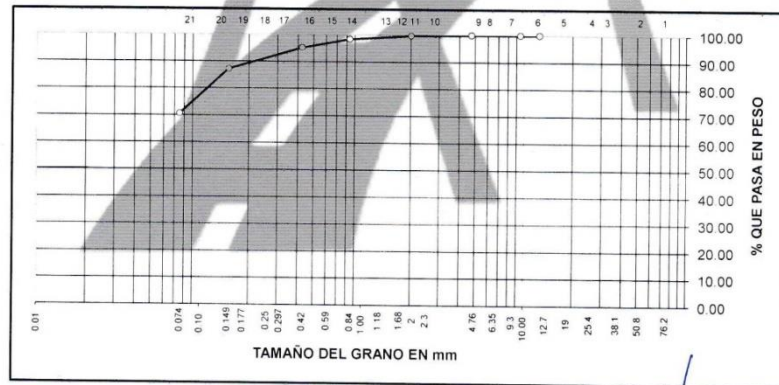
MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 01+2% CAL** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 09/02/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 503 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fraccion : Grs
2"	50.000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500						Arena : 29.42 %
1"	25.000						Fino : 70.58 %
3/4"	19.000						W natural : 14.12 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L. : 34.59 %
No.10	2.000	1.00	0.20	0.20	99.80		L.P. : 27.36 %
No.20	0.840	7.00	1.39	1.59	98.41		I.P. : 7.22 %
No.40	0.425	16.00	3.18	4.77	95.23		
No.100	0.150	40.00	7.95	12.72	87.28		CLASIFICACION
No.200	0.075	84.00	16.70	29.42	70.58		SUCS : MH
<No.200		355.00	70.58	100.0			AASHTO : A-4(8)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL
 Ingeniería de Pavimentos, Estructuras, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CAL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

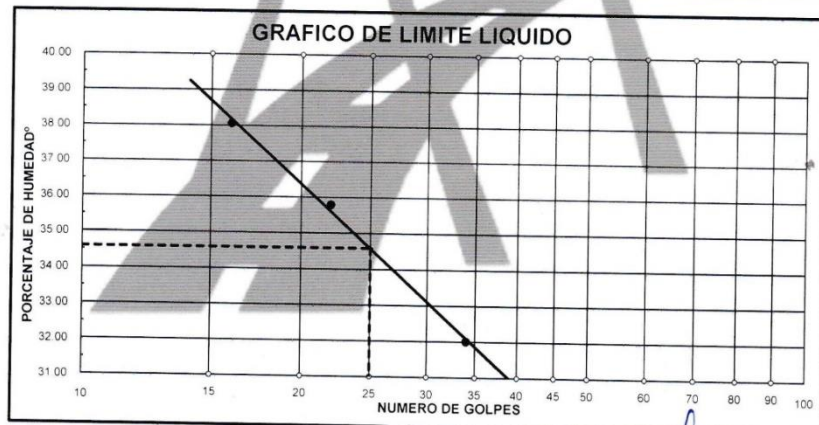
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 09/02/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No	g	%	23T	24T
01 No DE GOLPES	34	22	16		
02 TARRO No	9	10	11	23T	24T
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g 34.25	30.47	41.36	34.26	39.81
04 SUELO SECO * TARRO	g 30.44	27.51	36.34	31.74	36.68
05 PESO DEL AGUA	g 3.81	2.96	5.02	2.52	3.13
06 PESO DEL TARRO	g 18.54	19.24	23.15	22.54	25.23
07 PESO DEL SUELO SECO	g 11.90	8.27	13.19	9.20	11.45
08 HUMEDAD	% 32.02	35.79	38.06	27.39	27.34
L.L.= 34.59 %		L.P.= 27.36 %		I.P.= 7.22 %	



GEOTECNIA HINO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Consultoría Profesional y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPELJ JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CAL TESISISTAS EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 09/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1	2	3
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 10996	10756	10533
Peso del molde	gr. 6620	6624	6632
Peso del suelo húmedo	gr. 4376	4132	3901
Volumen del molde	cc. 2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	gr./cc. 2.11	1.99	1.88
Humedad	% 18.60	18.80	18.60
Densidad seca	gr./cc. 1.780	1.68	1.59
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 395	728	594
Tarro suelo seco	gr. 333	613	501
Agua	gr. 62	115	93
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 333	613	501
Humedad	% 18.6	18.8	18.6
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%				

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/pig'	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/pig'	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/pig'
0.30	0.600	0.25	19	243	81	16	214	71	6	118	39
1.00	1.300	0.50	26	311	104	24	291	97	11	166	55
1.30	1.900	0.075	48	523	174	36	407	136	19	243	81
2.00	2.500	0.100	72	755	252	48	523	174	26	311	104
3.00	3.800	0.150	97	997	332	62	659	220	38	427	142
4.00	5.000	0.200	138	1393	464	72	755	252	47	514	171
5.00	6.000	0.250	169	1693	564	81	842	281	62	659	220
6.00	7.500	0.300	251	2485	828	105	1074	358	78	813	271
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA RUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
REG. N° 17732

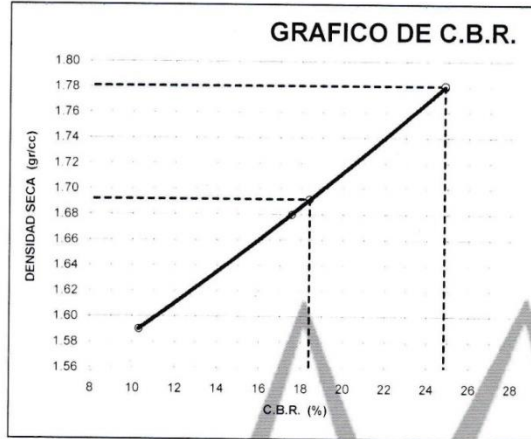


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS, CIMENTACIONES, SUPERVISIÓN PROYECTOS DE INGENIERÍA

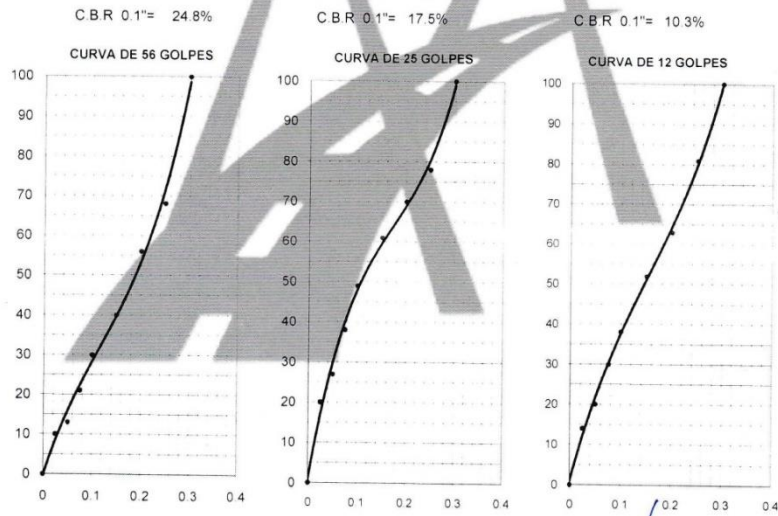
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CAL
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 09/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
C.B.R 0.1" AL 100% = 24.8%
C.B.R 0.1" AL 95% M.D.S. = 18.4%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA BUENO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Topografía y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

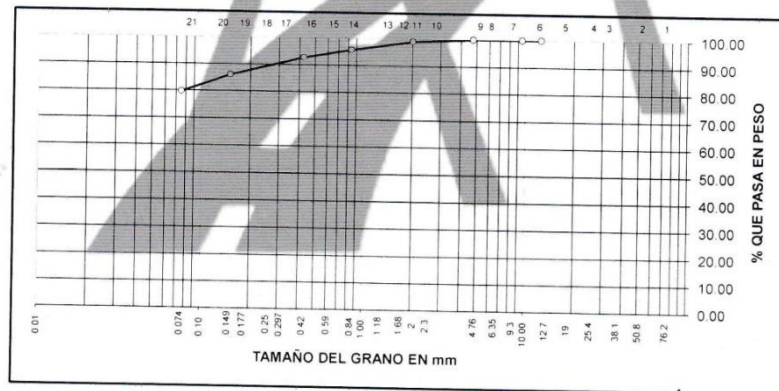
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 01+4% CAL** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 12/02/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.000						Peso inicial : 902 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500						Arena : 20.29 %
1"	25.000						Fino : 79.71 %
3/4"	19.000						W natural : 12.53 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		LL : 31.95 %
No.10	2.000	9.00	1.00	1.00	99.00		L.P. : 27.70 %
No.20	0.840	29.00	3.22	4.22	95.78		I.P. : 4.25 %
No.40	0.425	27.00	2.99	7.21	92.79		
No.100	0.150	61.00	6.76	13.97	86.03		CLASIFICACION
No.200	0.075	57.00	6.32	20.29	79.71		SUCS : ML
<No.200		719.00	79.71	100.0			AASHTO : A-4(8)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

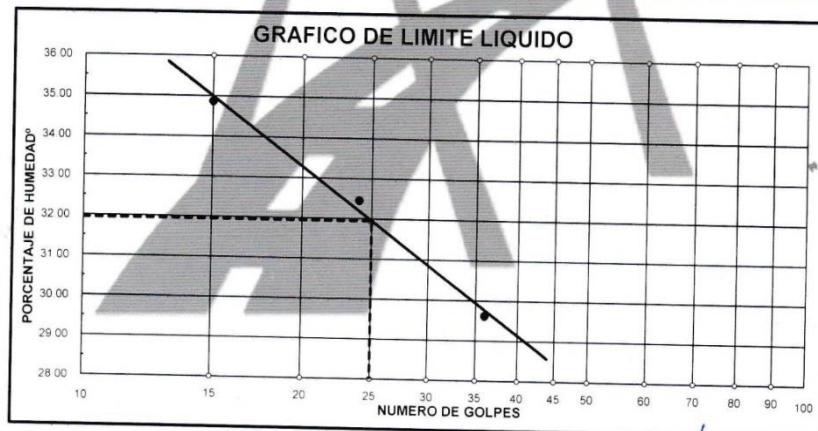
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CAL
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 12/02/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No. DE GOLFES	W _L	W _P	W _P	W _L
01. No. DE GOLFES	36	24	15		
02. TARRO No	12	13	14	25T	26T
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	36.14	32.81	36.18	31.16	35.24
04. SUELO SECO * TARRO g	31.82	29.24	32.32	29.29	32.84
05. PESO DEL AGUA g	4.32	3.57	3.86	1.87	2.40
06. PESO DEL TARRO g	17.24	18.24	21.25	22.47	24.26
07. PESO DEL SUELO SECO g	14.58	11.00	11.07	6.82	8.58
08. HUMEDAD %	29.63	32.45	34.87	27.42	27.97

L.L.=	31.95 %	L.P.=	27.70 %	I.P.=	4.25 %
-------	---------	-------	---------	-------	--------



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL

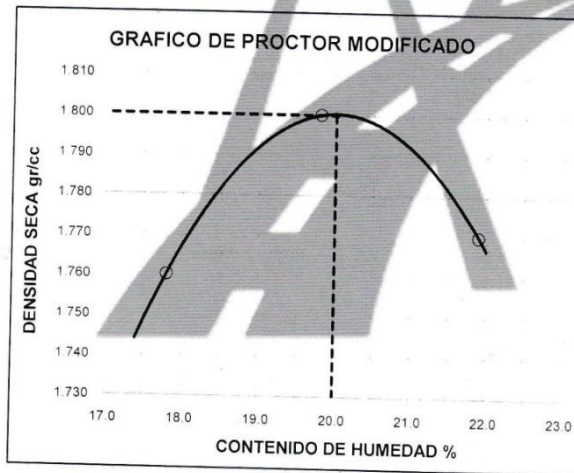
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CAL
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
 TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 12/02/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.784	10.983	10.972		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.237	4.436	4.425		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.07	2.16	2.16		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	595.00	792.00	824.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	505.00	661.00	676.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	90.00	131.00	148.00		
PESO DE SUELO SECO	505.00	661.00	676.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	17.80	19.80	21.90		
DENSIDAD SECA	1.76	1.80	1.77		



Max. densidad seca
1.800 gr/cm3
 Contén. humedad óptima
20.00 %

GEOTECNIA HUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALACON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 N° 13510 - 01732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CAL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 12/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	11132		10866		10571
Peso del molde	gr	6620		6624		6632
Peso del suelo húmedo	gr	4512		4242		3939
Volumen del molde	cc	2077.3		2077.3		2077.3
Densidad Humeda	gr/cc	2.17		2.04		1.9
Humedad	%	20.30		20.70		20.00
Densidad seca	gr/cc	1.800		1.69		1.58
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	426		624		492
Tarro suelo seco	gr	354		517		410
Agua	gr	72		107		82
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	354		517		410
Humedad	%	20.3		20.7		20.0
Promedio de la humedac	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	25	301	100	18	233	78	8	137	46
1.00	1.300	0.50	38	427	142	29	340	113	19	243	81
1.30	1.900	0.075	62	659	220	43	475	158	31	359	120
2.00	2.500	0.100	86	891	297	62	659	220	38	427	142
3.00	3.800	0.150	1023	9945	3315	86	891	297	49	533	178
4.00	5.000	0.200	158	1586	529	98	1007	336	63	668	223
5.00	6.000	0.250	194	1934	645	123	1248	416	78	813	271
6.00	7.500	0.300	315	3103	1034	148	1490	497	96	987	329
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

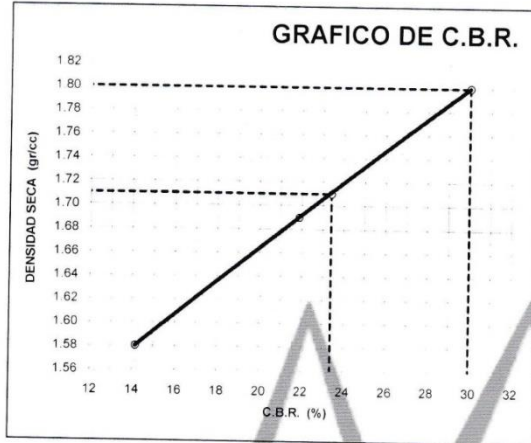
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

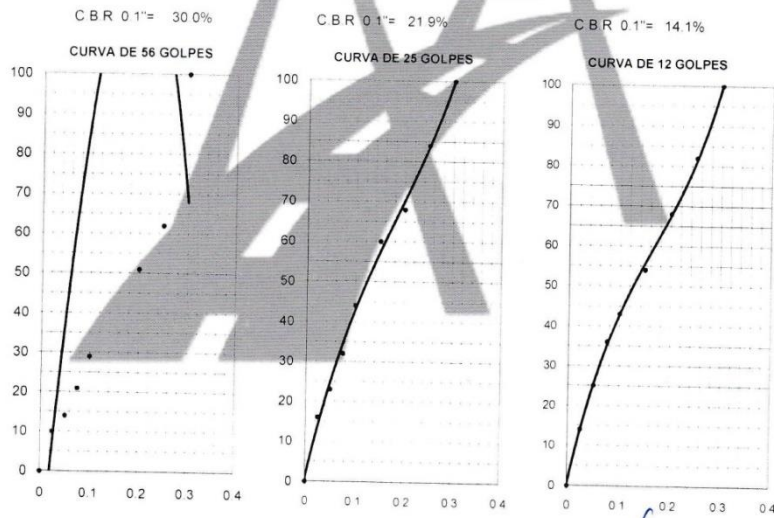
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CAL
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 12/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
 C.B.R.01" AL 100% = 30.0%
 C.B.R.01" AL 95% M.D.S. = 23.4%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotextil, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION- PROYECTOS DE INGENIERIA

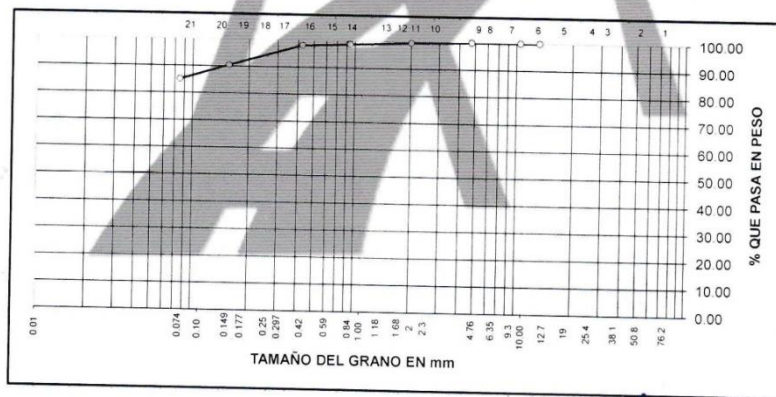


PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 01+6% CAL**
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)
 TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 : SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 16/02/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 2362 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500						Arena : 14.94 %
1"	25.000						Fino : 85.06 %
3/4"	19.000						W natural : 14.94 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L. : 26.93 %
No.10	2.000	10.00	0.42	0.42	99.58		L.P. : 25.08 %
No.20	0.840	20.00	0.85	1.27	98.73		I.P. : 1.85 %
No.40	0.425	14.00	0.59	1.86	98.14		
No.100	0.150	180.00	7.82	9.48	90.52		CLASIFICACION
No.200	0.075	129.00	5.46	14.94	85.06		SUCS : ML
<No.200		2,009.00	85.06	100.0			AASHTO : A-4(5)

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

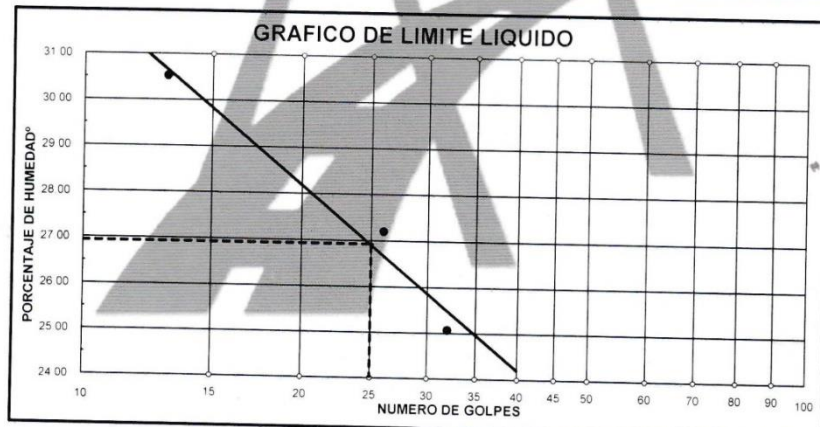
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : **CALICATA 01+6% CAL**
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 16/02/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No	g	%	27T	28T	
01. No DE GOLPES	32	26	13			
02. TARRO No	15	16	17	27T	28T	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	30.12	29.25	27.32	30.42	
04. SUELO SECO * TARRO	g	27.62	26.81	25.36	28.56	
05. PESO DEL AGUA	g	2.50	2.44	1.96	1.86	
06. PESO DEL TARRO	g	17.65	17.84	18.94	21.15	
07. PESO DEL SUELO SECO	g	9.97	8.97	6.42	7.41	
08. HUMEDAD	%	25.08	27.20	30.53	25.10	
L.L.=		26.93 %	L.P.=	25.08 %	I.P.=	1.85 %



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingenieros de Pavimentos, Terrestre, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALBERTO YATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL

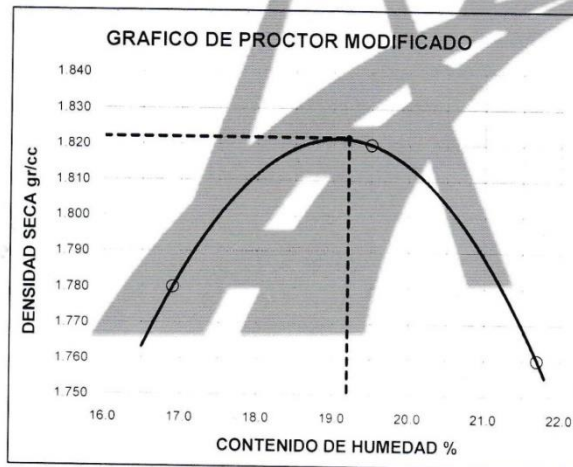
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTO - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 01+6% CAL
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
 TESISITAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 16/02/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.818	10.995	10.926		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.271	4.448	4.379		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.08	2.17	2.14		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	726.00	798.00	1.099.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	621.00	668.00	903.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	105.00	130.00	196.00		
PESO DE SUELO SECO	621.00	668.00	903.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	16.90	19.50	21.70		
DENSIDAD SECA	1.78	1.82	1.76		



Max. densidad seca
1.822 gr/cm³

Conten. humedad óptima
19.20 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentación, Cimentación, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. C.O.T. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : CALICATA 01+6% CAL TESISISTAS EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 16/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	1	2	3
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
	SUMERG.	SUMERG.	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr. 11121	10926	10686
Peso del molde	gr. 6620	6624	6632
Peso del suelo humedc	gr. 4501	4302	4054
Volúmen del molde	cc. 2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	gr./cc 2.17	2.07	1.95
Humedad	% 19.20	19.20	19.50
Densidad seca	gr./cc 1.820	1.74	1.63
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 479	591	582
Tarro suelo seco	gr. 402	496	487
Agua	gr. 77	95	95
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 402	496	487
Humedad	% 19.2	19.2	19.5
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		DIAL		DIAL	
			EXPANSION m.m.	%	EXPANSION m.m.	%	EXPANSION m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	32	369	123	21	262	87	12	175	58
1.00	1.300	0.50	47	514	171	39	436	145	23	282	94
1.30	1.900	0.075	82	852	284	61	649	216	36	407	136
2.00	2.600	0.100	114	1161	387	82	852	284	47	514	171
3.00	3.800	0.150	142	1432	477	103	1055	352	59	630	210
4.00	5.000	0.200	179	1789	596	126	1277	426	76	794	265
5.00	6.000	0.250	226	2243	748	147	1480	493	92	949	316
6.00	7.500	0.300	363	3567	1189	169	1693	564	135	1364	455
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentaciones y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL

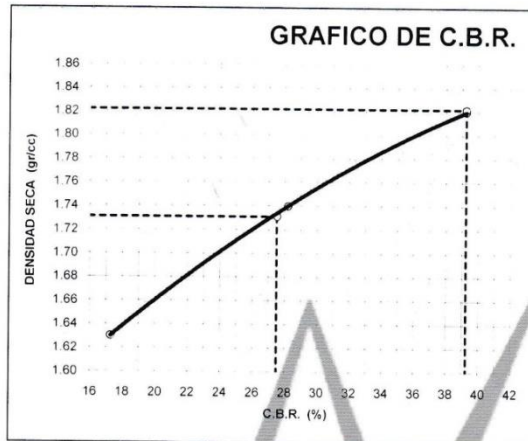


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

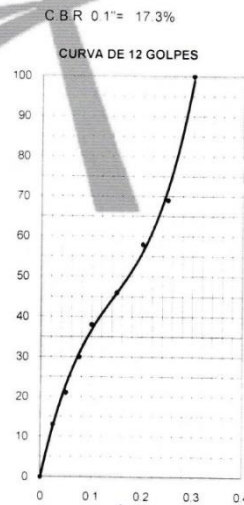
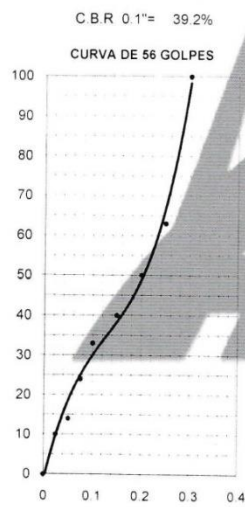
PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 01+6% CAL
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 16/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
C.B.R 0.1" AL 100% = 39.2%
C.B.R 0.1" AL 95% M.D.S. = 27.5%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Nº de C.B. Nº 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



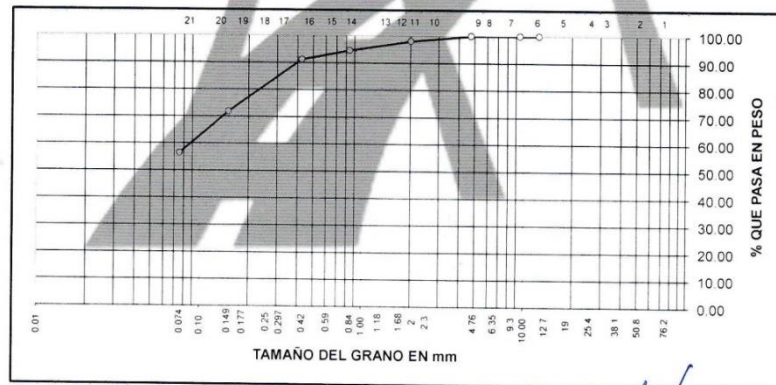
MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 01+2% CEMENTO** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 17/02/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 596 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500						Arena : 43.63 %
1"	25.000						Fino : 56.37 %
3/4"	19.000						W natural : 10.23 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		LL : 31.29 %
No.10	2.000	12.00	2.01	2.01	97.99		LP : 24.27 %
No.20	0.840	20.00	3.36	5.37	94.63		IP : 7.02 %
No.40	0.425	20.00	3.36	8.73	91.27		
No.100	0.150	116.00	19.46	28.19	71.81		CLASIFICACION
No.200	0.075	92.00	15.44	43.63	56.37		SUCS : ML
<No.200		336.00	56.37	100.0			AASHTO : A-4(4)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUÑO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTORÍA CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.

PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

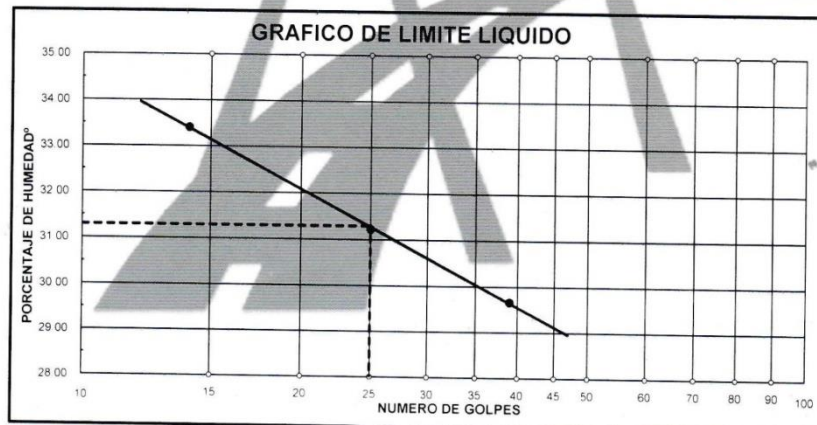
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 17/02/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No.	g	%	31T	32T
01. No. DE GOLPES	39	25	14		
02. TARRO No.	4	25	5		
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	33.82	34.13	29.24	31.34
04. SUELO SECO * TARRO	g	30.50	31.52	26.37	29.60
05. PESO DEL AGUA	g	3.32	2.61	2.67	1.74
06. PESO DEL TARRO	g	19.31	23.16	17.78	22.40
07. PESO DEL SUELO SECO	g	11.19	8.36	8.59	7.20
08. HUMEDAD	%	29.67	31.22	33.41	24.17
<p>L.L.= 31.29 % L.P.= 24.27 % I.P.= 7.02 %</p>					



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Edificación, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

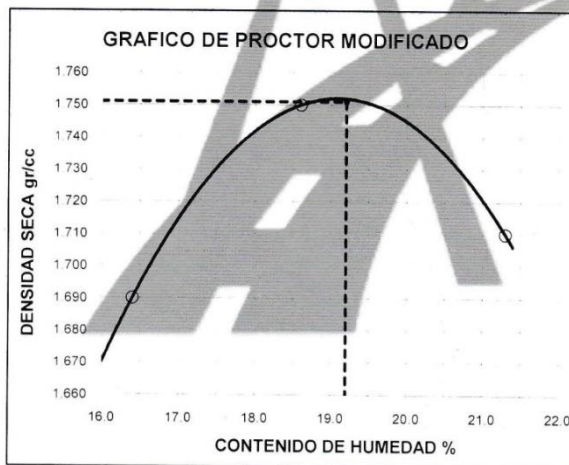
PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CEMENTO **TESISTAS :** EDER ELIAB CHURA MAMAN
 SAUL ROMERO YUPANQUI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) **FECHA :** 17/02/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.581	10.792	10.816		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.034	4.245	4.269		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	1.97	2.07	2.08		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	426.00	694.00	547.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	366.00	585.00	451.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	60.00	109.00	96.00		
PESO DE SUELO SECO	366.00	585.00	451.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	16.40	18.60	21.30		
DENSIDAD SECA	1.69	1.75	1.71		



Max. densidad seca
1.751 gr/cm³

Conten. humedad óptima
19.20 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos / Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 No. Colección 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UP&U JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CEMENTO TESISTAS EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 17/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	1		2		3	
	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Molde N°	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SUMERG		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo humedo	gr	10936		10679		10485
Peso del molde	gr	6620		6624		6632
Peso del suelo humedo	gr	4316		4055		3853
Volumen del molde	cc	2077.3		2077.3		2077.3
Densidad Humeda	gr/cc	2.08		1.95		1.85
Humedad	%	19.10		19.20		19.30
Densidad seca	gr/cc	1.750		1.64		1.55
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo humedo	gr	424		622		637
Tarro suelo seco	gr	356		522		534
Agua	gr	68		100		103
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	356		522		534
Humedad	%	19.1		19.2		19.3
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		DIAL		DIAL	
			m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	16	214	71	13	185	62	5	108	36
1.00	1.300	0.50	21	262	87	21	262	87	10	156	52
1.30	1.900	0.075	45	494	165	32	369	123	17	224	75
2.00	2.500	0.100	66	697	232	43	475	158	24	291	97
3.00	3.800	0.150	82	852	284	58	620	207	35	398	133
4.00	5.000	0.200	119	1209	403	67	707	236	44	485	162
5.00	6.000	0.250	143	1441	480	79	823	274	57	610	203
6.00	7.500	0.300	198	1973	658	93	958	319	72	755	252
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Estructuras, Consultoría y Construcción

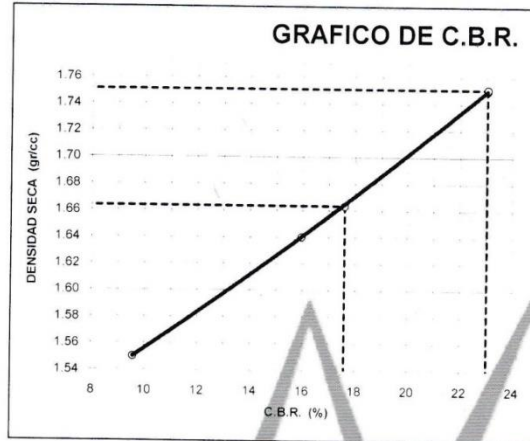
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
REG. PROF. N° 81702

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

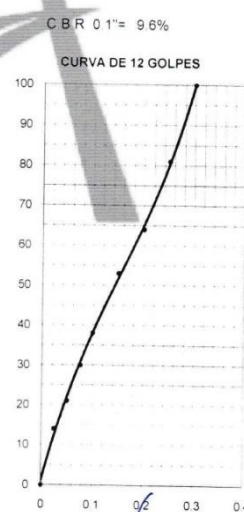
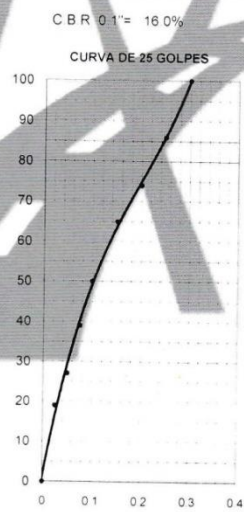
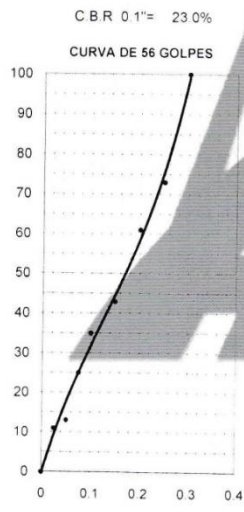
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 01+2% CEMENTO
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0 00-1 50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 17/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
 C.B.R.01" AL 100% = 23.0%
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 17.6%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA JUNO EIRL
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 N.º de Colegiado: 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

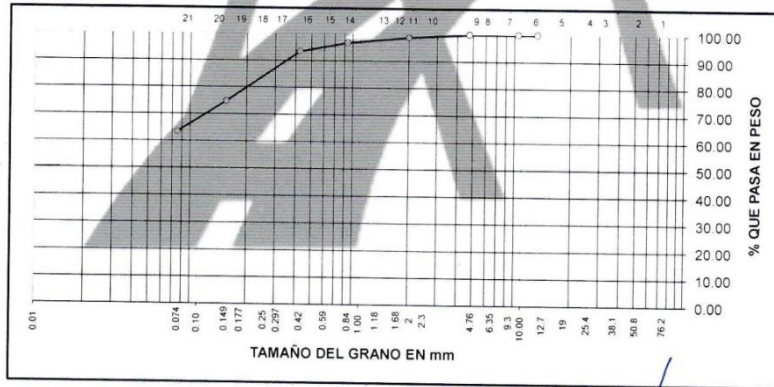
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 01+4% CEMENTO** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 20/02/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75 000						Peso inicial : 716 Grs
2 1/2"	63 000						Peso fracción : Grs
2"	50 000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37 500						Arena : 36.59 %
1"	25 000						Fino : 63.41 %
3/4"	19 000						W natural : 11.59 %
1/2"	12 500				100.00		
3/8"	9 500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4 750	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L. : 29.72 %
No.10	2 000	8.00	1.12	1.12	98.88		L.P. : 25.06 %
No.20	0.840	15.00	2.09	3.21	96.79		I.P. : 4.67 %
No.40	0.425	24.00	3.35	6.56	93.44		
No.100	0.150	134.00	18.72	25.28	74.72		CLASIFICACION
No.200	0.075	81.00	11.31	36.59	63.41		SUCS : ML
<No.200		454.00	63.41	100.0			AASHTO : A-4(6)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA FUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Construcción y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 81172



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.

PROGRESIVA : **CALICATA 01+4% CEMENTO** **TESISTAS** : EDER ELIAB CHURA MAMANI

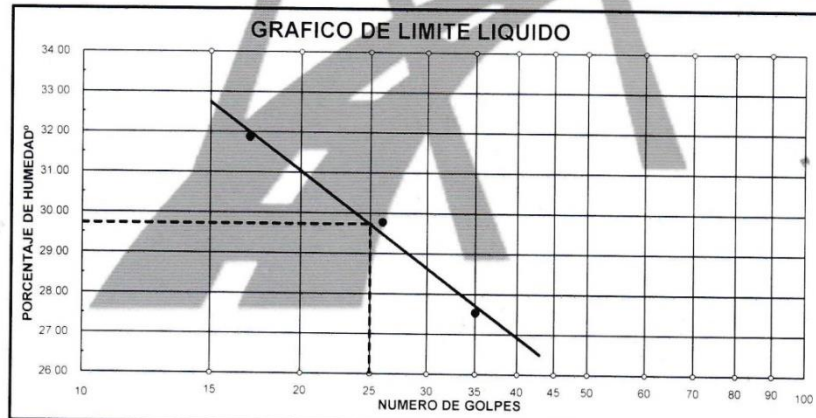
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) **FECHA** : 20/02/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No	g	%	No	g
01 No DE GOLPES					
02 TARRO No	26	27	28	27T	28T
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g 30.29	30.93	29.23	27.15	31.54
04. SUELO SECO * TARRO	g 27.56	28.08	26.82	26.23	29.65
05. PESO DEL AGUA	g 2.73	2.85	2.41	0.92	1.89
06. PESO DEL TARRO	g 17.65	18.51	19.26	22.41	22.39
07. PESO DEL SUELO SECO	g 9.91	9.57	7.56	3.82	7.26
08. HUMEDAD	% 27.55	29.78	31.88	24.08	26.03

L.L.=	29.72 %	L.P.=	25.06 %	I.P.=	4.67 %
--------------	----------------	--------------	----------------	--------------	---------------



GEOTECNIA PUÑO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentaciones y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. C.O.P.E. N° 1332

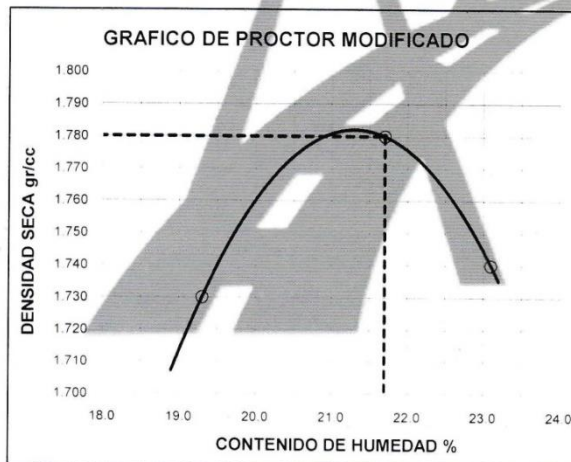
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CEMENTO **TESISTAS** : EDER ELIAB CHURA MAMAN
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **SAUL ROMERO YUPANQUI**
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) **FECHA** : 20/02/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.762	10.986	10.926		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.215	4.439	4.379		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.06	2.17	2.14		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	574.00	674.00	816.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	481.00	554.00	663.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	93.00	120.00	153.00		
PESO DE SUELO SECO	481.00	554.00	663.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	19.30	21.70	23.10		
DENSIDAD SECA	1.73	1.78	1.74		



Max. densidad seca
1.780 gr/cm³
 Contén. humedad óptima
21.70 %

GEOTECNIA HUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Ren. CIP/04 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 20/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	4		5		6	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Goipes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo humedo gr	11125		10903		10658	
Peso del molde gr	6620		6624		6632	
Peso del suelo humedo gr	4505		4279		4026	
Volumen del molde cc	2077.3		2077.3		2077.3	
Densidad Humeda gr/cc	2.17		2.06		1.94	
Humedad %	21.60		21.20		21.90	
Densidad seca gr/cc	1.780		1.70		1.59	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo humedo gr	642		778		612	
Tarro suelo seco gr	528		642		502	
Agua gr	114		136		110	
Peso del Tarro gr	0		0		0	
Peso del suelo seco gr	528		642		502	
Humedad %	21.6		21.2		21.9	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		DIAL		DIAL	
			EXPANSION m.m.	%	EXPANSION m.m.	%	EXPANSION m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg²	Dial	Lb	Lb/plg²	Dial	Lb	Lb/plg²
0.30	0.600	0.25	23	282	94	16	214	71	7	127	42
1.00	1.300	0.50	34	388	129	24	291	97	17	224	75
1.30	1.900	0.075	57	610	203	38	427	142	27	320	107
2.00	2.500	0.100	81	842	281	61	649	216	35	398	133
3.00	3.800	0.150	108	1103	368	81	842	281	45	494	165
4.00	5.000	0.200	147	1480	493	105	1074	358	59	630	210
5.00	6.000	0.250	189	1886	629	136	1374	458	76	794	265
6.00	7.500	0.300	295	2910	970	144	1451	484	94	968	323
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO EIRL
Ingeniería de Penetración, Geotecnología, Asesoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Especialidad N° 32

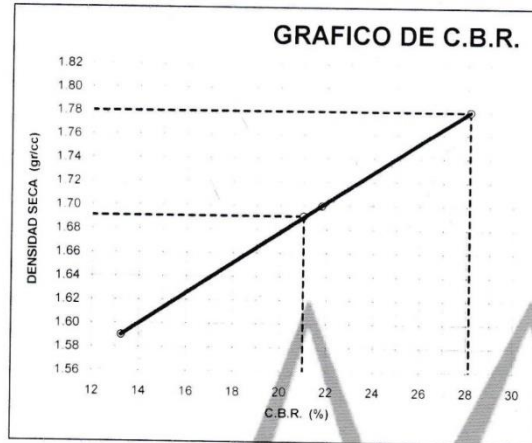


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTIVA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 01+4% CEMENTO
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 20/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.

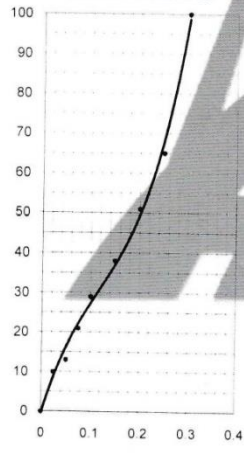
C.B.R. 0.1" AL 100% = 28.1%
C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 21.0%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"

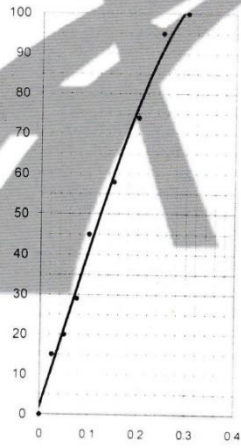
C.B.R. 0.1" = 28.1%

CURVA DE 56 GOLPES



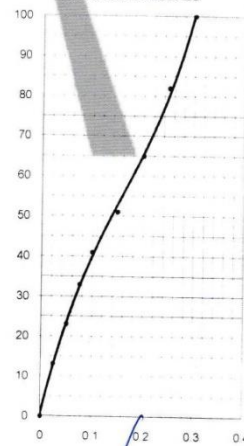
C.B.R. 0.1" = 21.8%

CURVA DE 25 GOLPES



C.B.R. 0.1" = 13.2%

CURVA DE 12 GOLPES



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.M. CI.: N° 1732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : **CALICATA 01+6% CEMENTO** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI

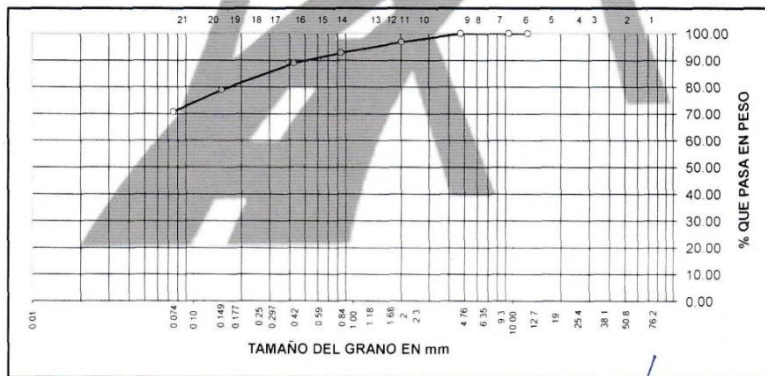
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 25/02/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Támices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 1326 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 0.00 %
1 1/2"	37.500						Arena : 29.27 %
1"	25.000						Fino : 70.73 %
3/4"	19.000						W natural : 11.99 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L. : 26.91 %
No.10	2.000	42.00	3.17	3.17	96.83		L.P. : 25.82 %
No.20	0.840	53.00	4.00	7.17	92.83		I.P. : 1.10 %
No.40	0.425	51.00	3.85	11.02	88.98		
No.100	0.150	134.00	10.11	21.13	78.87		CLASIFICACION
No.200	0.075	108.00	8.14	29.27	70.73		SUCS : ML
<No.200		938.00	70.73	100.0			AASHTO : A-4(6)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA ALFREDO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. G.P. N° 01732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

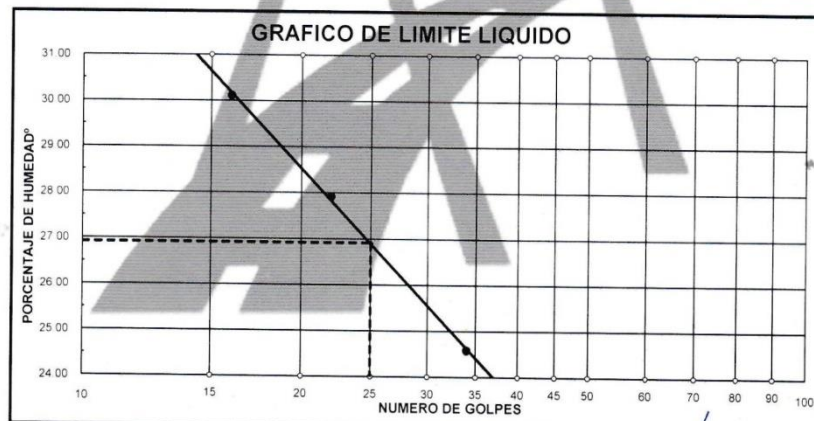
PROGRESIVA : **CALICATA 01+6% CEMENTO** **TESISTAS** : EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **SAUL ROMERO YUPANQUI**

PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) **FECHA** : 25/02/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No	g	%	30T	31T
01 No DE GOLPES	34	22	16		
02 TARRO No	35	36	37	30T	31T
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	31.42	28.32	29.54	26.32
04 SUELO SECO * TARRO	g	28.74	26.12	27.82	25.40
05 PESO DEL AGUA	g	2.68	2.20	1.72	0.92
06 PESO DEL TARRO	g	17.84	18.24	21.26	21.78
07 PESO DEL SUELO SECO	g	10.90	7.88	6.56	3.62
08 HUMEDAD	%	24.59	27.92	26.22	25.41
L.L.= 26.91 % L.P.= 25.82 % I.P.= 1.10 %					



GEOTECNIA PINO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. C.O.T. 1701732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTO - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

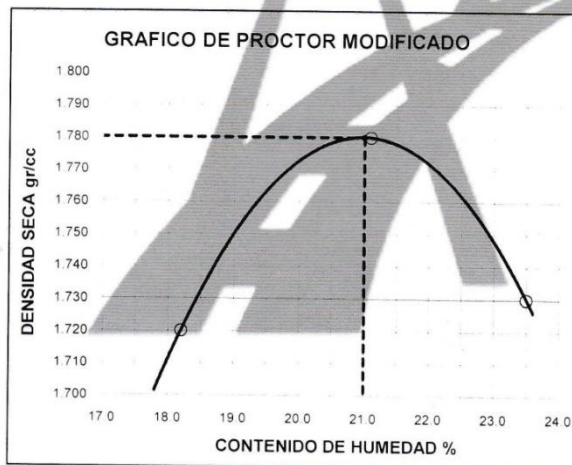
PROGRESIVA : CALICATA 01+6% CEMENTO **TESISTAS :** EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) **FECHA :** 25/02/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.715	10.952	10.925		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.168	4.405	4.378		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.03	2.15	2.14		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	759.00	862.00	908.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	642.00	712.00	735.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	117.00	150.00	173.00		
PESO DE SUELO SECO	642.00	712.00	735.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	18.20	21.10	23.50		
DENSIDAD SECA	1.72	1.78	1.73		



Max. densidad seca
1.780 gr/cm3

Conten. humedad óptima
21.00 %

GEOTECNIA PLANO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

[Signature]

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Nº CIP. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 01+6% CEMENTO TESISITAS EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 25/02/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

		1		2		3	
Molde N°		5		5		5	
Capa N°		56		25		12	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11095		10841		10592	
Peso del molde	gr.	6620		6624		6632	
Peso del suelo húmedo	gr.	4475		4217		3960	
Volumen del molde	cc.	2077.3		2077.3		2077.3	
Densidad Humeda	gr/cc	2.15		2.03		1.91	
Humedad	%	20.90		20.60		21.50	
Densidad seca	gr/cc	1.780		1.68		1.57	
Tarro N°		1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.	539		638		694	
Tarro suelo seco	gr.	446		529		571	
Agua	gr.	93		109		123	
Peso del Tarro	gr.	0		0		0	
Peso del suelo seco	gr.	446		529		571	
Humedad	%	20.9		20.6		21.5	
Promedio de la humedad	%						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	28	330	110	19	243	81	13	185	62
1.00	1.300	0.50	44	485	162	37	417	139	24	291	97
1.30	1.900	0.075	77	804	268	57	610	203	38	427	142
2.00	2.500	0.100	109	1113	371	82	852	284	49	533	178
3.00	3.800	0.150	138	1393	464	93	958	319	63	668	223
4.00	5.000	0.200	163	1635	545	118	1200	400	86	891	297
5.00	6.000	0.250	217	2156	719	137	1383	461	103	1055	352
6.00	7.500	0.300	352	3461	1154	154	1548	516	127	1287	429
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 21232



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTA Y CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEL JULIACA

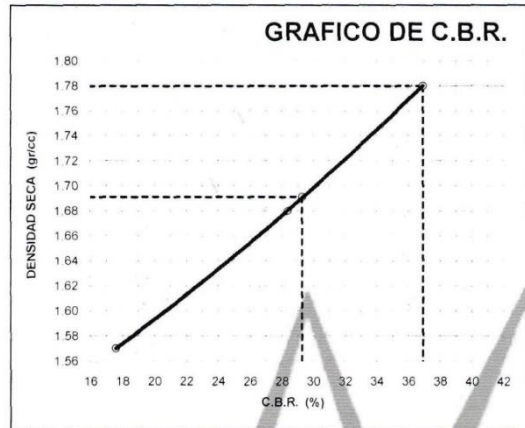
PROGRESIVA : CALICATA 01+6% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 25/02/2017



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1" AL 100% = 36.9%

C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S. = 29.3%

LEYENDA

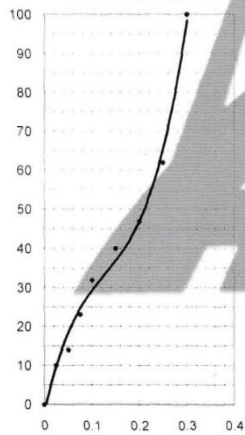
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1" = 36.9%

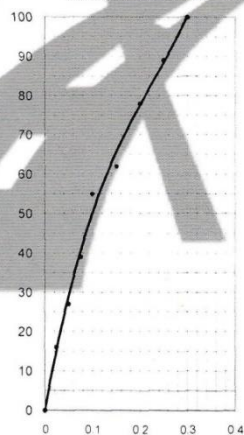
C.B.R. 0.1" = 28.4%

C.B.R. 0.1" = 17.6%

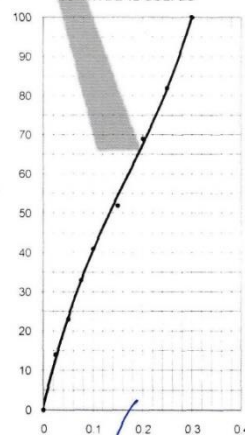
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



GEOTECNIA RINNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Construcción y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.C. 1171722



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

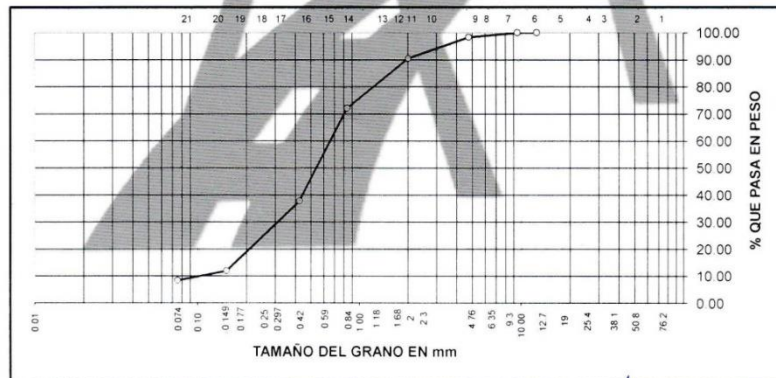
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 02** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 01/04/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 512 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 1.56 %
1 1/2"	37.500						Arena : 90.04 %
1"	25.000						Fino : 8.40 %
3/4"	19.000						W natural : 11.13 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	8.00	1.56	1.56	98.44		L.L. : 26.86 %
No.10	2.000	40.00	7.81	9.37	90.63		L.P. : NP %
No.20	0.840	95.00	18.55	27.92	72.08		I.P. : NP %
No.40	0.425	175.00	34.18	62.10	37.90		
No.100	0.150	133.00	25.98	88.08	11.92		CLASIFICACION
No.200	0.075	18.00	3.52	91.60	8.40		SUCS : SP-SM
<No.200		43.00	8.40	100.0			AASHTO : A-1-b(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 02

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

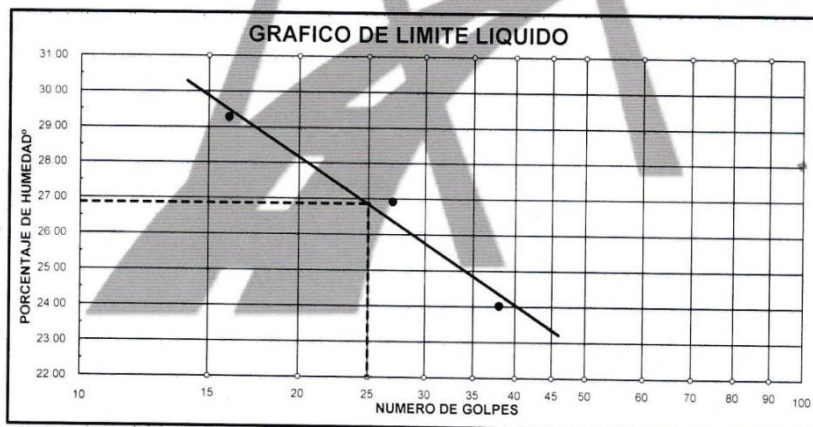
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 01/04/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No	g	%	No	g	%
01 No DE GOLPES						
02 TARRO No	5	6	9			
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g 32.80	29.64	26.37			
04 SUELO SECO * TARRO	g 30.19	27.02	23.84			
05 PESO DEL AGUA	g 2.61	2.62	2.53			
06 PESO DEL TARRO	g 19.33	17.29	15.20			NP
07 PESO DEL SUELO SECO	g 10.86	9.73	8.64			
08 HUMEDAD	% 24.03	26.93	29.28			
L.L.= 26.86 % L.P.= NP % I.P.= NP %						



GEOTECNIA PUNO EIRL
Ingeniería de Pavimentos, Calles, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.O.C. 001417-01732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.

PROGRESIVA : CALICATA 02

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

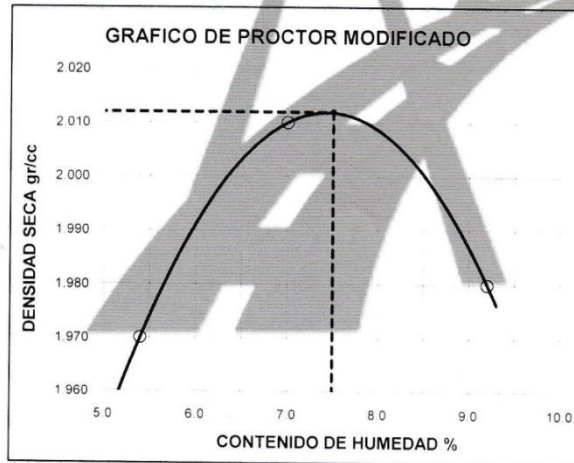
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 01/04/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.806	10.960	10.979		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.259	4.413	4.432		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.08	2.15	2.16		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	542.00	521.00	452.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	514.00	487.00	414.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	28.00	34.00	38.00		
PESO DE SUELO SECO	514.00	487.00	414.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	5.40	7.00	9.20		
DENSIDAD SECA	1.97	2.01	1.98		



Max densidad seca
2.012 gr/cm³

Conten. humedad óptima
7.50 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIR. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPBU JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 02 TESISISTAS EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 01/04/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR SUMERG
Peso molde + suelo húmedo gr.	12201	11963	11823
Peso del molde gr.	7710	7702	7780
Peso del suelo húmedo gr.	4491	4261	4043
Volumen del molde cc.	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda gr/cc	2.16	2.05	1.95
Humedad %	7.50	7.40	7.40
Densidad seca gr/cc	2.010	1.91	1.82
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo gr.	532	640	535
Tarro suelo seco gr.	495	596	498
Agua gr.	37	44	37
Peso del Tarro gr.	0	0	0
Peso del suelo seco gr.	495	596	498
Humedad %	7.5	7.4	7.4
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			m.m.	%	m.m.	%		m.m.	%			

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²
0.30	0.600	0.25	45	99	33	28	61.6	21	19	41.8	14
1.00	1.300	0.50	144	316.8	106	68	149.6	50	52	114.4	38
1.30	1.900	0.075	294	646.8	216	264	580.8	194	158	347.6	116
2.00	2.500	0.100	475	1045	348	328	721.6	241	251	552.2	184
3.00	3.800	0.150	745	1639	546	492	1082.4	361	362	796.4	265
4.00	5.000	0.200	934	2054.8	685	638	1403.6	468	462	1016.4	339
5.00	6.000	0.250	1025	2255	752	924	2032.8	678	623	1370.6	457
6.00	7.500	0.300	1284	2824.8	942	974	2142.8	714	736	1619.2	540
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA HUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 11777

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

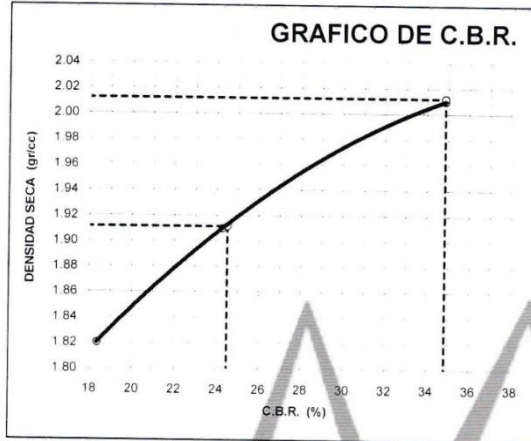
PROGRESIVA : CALICATA 02

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 01/04/2017



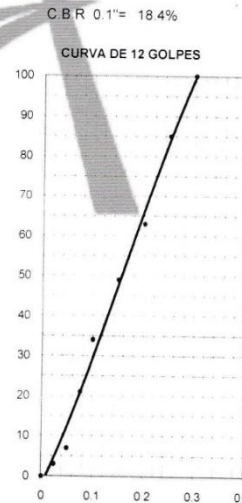
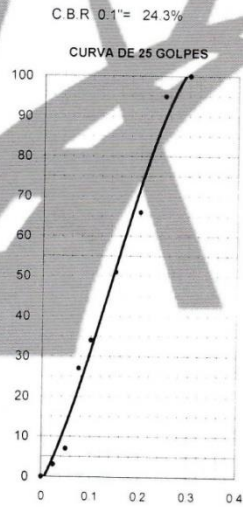
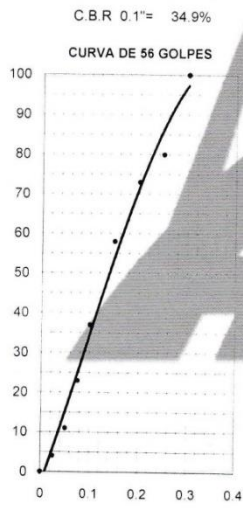
PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 34.9%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 24.5%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA YUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Estudios, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

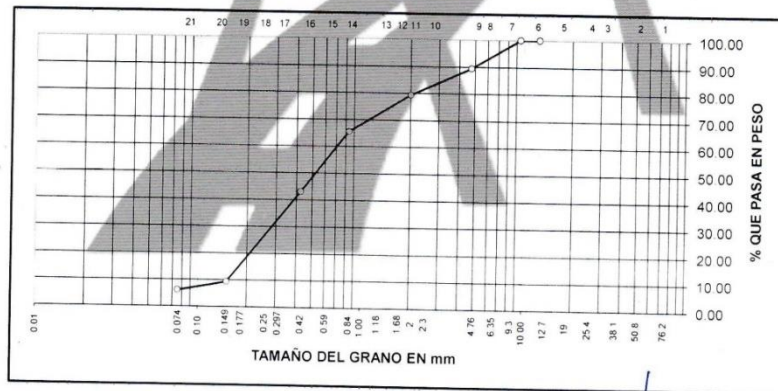
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 03** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 05/04/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 430 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 10.47 %
1 1/2"	37.500						Arena : 83.49 %
1"	25.000						Fino : 6.04 %
3/4"	19.000						W natural : 10.70 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No D4	4.750	45.00	10.47	10.47	89.53		L.L. : 25.67 %
No. 10	2.000	44.00	10.23	20.70	79.30		L.P. : NP %
No. 20	0.840	59.00	13.72	34.42	65.58		I.P. : NP %
No 40	0.425	97.00	22.56	56.98	43.02		
No. 100	0.150	145.00	33.72	90.70	9.30		CLASIFICACION
No 200	0.075	14.00	3.26	93.96	6.04		SUCS : SP-SM
<No 200	26.00	6.04	100.0				AASHTO : A-1-b(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA YUPANO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Rub. CIP. 01732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

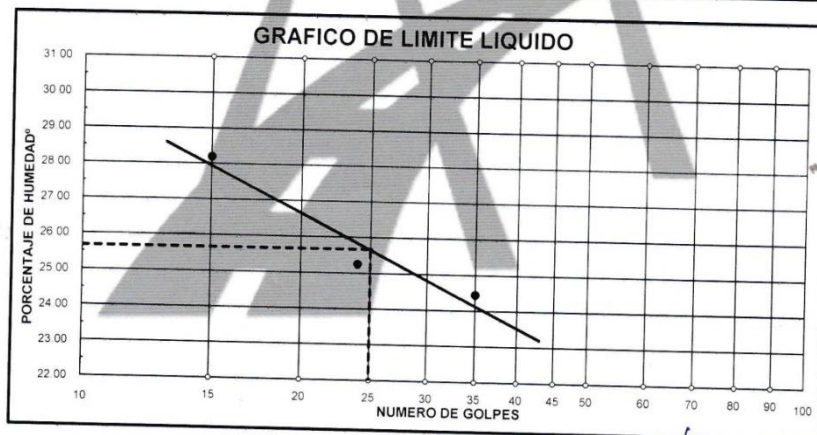
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 03
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 05/04/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No	g	%	No	g	%
01 No DE GOLPES						
02 TARRO	No					
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	33.18	28.04	28.02		
04 SUELO SECO * TARRO	g	30.28	26.06	25.42		
05 PESO DEL AGUA	g	2.90	1.98	2.60		
06 PESO DEL TARRO	g	18.42	18.21	16.20		NP
07 PESO DEL SUELO SECO	g	11.86	7.85	9.22		
08 HUMEDAD	%	24.45	25.25	28.20		
L.L.= 25.67 % L.P.= NP % I.P.= NP %						



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotextil, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEL JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 03

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

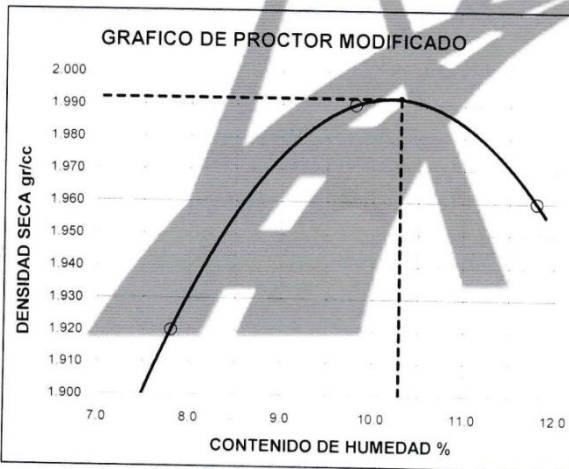
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 05/04/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,781	11,028	11,036		
PESO MOLDE	6,547	6,547	6,547		
PESO SUELO COMPACTADO	4,234	4,481	4,489		
VOLUMEN DEL MOLDE	2,050	2,050	2,050		
DENSIDAD HUMEDA	2,07	2,19	2,19		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	558,00	574,00	491,00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	516,00	523,00	439,00		
PESO RECIPIENTE	0,00	0,00	0,00		
PESO DE AGUA	40,00	51,00	52,00		
PESO DE SUELO SECO	516,00	523,00	439,00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	7,80	9,80	11,80		
DENSIDAD SECA	1,92	1,99	1,96		



Max. densidad seca
1.992 gr/cm³

Conten. humedad óptima
10.30 %

GEOTECNIA RIANO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARGÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 24732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS- CIMENTACIONES- SUPERVISION- PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 03 TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA : 05/04/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 12279	12032	11874
Peso del molde	gr. 7710	7702	7780
Peso del suelo húmedo	gr. 4569	4330	4094
Volumen del molde	cc. 2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	gr./cc. 2.2	2.08	1.97
Humedad	% 10.80	10.40	10.50
Densidad seca	gr./cc. 1.990	1.88	1.78
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 564	671	716
Tarro suelo seco	gr. 509	608	648
Agua	gr. 55	63	68
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 509	608	648
Humedad	% 10.8	10.4	10.5
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		DIAL		DIAL	
			EXPANSION m.m.	%	EXPANSION m.m.	%	EXPANSION m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	p/g	Dial	Lb	Lb/pig'	Dial	Lb	Lb/pig'	Dial	Lb	Lb/pig'
0.30	0.600	0.25	24	52.8	18	19	41.8	14	13	28.6	10
1.00	1.300	0.50	123	270.6	90	56	123.2	41	41	90.2	30
1.30	1.900	0.075	274	602.8	201	189	415.8	139	148	325.6	109
2.00	2.500	0.100	410	902	301	284	624.8	208	231	508.2	169
3.00	3.800	0.150	626	1377.2	459	372	818.4	273	312	686.4	229
4.00	5.000	0.200	854	1878.8	626	562	1236.4	412	347	763.4	254
5.00	6.000	0.250	938	2063.6	688	754	1658.8	553	582	1280.4	427
6.00	7.500	0.300	1025	2255	752	895	1969	656	682	1500.4	500
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA RUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.P. N° 81732

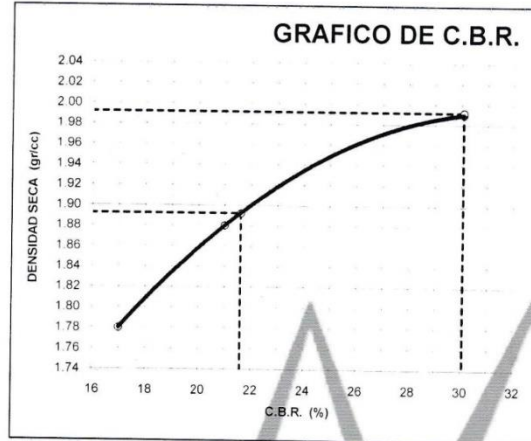


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

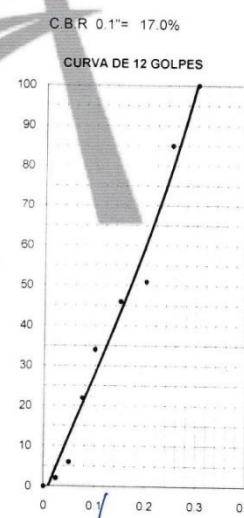
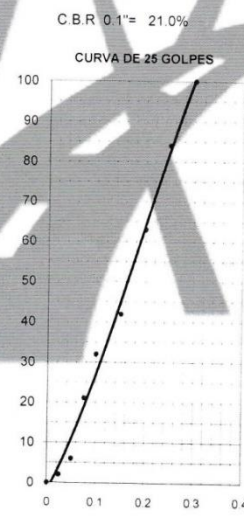
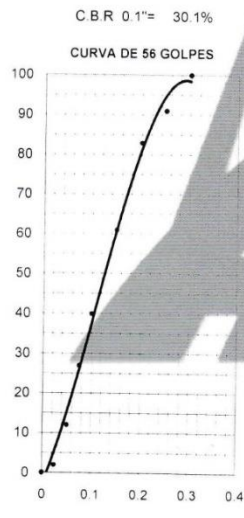
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 03
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 05/04/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
C.B.R 0.1" AL 100% = 30.1%
C.B.R 0.1" AL 95% M.D.S. = 21.6%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.O.S. C.P. N° 81732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

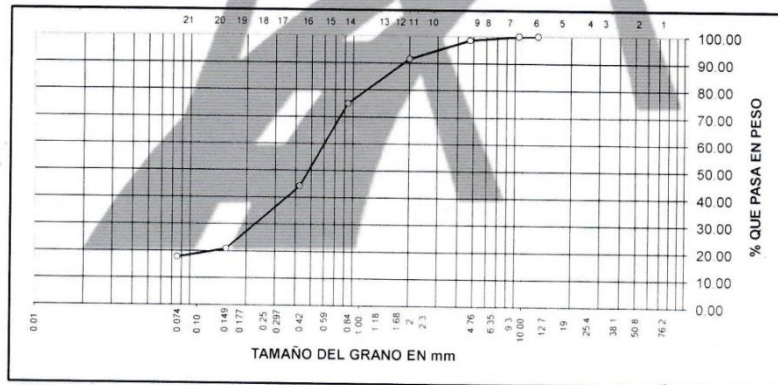
MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 04** TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 01/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75 000						Peso inicial : 570 Grs
2 1/2"	63 000						Peso fracción : Grs
2"	50 000						Grava : 1.40 %
1 1/2"	37 500						Arena : 80.88 %
1"	25 000						Fino : 17.72 %
3/4"	19 000						W natural : 12.11 %
1/2"	12 500				100.00		
3/8"	9 500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4 750	8.00	1.40	1.40	98.60		LL : 36.69 %
No.10	2 000	40.00	7.02	8.42	91.58		LP : 27.55 %
No.20	0 840	95.00	16.67	25.09	74.91		IP : 9.15 %
No.40	0 425	175.00	30.70	55.79	44.21		
No.100	0 150	133.00	23.33	79.12	20.88		CLASIFICACION
No.200	0 075	18.00	3.16	82.28	17.72		SUCS : SC
<No.200		101.00	17.72	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA JUNO EIRL.
Ingeniería de Patrimonios Geotécnicos, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Nº 10.173.131-730

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

PROGRESIVA : **CALICATA 04**

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

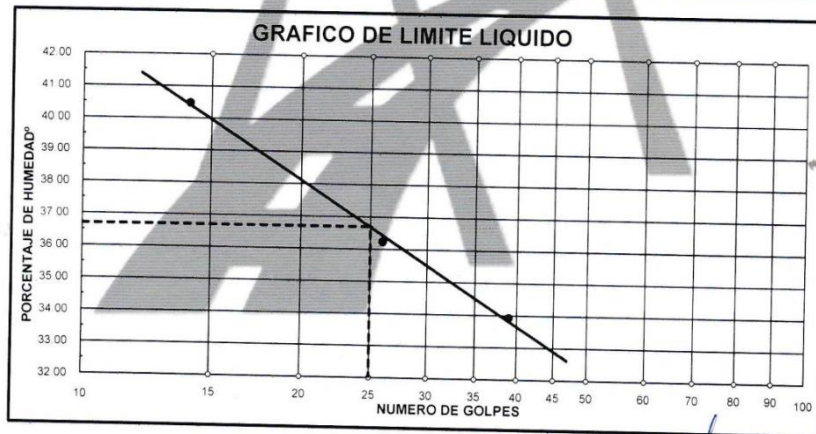
PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 01/03/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No	g	%	g	%
01 No DE GOLPES					
02 TARRO No	5	6	9	41T	42T
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	32.81	30.25	27.33	28.35
04 SUELO SECO * TARRO	g	29.04	26.80	23.78	26.89
05 PESO DEL AGUA	g	3.77	3.45	3.55	1.46
06 PESO DEL TARRO	g	17.93	17.28	15.01	21.73
07 PESO DEL SUELO SECO	g	11.11	9.52	8.77	5.16
08 HUMEDAD	%	33.93	36.24	40.48	28.29
L.L.= 36.69 % L.P.= 27.55 % I.P.= 9.15 %					



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentación, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. D-17 N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

PROGRESIVA : CALICATA 04

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

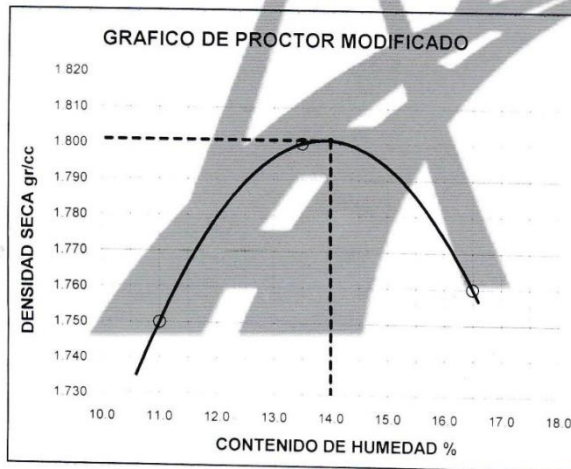
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 01/03/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.526	10.736	10.746		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	3.979	4.189	4.199		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	1.94	2.04	2.05		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	624.00	725.00	635.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	562.00	639.00	545.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	62.00	86.00	90.00		
PESO DE SUELO SECO	562.00	639.00	545.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.00	13.50	16.50		
DENSIDAD SECA	1.75	1.80	1.76		



Max. densidad seca
1.801 gr/cm³

Conten. humedad óptima
14.00 %

GEOTECNIA RINO EIRL
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.N. CIP. N° 11732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS, PAVIMENTOS, CIMENTACIONES, SUPERVISIÓN, PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04 TESISISTAS EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 01/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	10876	10668	10463
Peso del molde	6618	6626	6638
Peso del suelo húmedo	4258	4042	3825
Volumen del molde	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	2.05	1.95	1.84
Humedad	14.20	14.10	14.20
Densidad seca	1.800	1.71	1.61
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	426	591	658
Tarro suelo seco	373	518	576
Agua	53	73	82
Peso del Tarro	0	0	0
Peso del suelo seco	373	518	576
Humedad	14.2	14.1	14.2
Promedio de la humedac			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%				

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	21	262	87	19	243	81	9	147	49
1.00	1.300	0.50	31	359	120	26	311	104	16	214	71
1.30	1.900	0.075	49	533	178	37	417	139	29	340	113
2.00	2.500	0.100	63	668	223	49	533	178	34	388	129
3.00	3.800	0.150	104	1065	355	72	755	252	58	620	207
4.00	5.000	0.200	148	1490	497	93	958	319	69	726	242
5.00	6.000	0.250	184	1838	613	124	1258	419	82	852	284
6.00	7.500	0.300	234	2321	774	184	1838	613	96	987	329
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA HUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentación, Geotecnia, Consultoría y Construcción

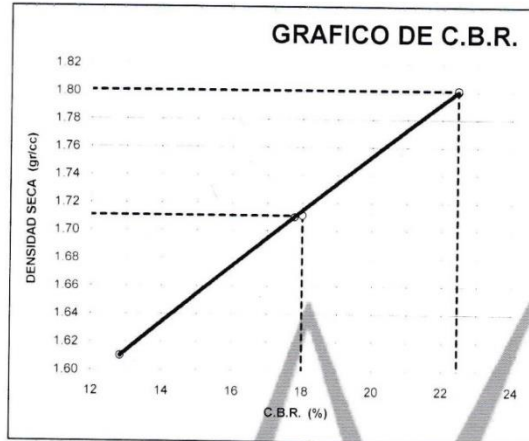
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Hno. CH. 11 81700

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

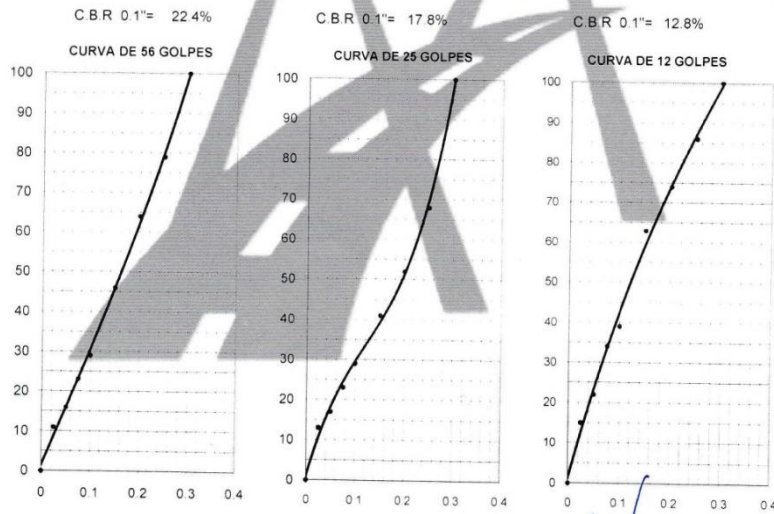
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 04
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 01/03/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
 C.B.R 0.1" AL 100% = **22.4%**
 C.B.R 0.1" AL 95% MDS = **18.0%**

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO EIRL
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

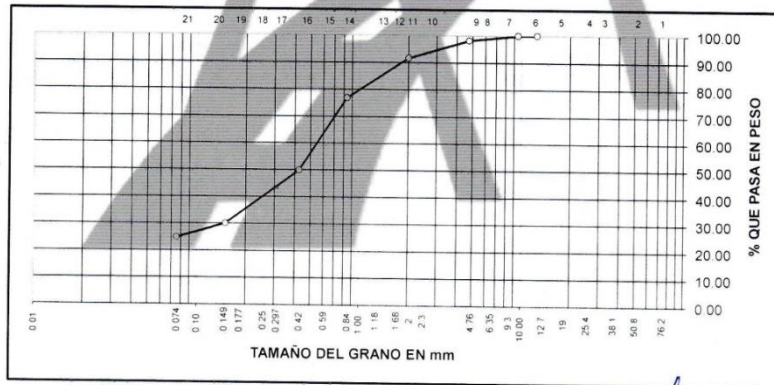
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 04+2% CAL** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0 00- 1.50m (M-1) FECHA : 01/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75 000						Peso inicial : 684 Grs
2 1/2"	63 000						Peso fracción : Grs
2"	50 000						Grava : 1.75 %
1 1/2"	37 500						Arena : 73.39 %
1"	25 000						Fino : 24.86 %
3/4"	19 000						W natural : 14.62 %
1/2"	12 500				100.00		
3/8"	9 500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4 750	12.00	1.75	1.75	98.25		L.L. : 32.32 %
No 10	2 000	45.00	6.58	8.33	91.67		L.P. : 28.12 %
No 20	0.840	102.00	14.91	23.24	76.76		I.P. : 4.20 %
No 40	0.425	184.00	26.90	50.14	49.86		
No 100	0.150	135.00	19.74	69.88	30.12		CLASIFICACION
No 200	0.075	36.00	5.26	75.14	24.86		SUCS : SC-SM
<No 200		170.00	24.86	100.00			AASHTO : A-1-b(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA FINO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 61732

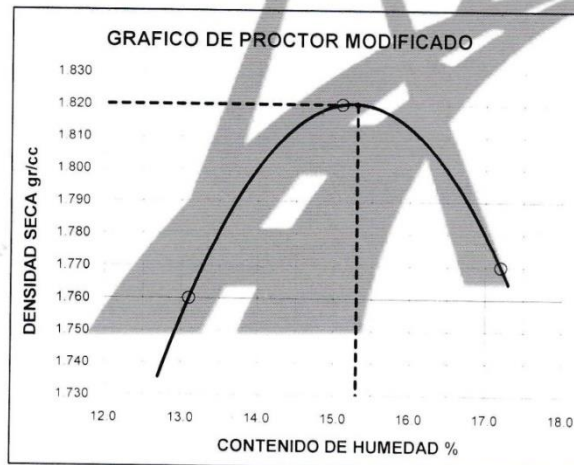
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CAL
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
 TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 01/03/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.618	10.845	10.808		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.071	4.298	4.261		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	1.99	2.10	2.08		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	684.00	692.00	742.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	605.00	601.00	633.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	79.00	91.00	109.00		
PESO DE SUELO SECO	605.00	601.00	633.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	13.10	15.10	17.20		
DENSIDAD SECA	1.76	1.82	1.77		



Max. densidad seca
1.820 gr/cm³

Conten. humedad óptima
15.30 %

GEOTECNIA RUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Estudios, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.O.P. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CAL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 01/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 10974	10752	10542
Peso del molde	gr. 6618	6626	6638
Peso del suelo húmedo	gr. 4356	4126	3904
Volumen del molde	cc. 2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	gr/cc 2.1	1.99	1.88
Humedad	% 15.30	15.60	15.50
Densidad seca	gr/cc 1.820	1.72	1.63
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 482	638	791
Tarro suelo seco	gr. 418	552	685
Agua	gr. 64	86	106
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 418	552	685
Humedad	% 15.3	15.6	15.5
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%	m.m.	%				

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	25	301	100	23	282	94	15	204	68
1.00	1.300	0.50	45	494	165	38	427	142	24	291	97
1.30	1.900	0.075	63	668	223	49	533	178	36	407	136
2.00	2.500	0.100	97	997	332	69	726	242	57	610	203
3.00	3.800	0.150	119	1209	403	92	949	316	78	813	271
4.00	5.000	0.200	167	1673	558	105	1074	358	82	852	284
5.00	6.000	0.250	196	1954	651	139	1403	468	91	939	313
6.00	7.500	0.300	258	2553	851	199	1983	661	103	1055	352
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA MUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotécnica, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R. Nº 12732

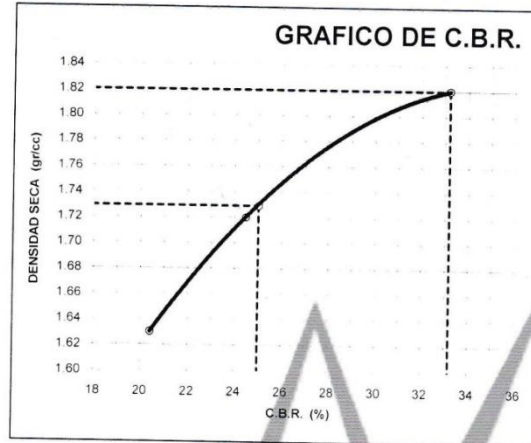


GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

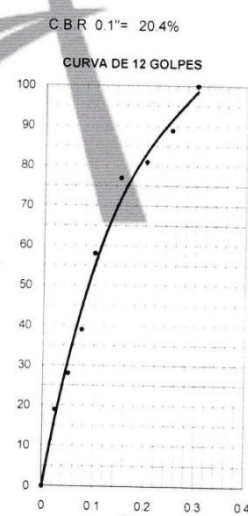
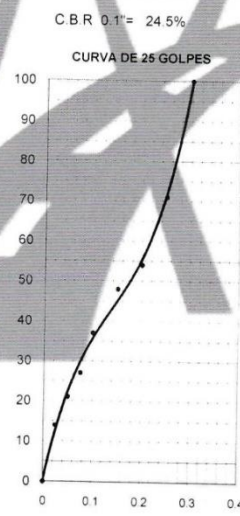
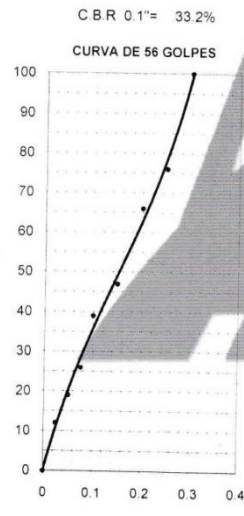
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00-000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CAL
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 01/03/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
C.B.R 0.1" AL 100% = 33.2%
C.B.R 0.1" AL 95% M.D.S. = 25.0%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.M. C.O. 11 01732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS, PAVIMENTOS, CIMENTACIONES, SUPERVISION, PROYECTOS DE INGENIERIA

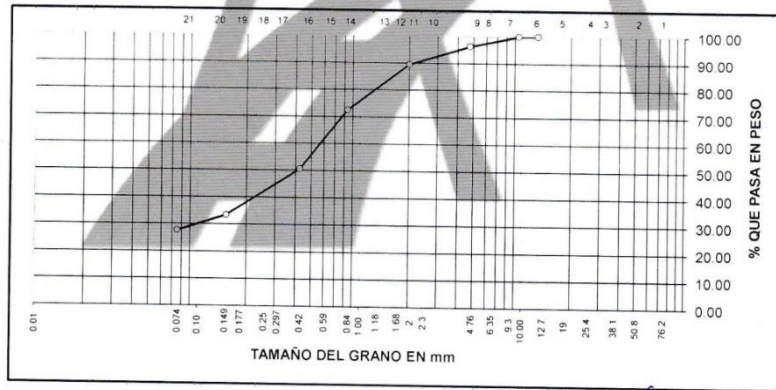


PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 04+4% CAL** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION FECHA : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 05/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 836 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 3.71 %
1 1/2"	37.500						Arena : 68.55 %
1"	25.000						Fino : 27.74 %
3/4"	19.000						W natural : 14.35 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	31.00	3.71	3.71	96.29		L.L. : 28.41 %
No.10	2.000	57.00	6.82	10.53	89.47		L.P. : 26.20 %
No.20	0.840	142.00	16.99	27.52	72.48		I.P. : 2.21 %
No.40	0.425	184.00	22.01	49.53	50.47		
No.100	0.150	142.00	16.99	66.52	33.48		CLASIFICACION
No.200	0.075	48.00	5.74	72.26	27.74		SUCS : SM
<No.200		232.00	27.74	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentación, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.O.T. N° 87732

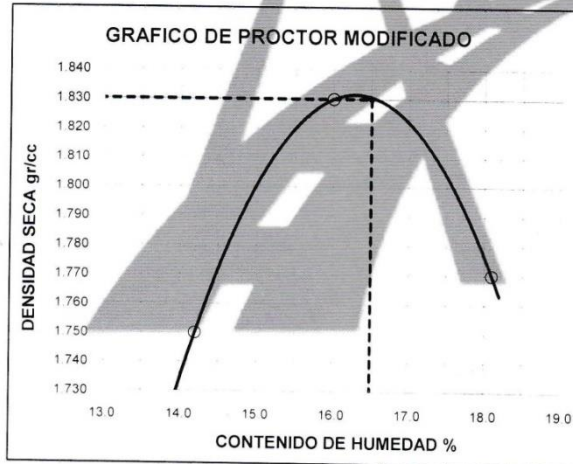
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - FUNDACIONES - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : CALICATA 04+4% CAL
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)
 TESISITAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 05/03/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.643	10.894	10.824		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.096	4.347	4.277		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.00	2.12	2.09		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	726.00	864.00	808.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	636.00	745.00	684.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	90.00	119.00	124.00		
PESO DE SUELO SECO	636.00	745.00	684.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.20	16.00	18.10		
DENSIDAD SECA	1.75	1.83	1.77		



Max. densidad seca
1.830 gr/cm³
 Contén. humedad óptima
16.50 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Construcción Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Ren. CIP. N° 91732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+4% CAL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 05/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo humedo gr	11041	10792	10638
Peso del molde gr	6618	6626	6638
Peso del suelo humedo gr	4423	4166	4000
Volumen del molde cc	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda gr/cc	2.13	2.01	1.93
Humedad %	16.50	16.50	16.30
Densidad seca gr/cc	1.830	1.73	1.66
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo humedo gr	516	529	862
Tarro suelo seco gr	443	454	741
Agua gr	73	75	121
Peso del Tarro gr	0	0	0
Peso del suelo seco gr	443	454	741
Humedad %	16.5	16.5	16.3
Promedio de la humedad %			

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		DIAL		DIAL	
			EXPANSION m.m	%	EXPANSION m.m	%	EXPANSION m.m	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	31	359	120	28	330	110	19	243	81
1.00	1.300	0.50	53	572	191	57	610	203	29	340	113
1.30	1.900	0.075	88	910	303	69	726	242	42	465	155
2.00	2.500	0.100	118	1200	400	91	939	313	63	668	223
3.00	3.800	0.150	142	1432	477	116	1180	393	85	881	294
4.00	5.000	0.200	194	1934	645	147	1480	493	98	1007	336
5.00	6.000	0.250	226	2243	748	169	1693	564	106	1084	361
6.00	7.500	0.300	279	2756	919	215	2137	712	127	1287	429
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA RUNO EIRL
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia Consultoría y Constructora

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL

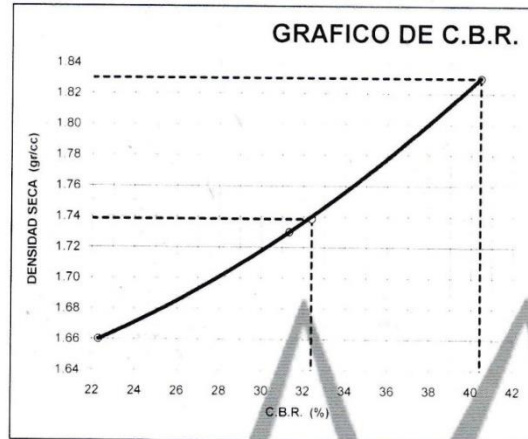
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
PROGRESIVA : CALICATA 04+4% CAL
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 SAUL ROMERO YUPANQUI
FECHA : 05/03/2017



PARAMETROS DE C.B.R.
 C.B.R.01" AL 100% = **40.4%**
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = **32.4%**

LEYENDA

— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 40.4%

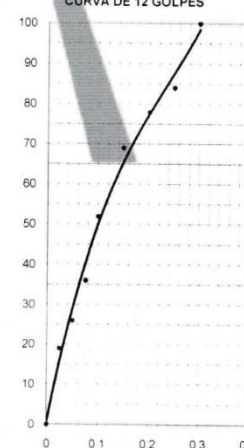
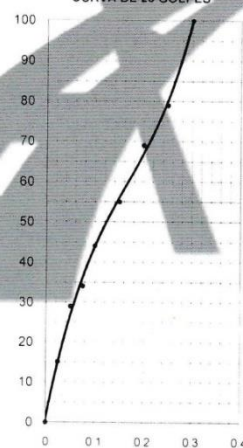
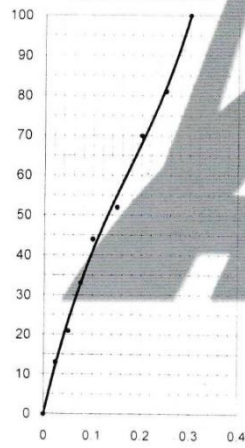
C.B.R 0.1"= 31.3%

C.B.R 0.1"= 22.3%

CURVA DE 56 GOLPES

CURVA DE 25 GOLPES

CURVA DE 12 GOLPES



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Asfaltería y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 1732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

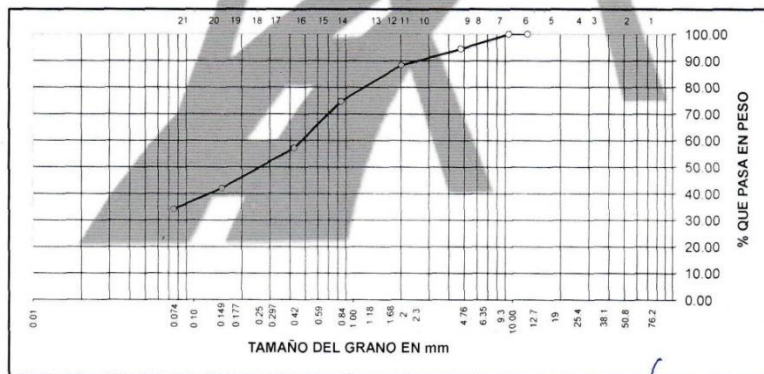
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.
 PROGRESIVA : **CALICATA 04+6% CAL** TESISITAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 09/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75 000						Peso inicial : 1126 Grs
2 1/2"	63 000						Peso fracción : Grs
2"	50 000						Grava : 5.51 %
1 1/2"	37 500						Arena : 60.21 %
1"	25 000						Fino : 34.28 %
3/4"	19 000						W natural : 11.10 %
1/2"	12 500				100.00		
3/8"	9 500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4 750	62.00	5.51	5.51	94.49		L.L. : 25.79 %
No.10	2 000	69.00	6.13	11.64	88.36		L.P. : NP %
No.20	0 840	154.00	13.68	25.32	74.68		I.P. : NP %
No.40	0 425	198.00	17.58	42.90	57.10		
No.100	0 150	168.00	14.92	57.82	42.18		CLASIFICACION
No.200	0 075	89.00	7.90	65.72	34.28		SUCS : SM
<No.200		386.00	34.28	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Delineación, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL

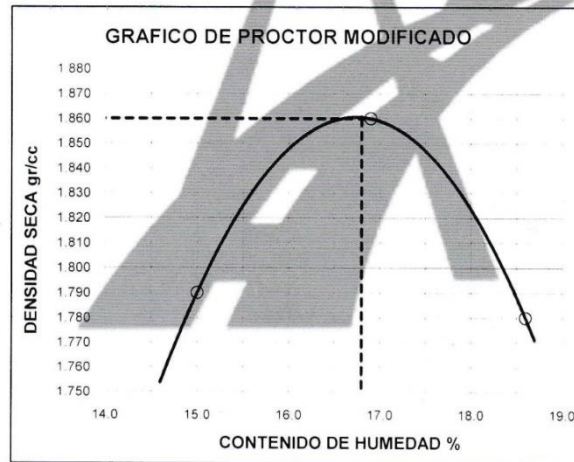
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 04+6% CAL **TESISTAS :** EDER ELIAB CHURA MAMAN SAUL ROMERO YUPANQUI
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **FECHA :** 09/03/2017
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.768	10.998	10.878		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.221	4.451	4.331		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.06	2.17	2.11		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	627.00	721.00	726.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	545.00	617.00	612.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	82.00	104.00	114.00		
PESO DE SUELO SECO	545.00	617.00	612.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.00	16.90	18.60		
DENSIDAD SECA	1.79	1.86	1.78		



Max. densidad seca
1.860 gr/cm³

Conten. humedad óptima
16.80 %

GEOTECNIA HUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

[Signature]

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Ren. CIP. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00-000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
PROGRESIVA : CALICATA 04+6% CAL **TESISTAS** EDER ELIAB CHURA MAMANI
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **SAUL ROMERO YUPANQUI**
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) **FECHA** 09/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	gr. 11087	10894	10692
Peso del molde	gr. 6618	6626	6638
Peso del suelo húmedo	gr. 4469	4268	4054
Volumen del molde	cc. 2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	gr./cc. 2.15	2.05	1.95
Humedad	% 16.50	16.60	16.50
Densidad seca	gr./cc. 1.850	1.76	1.67
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	gr. 536	584	721
Tarro suelo seco	gr. 460	501	619
Agua	gr. 76	83	102
Peso del Tarro	gr. 0	0	0
Peso del suelo seco	gr. 460	501	619
Humedad	% 16.5	16.6	16.5
Promedio de la humedad	%		

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	28	330	110	26	311	104	21	262	87
1.00	1.300	0.50	85	881	294	71	746	249	34	388	129
1.30	1.900	0.075	122	1238	413	96	987	329	56	601	200
2.00	2.500	0.100	156	1567	522	123	1248	416	78	813	271
3.00	3.800	0.150	187	1867	622	159	1596	532	102	1045	348
4.00	5.000	0.200	253	2504	835	179	1789	596	127	1287	429
5.00	6.000	0.250	299	2949	983	203	2021	674	158	1586	529
6.00	7.500	0.300	376	3693	1231	248	2456	819	192	1915	638
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA FUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Supervisión y Construcción y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA



PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA

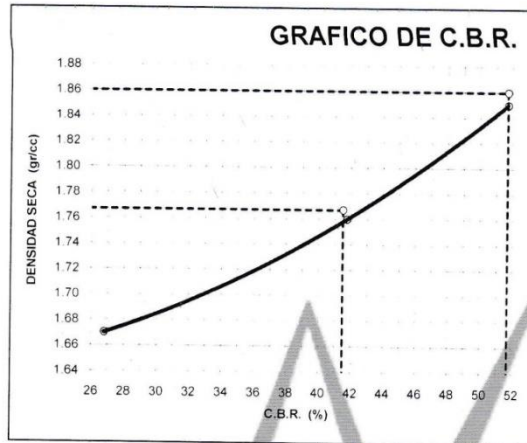
PROGRESIVA : CALICATA 04+6% CAL

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 09/03/2017



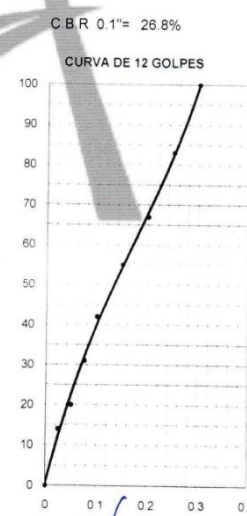
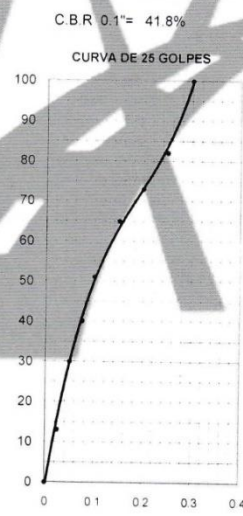
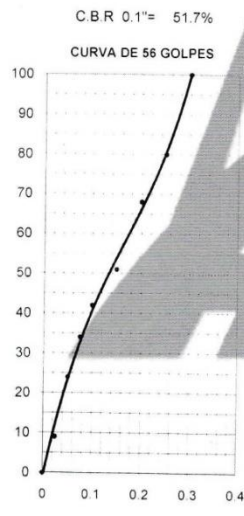
PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 51.7%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 41.5%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. Ch. N° 81712

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERIA

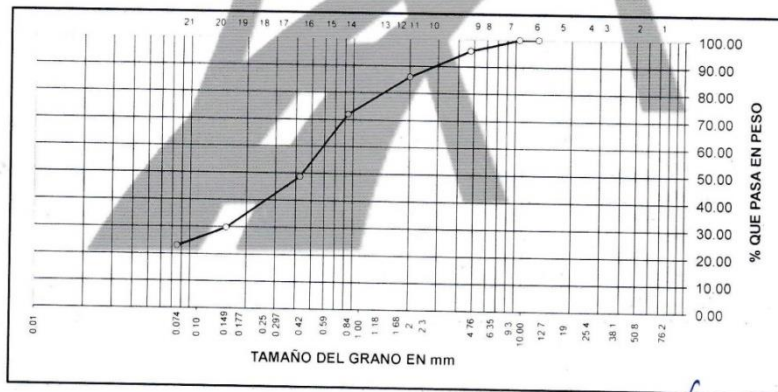
PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.
 PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CEMENTO
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 : SAUL ROMERO YUPANQUI
 FECHA : 14/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especifi- caciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 826 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fraccion : Grs
2"	50.000						Grava : 4.12 %
1 1/2"	37.500						Arena : 72.88 %
1"	25.000						Fino : 23.00 %
3/4"	19.000						W natural : 13.20 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.750	34.00	4.12	4.12	95.88		L.L. : 32.81 %
No.10	2.000	82.00	9.93	14.05	85.95		L.P. : 27.74 %
No.20	0.840	115.00	13.92	27.97	72.03		I.P. : 5.07 %
No.40	0.425	192.00	23.24	51.21	48.79		
No.100	0.150	157.00	19.01	70.22	29.78		CLASIFICACION
No.200	0.075	56.00	6.78	77.00	23.00		SUCS : SC
<No.200		190.00	23.00	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA FINO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CEMENTO **TESISTAS** : EDER ELIAB CHURA MAMANI

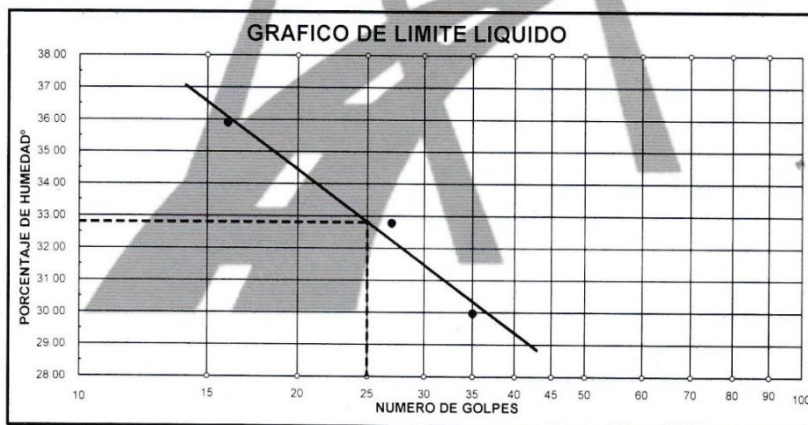
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION **SAUL ROMERO YUPANQUI**

PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) **FECHA** : 14/03/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	No. DE GOLPES	51	27	16	
01. No. DE GOLPES	35	27	16		
02. TARRO No	51	52	53	45T	46T
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g 26.32	34.26	31.08	30.25	33.12
04. SUELO SECO * TARRO	g 24.29	29.92	27.68	28.36	30.41
05. PESO DEL AGUA	g 2.03	4.34	3.40	1.89	2.71
06. PESO DEL TARRO	g 17.52	16.68	18.21	21.54	20.65
07. PESO DEL SUELO SECO	g 6.77	13.24	9.47	6.82	9.76
08. HUMEDAD	% 29.99	32.78	35.90	27.71	27.77

L.L.=	32.81 %	L.P.=	27.74 %	I.P.=	5.07 %
--------------	----------------	--------------	----------------	--------------	---------------




GEOTECNIA FINO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 R.C. 12613 N. 2011-028



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTO - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

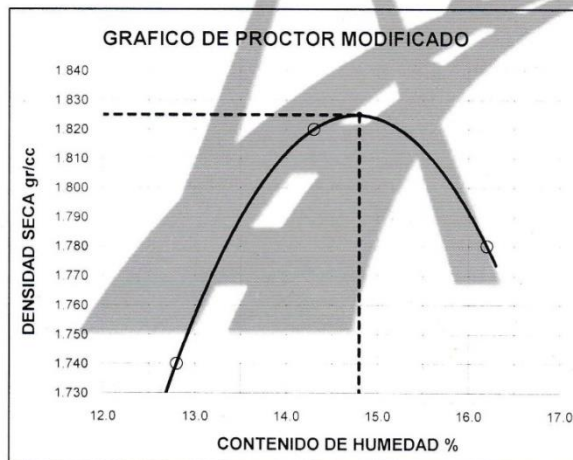


PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CEMENTO **TESISTAS :** EDER ELIAB CHURA MAMAN
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) **FECHA :** 14/03/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.568	10.816	10.792		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.021	4.269	4.245		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	1.96	2.08	2.07		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	548.00	608.00	719.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	486.00	532.00	619.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	62.00	76.00	100.00		
PESO DE SUELO SECO	486.00	532.00	619.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	12.80	14.30	16.20		
DENSIDAD SECA	1.74	1.82	1.78		



Max densidad seca
1.825 gr/cm³

Conten. humedad óptima
14.80 %

GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 51732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS- CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEL JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CEMENTO TESISTAS EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 14/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

	4		5		6	
	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Molde N°	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR		SIN SUMERGIR	
Peso molde + suelo humedo gr	10956		10726		10526	
Peso del molde gr	6618		6626		6638	
Peso del suelo humedo gr	4338		4100		3888	
Volumen del molde cc	2077.3		2077.3		2077.3	
Densidad Humeda gr/cc	2.09		1.97		1.87	
Humedad %	14.80		14.70		14.90	
Densidad seca gr/cc	1.820		1.72		1.63	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo humedo gr	591		638		523	
Tarro suelo seco gr	515		556		455	
Agua gr	76		82		68	
Peso del Tarro gr	0		0		0	
Peso del suelo seco gr	515		556		455	
Humedad %	14.8		14.7		14.9	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	25	301	100	26	311	104	18	233	78
1.00	1.300	0.50	45	494	165	41	456	152	26	311	104
1.30	1.900	0.075	63	668	223	52	562	187	48	523	174
2.00	2.500	0.100	89	920	307	76	794	265	66	697	232
3.00	3.800	0.150	118	1200	400	89	920	307	78	813	271
4.00	5.000	0.200	162	1625	542	115	1171	390	91	939	313
5.00	6.000	0.250	198	1973	658	142	1432	477	112	1142	381
6.00	7.500	0.300	258	2553	851	198	1973	658	116	1180	393
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUÑO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Asesoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. C.R. N° 81722



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTA Y CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPELUI JULIACA

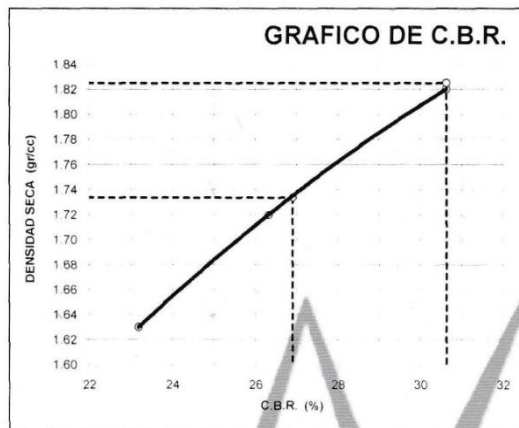
PROGRESIVA : CALICATA 04+2% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 14/03/2017



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 30.6%

C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 26.9%

LEYENDA

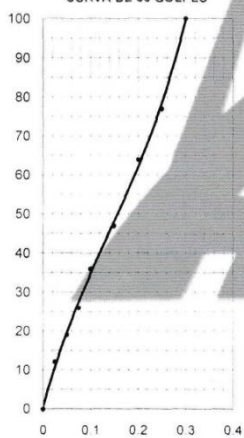
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 30.6%

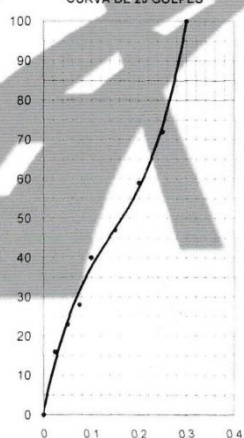
C.B.R 0.1"= 26.3%

C.B.R 0.1"= 23.2%

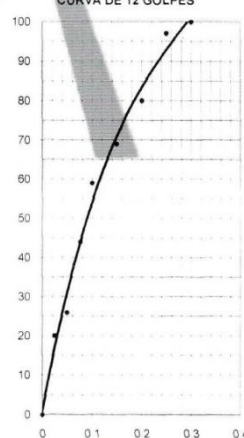
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



GEOTECNIA SANO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentación, Construcción y Construcción

ING. ALFREDO PALACIOS ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
RUC: 20502020202



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

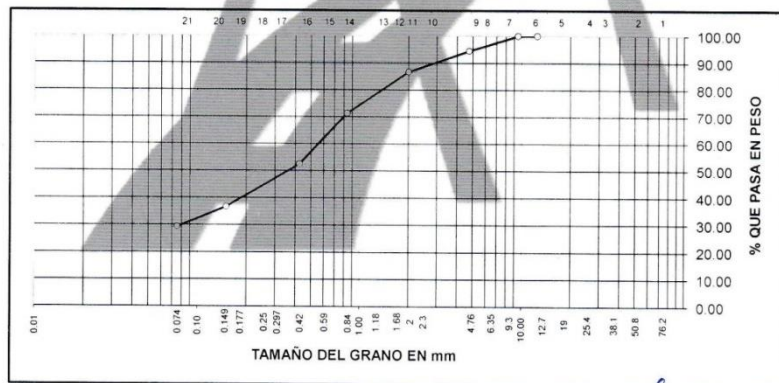
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 04+4% CEMENTO** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION MUESTRA : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 20/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75 000						Peso inicial : 1136 Grs
2 1/2"	63 000						Peso fracción : Grs
2"	50 000						Grava : 5.46 %
1 1/2"	37 500						Arena : 65.14 %
1"	25 000						Fino : 29.40 %
3/4"	19 000						W natural : 10.39 %
1/2"	12 500				100.00		
3/8"	9 500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4 750	62.00	5.46	5.46	94.54		L.L. : 29.10 %
No.10	2 000	89.00	7.83	13.29	86.71		L.P. : 26.74 %
No.20	0.840	175.00	15.46	28.69	71.31		I.P. : 2.36 %
No.40	0.425	215.00	18.93	47.62	52.38		
No.100	0.150	178.00	15.67	63.29	36.71		CLASIFICACION
No.200	0.075	83.00	7.31	70.60	29.40		SUCS : SM
<No.200		334.00	29.40	100.00			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C. N.º 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA.

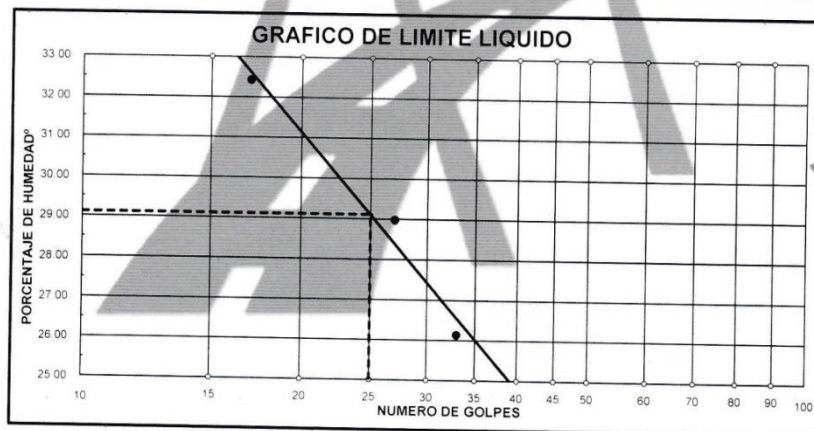
PROGRESIVA : **CALICATA 04+4% CEMENTO** **TESISTAS** : EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00-1.50m (M-1) **FECHA** : 20/03/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. de Golpes	W _L (%)	W _P (%)	W _L - W _P	W _P - W _U	
01. No. DE GOLPES	33	27	17			
02. TARRO No.	61	62	63	58T	59T	
03. SUELO HUMEDO * TARRO	g	30.21	31.28	30.45	29.23	
04. SUELO SECO * TARRO	g	27.58	28.13	27.46	27.60	
05. PESO DEL AGUA	g	2.63	3.15	2.99	1.63	
06. PESO DEL TARRO	g	17.52	17.26	18.24	21.36	
07. PESO DEL SUELO SECO	g	10.06	10.87	9.22	6.24	
08. HUMEDAD	%	26.14	28.98	32.43	26.12	
L.L.=		29.10 %	L.P.=	26.74 %	I.P.=	2.36 %



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 17138



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS GEOTEXTIL CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UFAU JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+4% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI

FECHA : SAUL ROMERO YUPANQUI 20/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4		5		6	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo gr.	11068		10812		10616	
Peso del molde gr.	6618		6626		6638	
Peso del suelo húmedo gr.	4450		4186		3978	
Volumen del molde cc.	2077.3		2077.3		2077.3	
Densidad Humeda gr/cc	2.14		2.02		1.91	
Humedad %	16.60		16.90		16.60	
Densidad seca gr/cc	1.840		1.73		1.64	
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo gr.	562		491		723	
Tarro suelo seco gr.	482		420		620	
Agua gr.	80		71		103	
Peso del Tarro gr.	0		0		0	
Peso del suelo seco gr.	482		420		620	
Humedad %	16.6		16.9		16.6	
Promedio de la humedad %						

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	36	407	136	32	369	123	23	282	94
1.00	1.300	0.50	75	784	261	69	726	242	36	407	136
1.30	1.900	0.75	102	1045	348	82	852	284	54	581	194
2.00	2.500	1.00	136	1374	458	105	1074	358	74	775	258
3.00	3.800	1.50	168	1683	561	134	1354	451	102	1045	348
4.00	5.000	2.00	214	2127	709	168	1683	561	136	1374	458
5.00	6.000	2.25	263	2601	867	184	1838	613	148	1490	497
6.00	7.500	3.00	325	3200	1067	236	2340	780	169	1693	564
8.00	10.000	4.00									
10.00	12.500	5.00									

GEOTECNIA SANO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
RUC: 201030101702



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA



PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA.

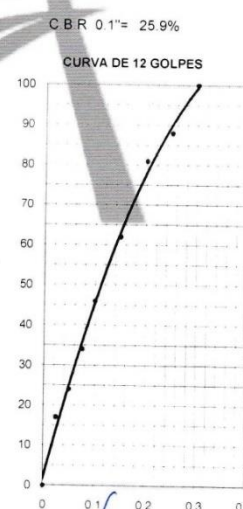
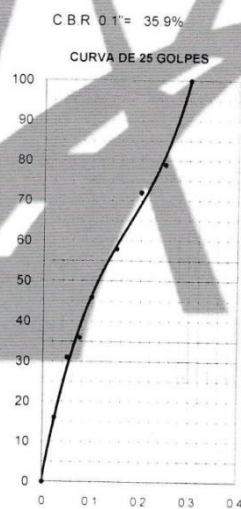
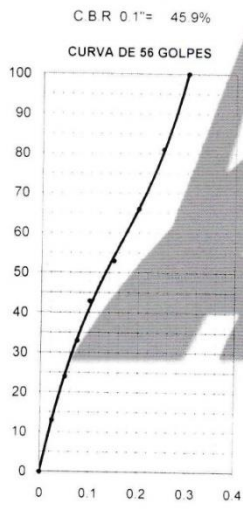
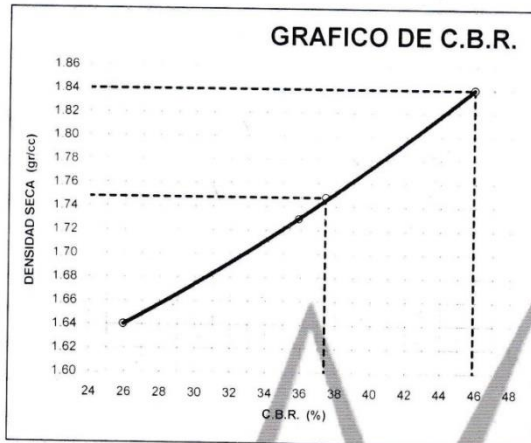
PROGRESIVA : CALICATA 04+4% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 20/03/2017



GEOTECNIA PUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Cimentaciones, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO A. ARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
N° 12.274 - 21732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

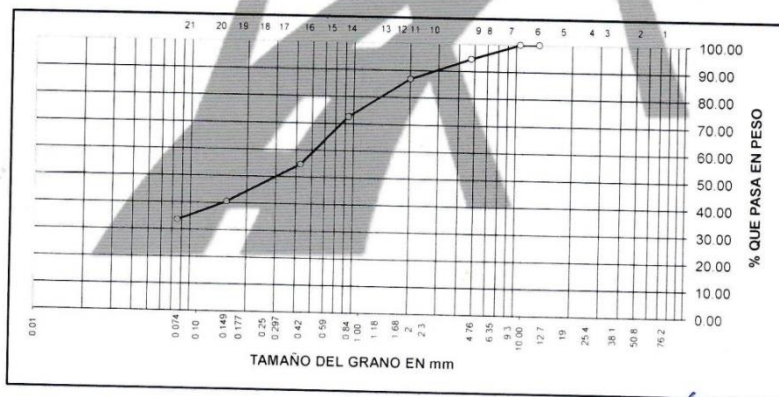
MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPeU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 04+6% CEMENTO** TESISISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION MUESTRA : SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND : 0.00- 1.50m (M-1) FECHA : 26/03/2017

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						Peso inicial : 1321 Grs
2 1/2"	63.000						Peso fracción : Grs
2"	50.000						Grava : 5.37 %
1 1/2"	37.500						Arena : 61.03 %
1"	25.000						Fino : 33.60 %
3/4"	19.000						W natural : 8.86 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.750	71.00	5.37	5.37	94.63		LL : 24.15 %
No 10	2.000	103.00	7.80	13.17	86.83		L P : NP %
No 20	0.840	189.00	14.31	27.48	72.52		I P : NP %
No 40	0.425	236.00	17.87	45.35	54.65		
No 100	0.150	187.00	14.16	59.51	40.49		CLASIFICACION
No 200	0.075	91.00	6.89	66.40	33.60		SUCS : SM
<No 200		444.00	33.60	100.0			AASHTO : A-2-4(0)

REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



GEOTECNIA PUNO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Consultoría Geotécnica y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCÓN NATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 61732

GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

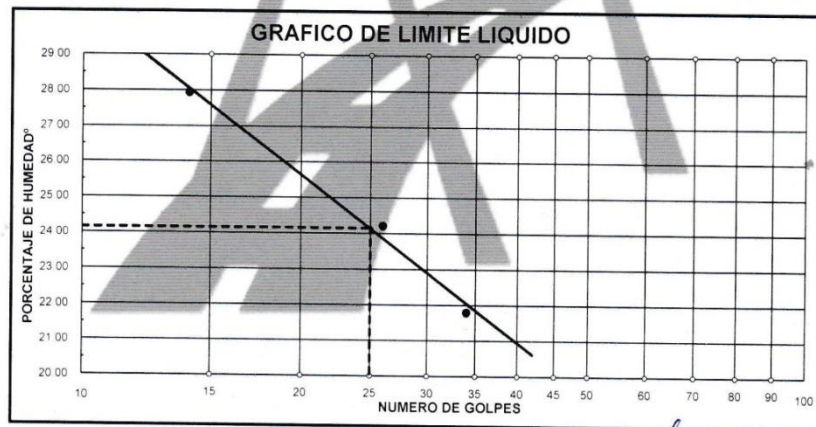
PROGRESIVA : **CALICATA 04+6% CEMENTO** **TESISTAS** : EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00- 1.50m (M-1) **FECHA** : 26/03/17

LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No	g	%	No	g	%
01 No DE GOLPES	34	26	14			
02 TARRO No	64	65	66			
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	27.52	28.34	29.64		
04 SUELO SECO * TARRO	g	25.73	26.18	27.15		
05 PESO DEL AGUA	g	1.79	2.16	2.49		
06 PESO DEL TARRO	g	17.52	17.26	18.24		
07 PESO DEL SUELO SECO	g	8.21	8.92	8.91		NP
08 HUMEDAD	%	21.80	24.22	27.95		
<p>L.L.= 24.15 % L.P.= NP % I.P.= NP %</p>						



GEOTECNIA PINO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Gestión de Infraestructura y Construcción

ING. ALFREDO LARCON ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R.C.M. 161732

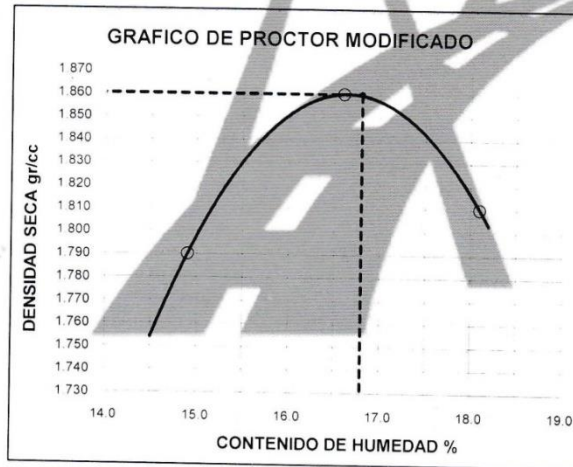
GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO
 CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA
 PROGRESIVA : **CALICATA 04+6% CEMENTO** TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMAN
 MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI
 PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA : 26/03/2017

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10.767	10.986	10.926		
PESO MOLDE	6.547	6.547	6.547		
PESO SUELO COMPACTADO	4.220	4.439	4.379		
VOLUMEN DEL MOLDE	2.050	2.050	2.050		
DENSIDAD HUMEDA	2.06	2.17	2.14		
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	632.00	718.00	588.00		
SUELO SECO + RECIPIENTE	550.00	616.00	498.00		
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	0.00		
PESO DE AGUA	82.00	102.00	90.00		
PESO DE SUELO SECO	550.00	616.00	498.00		
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.90	16.60	18.10		
DENSIDAD SECA	1.79	1.86	1.81		



Max. densidad seca
1.860 gr/cm³
 Contén. humedad óptima
16.80 %

GEOTECNIA PINO EIRL.
 Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción
 ING. ALFREDO ALARCON ATAHUACHI
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTARÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL

MECANICA DE SUELOS- PAVIMENTOS - CIMENTACIONES- SUPERVISION-PROYECTOS DE INGENIERIA

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UP&U JULIACA

PROGRESIVA : CALICATA 04+6% CEMENTO TESISITAS EDER ELIAB CHURA MAMANI

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION SAUL ROMERO YUPANQUI

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1) FECHA 26/03/2017

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

Molde N°	4	5	6
Capa N°	5	5	5
Golpes por capa N°	56	25	12
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR
Peso molde + suelo húmedo	11124	10865	10684
Peso del molde	6618	6626	6638
Peso del suelo húmedo	4506	4239	4046
Volumen del molde	2077.3	2077.3	2077.3
Densidad Humeda	2.17	2.04	1.95
Humedad	16.70	16.90	16.90
Densidad seca	1.860	1.75	1.67
Tarro N°	1	2	3
Tarro suelo húmedo	629	532	679
Tarro suelo seco	539	455	581
Agua	90	77	98
Peso del Tarro	0	0	0
Peso del suelo seco	539	455	581
Humedad	16.7	16.9	16.9
Promedio de la humedad	%	%	%

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	42	465	155	37	417	139	26	311	104
1.00	1.300	0.50	93	956	319	78	813	271	54	581	194
1.30	1.900	0.075	119	1209	403	93	958	319	67	707	236
2.00	2.600	0.100	157	1577	526	126	1277	426	104	1065	355
3.00	3.800	0.150	187	1867	622	164	1644	548	152	1528	509
4.00	5.000	0.200	264	2611	870	192	1915	638	162	1625	542
5.00	6.000	0.250	281	2775	925	234	2321	774	194	1934	645
6.00	7.500	0.300	369	3625	1208	294	2901	967	263	2601	867
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

GEOTECNIA PUNO E.I.R.L.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
R. C. 15 77-81732



GEOTECNIA, PAVIMENTOS Y CONSTRUCCIÓN

MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA - CONSULTORÍA - CONSTRUCCIÓN EN GENERAL



MECÁNICA DE SUELOS - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES - SUPERVISIÓN - PROYECTOS DE INGENIERÍA

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACION EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA

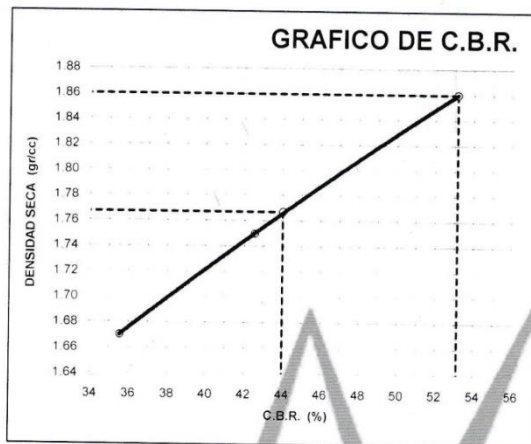
PROGRESIVA : CALICATA 04+6% CEMENTO

MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION

PROFUND. : 0.00-1.50 m (M-1)

TESISTAS : EDER ELIAB CHURA MAMANI
SAUL ROMERO YUPANQUI

FECHA : 26/03/2017



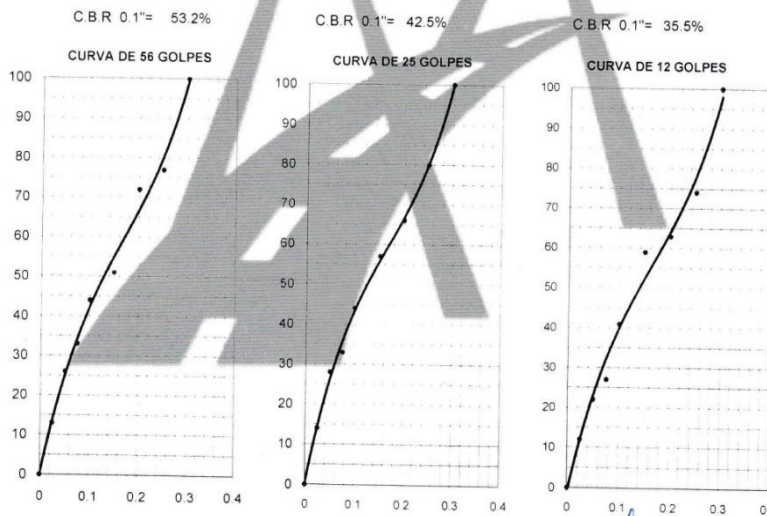
PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R. 0.1" AL 100% = 53.2%

C.B.R. 0.1" AL 95% M.D.S = 44.0%

LEYENDA

— CURVA A 0.1"



GEOTECNIA MUNO EIRL.
Ingeniería de Pavimentos, Geotecnia, Consultoría y Construcción

ING. ALFREDO ALARCÓN ATAHUACHI
INGENIERO CIVIL
Reg. N.º 81732

ANEXO G: Costos
CÁLCULO DE TASA DE RIEGO DE CAL

Para determinar la tasa de cal en peso por área a adicionar para la mezcla es calculado de la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa (Kg/m}^2\text{)} = \text{Densidad del suelo} \times \text{Df} \times \% \text{ cal} \dots\dots\dots \text{Ecuación (01).}$$

Datos obtenidos:

- Máxima densidad seca del suelo p.= 1770 Kg/m³
- Profundidad de estabilización = 0.25 m
- Porcentaje de cal = 03%

Reemplazando a la Ecuación (01) se calcula una tasa:

$$= 1770 \text{ Kg/m}^3 \times 0.25 \text{ m} \times 3\% = 13.27 = \mathbf{14 \text{ Kg/m}^2 \text{ de cal}}$$

CÁLCULO DE TASA DE RIEGO DE CEMENTO

Para determinar la tasa de cal en peso por área a adicionar para la mezcla es calculado de la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa (Kg/m}^2\text{)} = \text{Densidad del suelo} \times \text{Df} \times \% \text{ cemento} \dots\dots\dots \text{Ecuación (01).}$$

Datos obtenidos:

- Máxima densidad seca del suelo p.= 1770 Kg/m³
- Profundidad de estabilización = 0.25 m
- Porcentaje de cemento = 04%

Reemplazando a la Ecuación (01) se calcula una tasa:

$$= 1770 \text{ Kg/m}^3 \times 0.25 \text{ m} \times 4\% = 17.70 = \mathbf{18 \text{ Kg/m}^2 \text{ de cemento}}$$

Tabla N° 01 Costo de subrasante Natural (1 M2)

Descripción	Unidad	Espesor (m)	PU S/.	Parcial
Corte de Terreno con Maquinaria	M2	0.33	1.33	
Acarreo de material excedente	M2	0.33	2.48	
Carguío y eliminación de material Excedente	M2	0.33	2.82	
Perfilado y compactación en zonas corte	M2		1.63	
Material de relleno	M2	0.3	7.08	
Conformación de la subrasante	M2	0.1	1.63	16.98
Material de Sub base	M2	0.25	9.44	
Conformación de Sub base	M2	0.25	2.45	
Material de Base	M2	0.25	9.72	
Conformación de Base	M2	0.25	2.69	
Imprimación	M2		13.12	
Carpeta asfáltica e=10cm	M2	0.1	67.91	105.32
Total				122.30

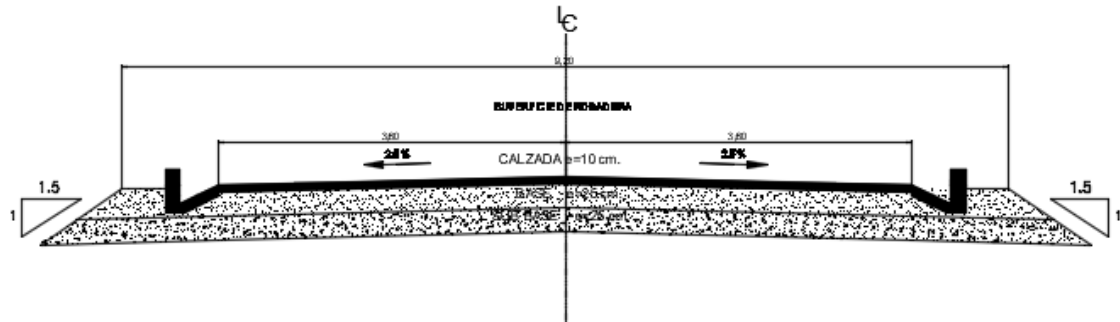
Tabla N° 02 Costo de subrasante con cal (1 M2)

Descripción	Unidad	Espesor (m)	PU S/.	Parcial
Corte de Terreno con Maquinaria	M2	0.33	1.33	
Acarreo de material excedente	M2	0.33	2.48	
Carguío y eliminación de material Excedente	M2	0.33	2.82	
Escarificación y preparación de subrasante con cal	M2	0.25	9.53	
Conformación de la subrasante con cal	M2	0.25	1.67	
Curado de subrasante estabilizada con cal	M2	0.25	0.75	18.59
Cal (3%)	Kg	-	8.82	8.82
Material de Sub base	M2	0.2	7.55	
Conformación de Sub base	M2	0.2	1.96	
Material de Base	M2	0.2	7.78	
Conformación de Base	M2	0.2	2.15	
Imprimación	M2	-	13.12	
Carpeta asfáltica e=10cm	M2	0.1	67.91	100.46
Total				127.87

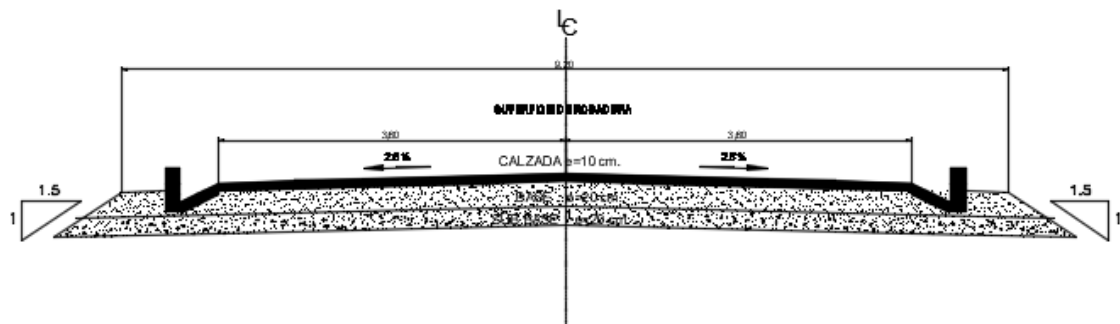
Descripción	Unidad	Espesor (m)	PU S/.	Parcial
Corte de Terreno con Maquinaria	M2	0.33	1.33	
Acarreo de material excedente	M2	0.33	2.48	
Carguío y eliminación de material Excedente	M2	0.33	2.82	
Escarificación y preparación de subrasante con cemento	M2	0.25	9.53	
Conformación de la subrasante con cemento	M2	0.25	1.67	
Curado de subrasante estabilizada con cemento	M2	0.25	0.75	18.59
Cemento (4%)	Kg	-	8.68	8.68
Material de Sub base	M2	0.2	7.55	
Conformación de Sub base	M2	0.2	1.96	
Material de Base	M2	0.2	7.78	
Conformación de Base	M2	0.2	2.15	
Imprimación	M2	-	13.12	
Carpeta asfáltica e=10cm	M2	0.1	67.91	100.46
Total				125.35

ANEXO H: Planos

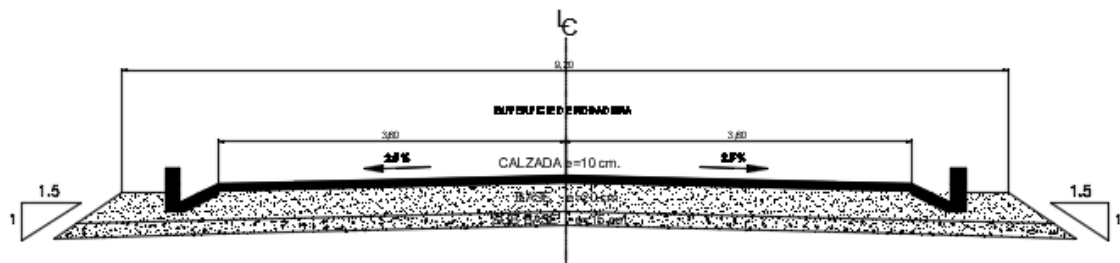
PAVIMENTO FLEXIBLE CON SUELO NATURAL



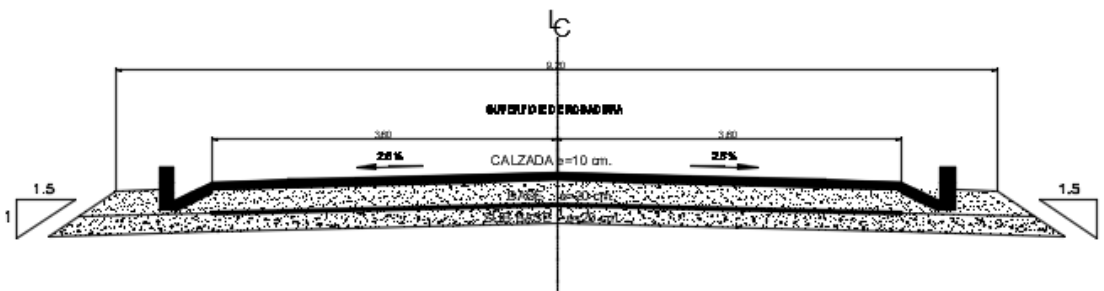
PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZADO CON 3% DE CAL



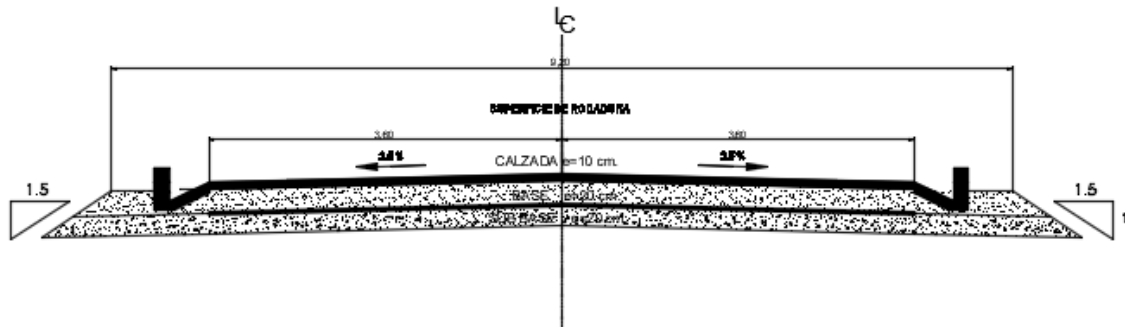
PAVIMENTO FLEXIBLE ESTABILIZADO CON 4% DE CEMENTO



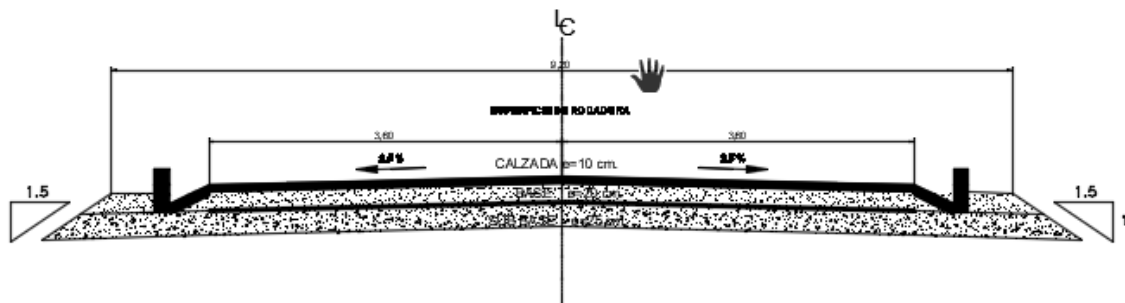
PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON GEOMALLA BIAIXIAL TIPO 2



PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON GEOMALLA TRIAXIAL TX5



PAVIMENTO FLEXIBLE REFORZADO CON GEOTEXTIL TIPO H2Ri



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN		PROYECTO: "E STABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE EL USO DE GEOMALLAS, GEOTEXTIL, CAL Y CEMENTO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL TRAMO DE ACCESO DEL KM 00+000 AL KM 00+750 DEL CAMPUS UNIVERSITARIO UPEU JULIACA"	
	PLANO:	SECCIONES - VIA	PLANO:
	CADISTAS: ELABORADO POR: - S.R.Y. - E.E.C.M.	UBICACIÓN: Dpto.: PUNO Prov.: SAN ROMAN Dist.: JULIACA Lugar: VILLA - CHULLUNQUIANI	ESCALA: 1/75
		FECHA: DICIEMBRE - 2017	