

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Estabilización de subrasantes blandas con adición  
de lutita y cal, carretera Tamburco - Karkatera,  
Apurímac 2022**

Raul Guillermo Arbieto Valle

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Abancay, 2023

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

# DPI-RARBIETO-2022-UC

## INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
4	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
6	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
7	<a href="https://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://cnnespanol.cnn.com">cnnespanol.cnn.com</a> Fuente de Internet	<1%
9	<a href="https://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	

<1 %

10

[repositorio.unh.edu.pe](http://repositorio.unh.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

11

[repositorio.urp.edu.pe](http://repositorio.urp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

12

Ochoa Tejeda Verónica. "Control estructural de la inestabilidad de laderas : modelación tridimensional de los rasgos geologicos : aplicación al estudio de los procesos de remoción en masa de La Soledad, Sierra Norte de Puebla, México", TESIUNAM, 2009

Publicación

<1 %

13

[repositorio.upci.edu.pe](http://repositorio.upci.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

14

[edoc.pub](http://edoc.pub)

Fuente de Internet

<1 %

15

[repositorio.upn.edu.pe](http://repositorio.upn.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

16

Submitted to Universidad Católica de Santa María

Trabajo del estudiante

<1 %

17

[repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

18

[www.clubensayos.com](http://www.clubensayos.com)

Fuente de Internet

<1 %

19

Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Trabajo del estudiante

<1 %

20

Submitted to iGroup

Trabajo del estudiante

<1 %

21

pdfcoffee.com

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

24

fdocuments.ec

Fuente de Internet

<1 %

25

ccalderon.es

Fuente de Internet

<1 %

26

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

27

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

28

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

29	<a href="http://www.dspace.uce.edu.ec">www.dspace.uce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.semanticscholar.org">www.semanticscholar.org</a> Fuente de Internet	<1 %
31	JOSÉ EMILIO JIMÉNEZ IBÁÑEZ. "Análisis y desarrollo de un modelo de tutorización integral basado en el design thinking orientado a la innovación estratégica en empresas colombianas", Universitat Politecnica de Valencia, 2017 Publicación	<1 %
32	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
33	<a href="http://repositorio.ucp.edu.pe">repositorio.ucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="http://repositorio.uisek.edu.ec">repositorio.uisek.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://repositorio.unjfsc.edu.pe">repositorio.unjfsc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://sisbib.unmsm.edu.pe">sisbib.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	<1 %

39

[www.distraidos.com.ar](http://www.distraidos.com.ar)

Fuente de Internet

<1 %

40

HERRERA VILLAVICENCIO JUVENAL.

"Programa de Reconversión y Manejo de Áreas Degradadas del Proyecto Construcción del Relleno Sanitario de Echarati - Cercado - Provincia de La Convención - Cusco, Componentes 4B, 4C y 4D-IGA0013661", R.G.R.N.G.A. N° 017-2020-GRNGA-MPLC, 2021

Publicación

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por guiar mi camino día a día.

Al Ing. Abel Alberto Muñiz Paucarmayta, por su apoyo y  
orientación como asesor de la presente investigación.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Julio y Rita, quienes me inculcaron principios y valores, por su dedicación y compromiso de enseñarme y guiar mi vida.

A mi hijo Raul Anthuan, por ser la razón de mi vida y superación constante.

A Erika Valentina, por ser mi compañera en la vida.

A mis hermanos, quienes son mi familia y fortaleza.

## RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022” fijó por objetivo estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal en la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022. Se aplicó el método científico, del tipo aplicativo, del nivel descriptivo-aplicativo y diseño experimental.

Como conclusión se detalla lo siguiente: la dosificación del 15% de lutita y cal 15% (0.67cal+0.33lutita), aumenta las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural; respecto al índice de plasticidad, se mantiene igual. La máxima densidad seca disminuye a 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a un 10.12%. pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR a un 66.66%.

La investigación muestra como conclusión: dosificar al 15% de lutita y cal 15% (0.67cal+0.33lutita), aumenta las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural; respecto al índice de plasticidad, se mantiene igual. La máxima densidad seca disminuye a 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a un 10.12%. pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR a un 66.66%.

El interés principal del estudio de investigación radica en la contribución de la clasificación del suelo que soluciona el problema de las subrasantes blandas en la carretera Tamburco – Karkatera.

Palabras clave: subrasante, plasticidad, resistencia mecánica, suelos estabilizados

## ABSTRACT

The present investigation entitled: "Stabilization of soft subgrades with the addition of shale and lime, Tamburco - Karkatera highway, Apurímac 2022" fixed by objective stabilize the soft subgrades with the addition of shale and lime on the Tamburco - Karkatera highway, Apurímac 2022. As methodology, the scientific method was applied, of the application type, of the descriptive level - application and experimental design.

The results obtained were: the dosage of 15% shale and 15% lime (0.67cal+0.33shale), increases its mechanical and physical properties of natural soil, with respect to the plasticity index remains the same. The maximum dry density decreases to 1.90 g/cm<sup>3</sup>. The optimum moisture content is increased to 10-12%. but, when satisfying the sample through the chemical reaction, an increase in the CBR of 66.66% is evidenced.

The investigation shows as a conclusion: dosing 15% of shale and lime 15% (0.67cal + 0.33shale), increases its mechanical and physical properties of natural soil, regarding the plasticity index remains the same. The maximum dry density decreases to 1.90 g/cm<sup>3</sup>. The optimum moisture content is increased to 10-12%. but, when satisfying the sample through the chemical reaction, an increase in the CBR of 66.66% is evidenced.

The importance of this research lies in the contribution of soil classification that solves the problem of soft subgrades on the Tamburco - Karkatera highway.

Keywords: subgrade, plasticity, mechanical resistance, stabilized soils.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente en el mundo, a raíz de los movimientos sísmicos, se tiene la necesidad de encontrar materiales de construcción altamente resistentes para la estabilización de las subrasantes blandas; por otro lado, la alta demanda de cemento cuya fabricación es una de las mayores formas generadoras de los gases de efecto invernadero, obliga sustituir el cemento con lutita y cal. En ese sentido, se ha desarrollado teorías que buscan sustituir el cemento con otros materiales.

La presente investigación titulada “Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022” busca la solución del problema de la clasificación del suelo que solucionará el problema de las subrasantes blandas en la carretera Tamburco – Karkatera; en su desarrollo, se revisa teorías de investigación nacionales e internacionales que hacen referencia al uso de la incorporación de sustancias y minerales que tienen la propiedad de brindar mejores condiciones al suelo natural; la finalidad del presente trabajo de investigación es brindarle la estabilización de la subrasante blanda, con este propósito se realizaron combinaciones de diferentes proporciones que dieron los siguientes resultados: la dosificación del 15% de lutita y cal 15% (0.67cal+0.33lutita), aumenta las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural; respecto al índice de plasticidad, se mantiene igual. A máxima densidad seca disminuye a 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a 10.13%, pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR en un 66.66%.

Y, finalmente, se alcanza a las siguientes conclusiones: dosificar a 15% de cal y lutita 15% (0.67cal + 0.33lutita), aumenta las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural; respecto al índice de plasticidad, se mantiene igual. La máxima densidad seca disminuye a un 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a un 10.12%, pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR en un 66.66%.

La investigación es de importancia local en la carretera Tamburco- Karkatera y como antecedentes para los suelos de iguales características.

El presente estudio tiene como capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema, la necesidad de solucionar un problema de subrasantes blandas en la carretera Tamburco-Karkatera hace posible la investigación como parte del problema social.

Capítulo II: Marco Teórico. Los antecedentes de investigación nacionales e internacionales son el sostén de la actual investigación de subrasantes bandas en la carretera Tamburco – Karkatera.

Capítulo III: Marco Metodológico. Se aplicó el método científico, del tipo aplicativo, del nivel descriptivo- aplicativo y diseño experimental.

Capítulo IV: Resultados y análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

Capítulo IV: Resultados y análisis de los resultados, conclusiones y recomendaciones.

Análisis y resultados, se desarrolló los diferentes ensayos en laboratorio de todas las combinaciones de lutita y cal para verificar la mejora del CBR. Con los resultados obtenidos en laboratorio, se realiza la comparación con las conclusiones de las investigaciones nacionales e internacionales descritas como antecedentes para nuestro estudio.

Discusión, se sintetiza las interpretaciones de los objetivos específicos y objetivo general en función al equilibrio alcanzado por las mejoras del suelo natural.

Conclusiones, como parte final de los diferentes ensayos realizados en laboratorio y haber obtenido el equilibrio de las propiedades mecánicas y físicas que son evidenciados con un buen CBR, de acuerdo al Manual de Carreteras del MTC (2014).

Recomendaciones: la recomendación que se cita en la presente investigación es la de considerar las proporciones establecidas de la adición de lutita y cal para un suelo natural con CBR de 5.4.

## Índice de contenido

Carátula.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN .....	vi
Índice de contenido .....	viii
Índice de tablas.....	xii
Índice de figuras.....	xiii
<b>CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>31</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	31
1.1.1. Problema general.....	33
1.1.2. Problemas específicos .....	33
1.2. Objetivos .....	33
1.2.1. Objetivo general .....	33
1.2.2. Objetivo específico.....	33
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	34
1.3.1. Justificación teórica.....	34
1.3.2. Justificación práctica .....	34
1.3.3. Justificación metodológica .....	34
1.4. Hipótesis.....	34
1.4.1. Hipótesis general .....	34
1.4.2. Hipótesis específica.....	34
1.5. Variables .....	35
1.6. Operacionalización de variables.....	36
1.7. Delimitación.....	37
1.7.1. Delimitación conceptual.....	37
1.7.2. Delimitación espacial .....	37
1.7.3. Delimitación temporal.....	37
1.8. Importancia .....	37
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>38</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	38
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	38
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	41
2.2. Bases teóricas .....	42
2.2.1. Lutita y cal.....	42

2.2.1.1. Características de lutita y cal.....	42
2.2.2. Estabilización de subrasantes blandas.....	52
2.2.2.1. Estabilización con cal y lutita.....	52
2.2.2.2 Características de la estabilización de subrasantes blandas .....	53
2.3. Definición de términos.....	58
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>60</b>
3.1. Método de la investigación: Científica.....	60
3.2. Tipo de investigación: Aplicada.....	60
3.3. Nivel de Investigación: Explicativo .....	60
3.4. Diseño de la investigación: Experimental .....	60
3.5. Población, muestra y muestreo.....	61
3.5.1. Población.....	61
3.5.2. Muestra.....	61
3.5.3. Muestreo: No probabilístico.....	61
3.5.3.1. Muestreo no probabilístico.....	61
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.6.1. Técnica: Observancia directa .....	62
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos: Ficha de recopilación de información.....	62
3.6.2.1. Validez .....	62
3.6.2.2. Confiabilidad.....	63
3.7. Método de análisis de datos .....	63
3.8. Aspectos éticos.....	63
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>64</b>
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>64</b>
4.1. Descripción de la zona de estudio .....	64
4.1.1 Ubicación .....	64
4.1.2. Características de la zona de estudio.....	64
4.2. Estudios previos .....	64
4.2.1. Estudios de campo.....	64
4.2.1.1. Estudios topográficos .....	64
4.2.1.2. Exploración de suelos (calicatas) .....	65
4.2.2 Estudios de laboratorio.....	67
4.3. Análisis de la información.....	68
4.3.1. Estimar la variación de la máxima densidad seca de subrasantes blandas con la adición de lutita y cal. ....	68

4.3.2. Determinar la variación de la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	69
4.3.3. Calcular la variación de la plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	70
4.3.4. Análisis de la variación del módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	70
4.3.5. Estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal.....	71
4.4. Resultados de la investigación .....	77
4.4.1. Estimación de la variación de la máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	77
4.4.2. Determinar la variación de la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	78
4.4.3. Estimar la variación de la plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	79
4.4.4. Calcular la variación del módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal. ....	80
4.4.5. Estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal.....	81
4.5. Contrastación de hipótesis.....	81
4.5.1. Contrastación de hipótesis general .....	81
4.5.2. Contrastación de hipótesis específica 1.....	83
4.5.3. Contrastación de hipótesis específica 2 .....	85
4.5.4. Contrastación de hipótesis específica 3.....	86
4.5.5. Contrastación de hipótesis específica 4.....	88
4.6. Análisis de costos .....	89
4.7. Discusiones .....	90
4.7.1. Discusión 1 .....	90
4.7.2. Discusión 2.....	91
4.7.3. Discusión 3.....	92
4.7.4. Discusión 4.....	92
4.7.5. Discusión 5.....	93
4.8. Conclusiones .....	94
4.8.1. Conclusión 1.....	94
4.8.2. Conclusión 2.....	94
4.8.3. Conclusión 3.....	95
4.8.4. Conclusión 4.....	95
4.8.5. Conclusión 5.....	95
4.9. Recomendaciones.....	96
4.9.1. Recomendación 1 .....	96

4.9.2. Recomendación 2 .....	96
4.9.3. Recomendación 3 .....	96
4.9.4. Recomendación 4 .....	96
4.9.5. Recomendación 5 .....	96
<b>ANEXOS</b> .....	100
<b>Anexo 1: Matriz de Consistencia</b> .....	100
<b>Anexo 2: Instrumento de investigación de validación</b> .....	101
<b>Anexo 3: Certificados y protocolos de laboratorio</b> .....	104
<b>Anexo 4: Memoria de cálculos</b> .....	200
<b>Anexo 5: Planos</b> .....	209
<b>Anexo 6: Registros fotográficos</b> .....	211

## Índice de tablas

Tabla 1 Características comunes de las lutitas .....	43
Tabla 2 Clasificación de rocas sedimentarias.....	44
Tabla 3 Parámetros establecidos para estabilización de suelo mediante adición de lutita .....	44
Tabla 4 Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	47
Tabla 5 Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	48
Tabla 6: Clasificación ASSHTO - SUCS.....	50
Tabla 7: Parámetros establecidos para estabilización de suelo mediante adición de cal .....	51
Tabla 8 Número de calicatas para exploración de suelos.....	53
Tabla 9 Número de calicatas para exploración de suelos.....	54
Tabla 10 Suelos según IP .....	56
Tabla 11 Categorías de Subrasante .....	57
Tabla 12 Rangos y magnitudes de validez .....	62
Tabla 13 Profesionales que validan el trabajo de investigación.....	63
Tabla 14 Rangos y magnitudes de Confiabilidad.....	63
Tabla 15 Tabla de coordenadas de BM (WGS84) .....	65
Tabla 16 Ubicación y cantidad de muestra de suelos.....	66
Tabla 17 Tabla de ubicación y cantidad de muestra de lutita.....	67
Tabla 18 Tabla de ubicación y cantidad de muestra de cal .....	67
Tabla 19 Resultados del ensayo proctor modificado (suelo natural y dosificación).....	68
Tabla 20 Resultados de ensayos soporte de California (suelo natural y dosificada).....	69
Tabla 21 Resultados del límite de consistencia y el índice de plasticidad .....	70
Tabla 22 Resultados del módulo de resiliencia (suelo natural y dosificada) .....	70
Tabla 23 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.25CAL+0.75LUTITAS).....	71
Tabla 24 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.75CAL+0.25LUTITAS).....	72
Tabla 25 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.33CAL+0.67LUTITAS).....	72
Tabla 26 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS).....	72
Tabla 27 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.25CAL+0.75LUT).....	73
Tabla 28 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.75CAL+0.25LUT).....	73
Tabla 29 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.33CAL+0.67LUT).....	73
Tabla 30 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.67CAL+0.33LUT).....	74
Tabla 31 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.25CAL+0.75LUT).....	75
Tabla 32 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.75CAL+0.25LUT).....	75
Tabla 33 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.33CAL+0.67LUT).....	75
Tabla 34 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.67CAL+0.33LUT).....	76
Tabla 35 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.25CAL+0.75LUT).....	76
Tabla 36 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.75CAL+0.25LUT).....	76
Tabla 37 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.33CAL+0.67LUT).....	77
Tabla 38 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.67CAL+0.33LUT).....	77
Tabla 39: Descripción del costo de la estabilización de la subrasante con el uso de la cal y lutita para 1 m3 .....	90

## Índice de figuras

Figura 1 Curva el Arco.....	33
Figura 2 Problema vehicular y peatonal .....	33
Figura 3 Clasificación de rocas sedimentarias .....	48
Figura 4 Clasificación AASHTO .....	49
Figura 5 Clasificación AASHTO .....	49
Figura 6 Clasificación SUCS .....	50
Figura 7 Plano de la ubicación de las calicatas.....	66
Figura 8 Comparación de MDS (suelo natural y dosificada) .....	77
Figura 9 Comparación del CBR (suelo natural y dosificada).....	78
Figura 10 Comparación del Índice de Plasticidad IP (suelo natural y dosificada).....	79
Figura 11 Comparación del módulo de resiliencia (suelo natural y dosificada) .....	80
Figura 12 Comparación general de suelo natural y dosificación .....	81
Figura 13 Gráfica de línea ajustada del CBR al 95% .....	82
Figura 14 Gráfica de la línea ajustada MDS .....	83
Figura 15 Gráfica de línea ajustada del CBR .....	85
Figura 16 Gráfica de línea ajustada IP .....	87
Figura 17 Gráfica de línea ajustada Mr .....	88

## **CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

La intransitabilidad generada en la carretera Tamburco – Karkatera del distrito de Tamburco causa un malestar social afectando directamente al desplazamiento de los usuarios. La edición de diciembre de 2021 del Informe de Competitividad Global reúne información del Foro Económico Mundial 2020-2021, que ubica a Chile, Ecuador y Panamá como países latinoamericanos con carreteras de alta calidad, siendo Chile el mejor con un puntaje de 5.2 en el mundo; por otro lado, se reportan países con malas condiciones viales como Costa Rica, Paraguay y Haití. El informe, basado en una encuesta integral del Foro Económico Mundial de 14.000 líderes empresariales en 144 países, desarrolló una escala de calificación basada en una escala del 1 al 7 que evalúa la calidad de la infraestructura; 7 es un país grande y 1 es un país muy pobre. Haití, considerado un país con malas condiciones viales, quedó último en el ranking latinoamericano con una puntuación de 2,1. Los tres primeros países son los Emiratos Árabes Unidos con una puntuación de 6,4, Singapur con una puntuación de 6,3 y Suiza con una puntuación de 6,3. El estado de las carreteras del país es un agravante que afecta el desarrollo económico y social del país, lo que significa que si los costos de las carreteras son altos, los tiempos de viaje son bajos o la seguridad del transporte es baja, los ciudadanos se verán afectados por la inaccesibilidad. Los servicios de salud y educación se ven afectados. Es importante comparar países latinoamericanos con 0,05 kilómetros lineales pavimentados por kilómetro cuadrado y países europeos con 2,1 kilómetros lineales pavimentados por kilómetro cuadrado. Por eso, América Latina aconseja no solo invertir más, sino también hacerlo mejor con mejores retornos.

Al respecto, las estadísticas proporcionadas por el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC) muestran que en nuestro país solo el 15,98% de las carreteras están asfaltadas en su totalidad y el 84,02% son de terracería, solo caminos o caminos homologados. El Estado ha reconocido esta situación. Desde un punto de vista técnico y de condiciones naturales, esto se ha evitado mediante el uso de materiales con propiedades mecánicas y físicas optimizadas de calidad del suelo y/o estabilidad mecánica de los aditivos. Una situación costosa por la falta de estos materiales en zonas donde se requiere mejorar el comportamiento del suelo MTC (2014).

El Plan Vial Provincial Participativo (PVPP) de la provincia de Abancay es el principal instrumento para la gestión vial provincial. La provincia está conectada por cinco vías nacionales (PE-3SV; la PE-3SF; LA PE-3SE y la PE-30 A y la PE3S) y 4 vías departamentales

(AP-103; la AP-113, la AP-116 y la AP-112), que la vinculan a los departamentos de Cusco, Ayacucho, Junín, Ica y Lima, y provincias vecinas. Al interior de la provincia, las 257 rutas vecinales, que suman 1314.941 Km, permiten conectar a los 658 CP con población, con la capital provincial, principal centro administrativo, económico y de servicios, con las capitales distritales y entre centros poblados. La población, en especial los productores, mediante las vías vecinales se vinculan a los corredores logísticos, CL04: Nazca - Abancay - Cusco, y el CL10: La Oroya - Huancayo - Ayacucho – Abancay, para acceder también a Lima, principal mercado.

Se estima que la longitud del sistema vial de la provincia de Abancay es de 1912.326 km, de los cuales 380.838 km (19.9%) corresponde a la red vial nacional; 216.575 km. (11.3%) a la red vial departamental; y 1314.914 km (68.8%) a la red vecinal, que cuenta con 257 rutas.

En concordancia con los objetivos nacionales y sectoriales, regionales y locales, se han definido los criterios de priorización de caminos vecinales en el PVPP, alguno de estos son la articulación a corredores logísticos, zonas con potencialidades, y zonas con cadenas productivas, para otorgarles mayor competitividad, desde lo vial. Una adecuada infraestructura vial contribuye a lograr un territorio ordenado y ambientalmente saludable, así como el desarrollo humano de la población (Plan Vial Provincial Participativo 2022-2026).



Figura 1: Curva el Arco



Figura 2: Problema vehicular y peatonal

### 1.1.1. Problema general:

¿Cuánto se estabiliza las subrasantes blandas con la adición de lutita y cal, en la carretera Tamburco- Karkatera, Apurímac 2022?

### 1.1.2. Problemas específicos

¿Cuánto varía la máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?

¿Cuánto varía la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?

¿Cuánto varía la plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?

¿Cuánto varía el módulo de resiliencia de subrasante banda con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivo general

Estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal en la carretera Tamburco- Karkatera, Apurímac 2022.

### 1.2.2. Objetivo específico

- Estimar la variación de la máxima densidad seca de subrasantes blandas con la adición de lutita y cal en la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.
- Determinar la variación de la capacidad de soporte de subrasantes blandas con la adición de lutita y cal en la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

- Calcular la variación de la plasticidad de subrasantes blandas con la adición de lutita y cal en la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.
- Análisis de la variación del módulo de resiliencia de subrasantes blandas con la adición de lutita y cal en la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

### **1.3. Justificación e importancia de la investigación**

#### **1.3.1. Justificación teórica**

En la construcción de carreteras, las propiedades físicas y mecánicas del suelo son de gran importancia; por este motivo, la investigación se centrará en probar y analizar el estado del suelo de los pavimentos blandos para mejorar las propiedades de los pavimentos blandos mediante la adición de porcentajes de pizarra y cal para la estabilización.

#### **1.3.2. Justificación práctica**

La estabilización del terraplén, que se espera desarrollar mediante el enclavamiento de rocas sedimentarias como lutita y cal, permitirá optimizar las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural y determinar la proporción adecuada de lutita y cal para cumplir con las hipótesis de investigación.

#### **1.3.3. Justificación metodológica**

El estudio se realizará con métodos científicos utilizando un diseño cuasiexperimental que nos permitirá manipular las variables del esquistos y determinar su dosificación ideal. Este trabajo de investigación se presenta como resultado de la aplicación de especificaciones estándar y servirá como base para trabajos de investigación posteriores.

### **1.4. Hipótesis**

#### **1.4.1. Hipótesis general**

Las subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabilizan significativamente la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

#### **1.4.2. Hipótesis específica**

La máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabilizan significativamente la carretera Tamburco – Karkatera. Apurímac 2022.

La capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabiliza significativamente la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

La plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabiliza significativamente la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

El módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabiliza significativamente la carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

## **1.5. Variables**

**Variable Independiente:** Lutita y cal

### **Definición conceptual**

Hace referencia a rocas cuya conformación data de partículas muy finas a través de un proceso de consolidación, su forma es laminar, fina y muy fiable además de contar con rupturas planas paralelas a la estratificación (p.513).

### **Definición operacional**

Se operacionaliza mediante sus dimensiones como son el peso específico, el tipo de granulometría que puede ser fino, grano medio o grueso y la dosificación de la roca lutita en porcentajes de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% (0.67 cal+0.33 lutita), 15% (0.67 cal+0.33 lutita), 20% (0.67 cal+0.33 lutita), que son característicos de estas dimensiones, para cada dimensión se estableció tres indicadores.

**Variable dependiente:** Estabilización de subrasante

### **Definición conceptual**

Según el Ministerio de Transporte (2014) sobre la acción para estabilizar las propiedades físicas de una determinada capa, menciona mejoras utilizando procesos analíticos y elementos naturales, químicos o materiales sintéticos. La estabilización se realiza en tipos de suelo con subsuelo pobre o insuficiente (p.92).

### **Definición operacional**

Se trabaja a través de sus compartimentos, que son las propiedades físicas y mecánicas de la presa, que son las propiedades que determinan su comportamiento, y se construirán tres muestras por cada compartimento.

## 1.6. Operacionalización de variables

<i>VARIABLES</i>	<i>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</i>	<i>DEFINICIÓN OPERACIONAL</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>INSTRUMENTO</i>	<i>ESCALA</i>
<b>V1:</b> Lutita y cal	Son rocas que han sido formadas por un proceso de consolidación de partículas de granos muy finos, su estructura es de característica laminar, fiable y muy fina, con fracturas casi planas paralelas a la estratificación. (DAVILA, 2011).	Se operacionaliza mediante sus dimensiones como son el peso específico, el tipo de granulometría que puede ser fino, grano medio o grueso y la dosificación de la roca lutita y la cal en porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20% que caracterizan al soporte de califorma en las subrasantes, para la presente investigación se estableció tres indicadores.	<b>D1:</b> Peso específico  <b>D2:</b> Granulometría  <b>D3:</b> Dosificación	2.1 a 2.5 gr/cm <sup>3</sup> 2.5 a 2.9 gr/cm <sup>3</sup>  1/16 - 1/256mm  <1/256mm  0% (Muestra patrón) 5% 10% 15% 20%	Ficha de recolección de datos, guías de dosificación y análisis granulométrico	Razón
<b>V2:</b> Estabilización de subrasantes	Acción de realizar el perfeccionamiento de las características mecánicas y físicas de un estrato, mejoramiento que se realiza por medio de procesos de adhesión de productos naturales, químicos o sintéticos, la resistencia en las subrasantes se hacen en aquellos suelos donde la subrasante es pobre o inadecuada.  (MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014).	Se operacionaliza mediante sus dimensiones que son las propiedades mecánicas y físicas de las subrasantes que son características que condicionan el comportamiento de la subrasante, para cada dimensión se establecerá tres indicadores.	<b>D1:</b> Propiedades físicas  <b>D2:</b> Propiedades mecánicas	Máxima densidad seca. Contenido óptimo de humedad. Granulometría. Límite Líquido. Límite plástico. Índice de plasticidad  CBR.	Ficha de recolección de ASTM D 1557 MTC E 115 NPT 339.141 ASTM D 1883 MTC E 132 NPT 339.145	Razón

## **1.7. Delimitación**

### **1.7.1. Delimitación conceptual**

Según Spikerman (2010), la lutita puede ser esquisto de mica, esquisto de cuarzo, esquisto de feldespatos dependiendo de su composición mineral de cuarzo dominante, mica y feldespatos y limolita, dependiendo de su tamaño ( $1/256\text{ mm} - 1/16\text{ mm}$ ) y arcilla ( $< 1/256\text{ mm}$ ), que puede ser lutita fisionable (lutita que se separa en planos paralelos) y lutita no fisionable (lutita que se divide en pedazos o fragmentos) dependiendo de la geometría de la fragmentación.

Según Ministerio de Economía y Finanzas (2015) la subrasante se define como la superficie terminada de la carretera en condiciones de suelo, ya sea pavimentada o no pavimentada; también se puede definir como la base de una estructura de pavimento específica, que durante la construcción es la interfaz entre la estructura del pavimento y el suelo en condiciones naturales del prisma de la carretera.

### **1.7.2. Delimitación espacial**

Según Alfaro (2012), dentro del condicionamiento geográfico es preciso determinar el área o lugar donde se realizará el estudio, delimitación espacio institucional, colonia, ciudad, municipio, estado, región, etc. (P.45)

El estudio se desarrollará en la carretera Tamburco – Karkatera del distrito de Tamburco, provincia Abancay – Apurímac.

### **1.7.3. Delimitación temporal**

Se tuvo como línea de base la información de los años 2021 al 2022.

## **1.8. Importancia**

Esta investigación es relevante para ganar el equilibrio de la subrasante natural de la carretera Tamburco – Karkatera. Y tener una subrasante blanda con adición de lutita y cal al 15% (0.67 cal+ 0.33 lutita) con un CBR igual al 9% y esté dentro de las categorías de subrasantes del Manual de Carreteras de MTC (2014).

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del problema

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Según Mena (2018), en su estudio se planteó como objetivo analizar los beneficios mecánicos que tendrán las propiedades del suelo al incorporar en proporciones un estabilizador y un sellante a la subrasante de las intersecciones de calles que no cuentan con pavimento en la calle Morales Bermúdez de la provincia de Huaral –Lima. Esta investigación tuvo una metodología con diseño de índole experimental, nivel explicativo con argumento descriptivo y con tipología aplicada obteniendo los siguientes resultados con una incorporación al suelo de 0% de Aggrebind el CBR al 100% de compactación se obtuvo 18.50%, una DMS de 1.992 gr/cm<sup>3</sup> y una %W de 11.5%, con una incorporación al suelo de 0.2 % de Aggrebind el CBR al 100% de compactación se obtuvo 41.50%, una DMS de 2.046 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 11.2%, con una incorporación al suelo de 0.4% de Aggrebind el CBR al 100% de compactación se obtuvo 31.30%, una DMS de 2.046 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 11.2% y finalmente con una incorporación al suelo de 0.6 % de Aggrebind el CBR al 100% de compactación se obtuvo 28.90%, una DMS de 2.046 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 11.2% y concluye que de las 3 muestras evaluadas cuando se agregó un 0.2% de estabilizador y sellante se obtuvo un valor del CBR óptimo y el más alto, donde se aprecia que a menor cantidad de dosificación se tendrá mejores resultados por ende garantiza la aplicación del estabilizador y sellante, cabe también indicar que las demás dosificaciones arrojaron valores aceptables y favorables, además se concluye que el Aggrebind en relación a la absorción su funcionamiento no es alentador, ya que es un polímero con humedad y esta característica hace que absorba menos cantidad de agua.

Ccanto (2019), en su trabajo de investigación, fijó como objetivo realizar la determinación de la ceniza de bacillo al dosificarse a la subrasante de la avenida Universitaria en la ciudad de Lima para mejorar la estabilidad del suelo arcilloso en dosificaciones de 20%, 15% y 10% donde aplicó un diseño de índole experimental, con tipología aplicada, con un nivel con argumento explicativo con matiz cuantitativo donde obtuvo los siguientes resultados: en referencia al sistema unificado de clasificación SUCS se obtuvo un suelo tipo CL en donde con una adición de ceniza de bacillo CB del 0% arrojó un valor del CBR con una compactación del 100% (0.1´´) de 2.3%, un LL de 35%, con un LP 23%, y IP de 12%, también resultó con una DMS 1.838 gr/cm<sup>3</sup> y una %W de 13.20%, con una dosificación del 10% arrojó un valor

del CBR con una compactación del 100% (0.1´´) de 5.3%, un también resultó con una DMS 1.812 gr/cm<sup>3</sup> y una %W de 13.30%, con una dosificación del 15% arrojó un valor del CBR con una compactación del 100% (0.1´´) de 14.40%, también resultó con una DMS 1.801 gr/cm<sup>3</sup> y una %W de 13.40%, con una dosificación del 20 % arrojó un valor del CBR con una compactación del 100% (0.1´´) de 14.90%, también resultó con una DMS 1.794 gr/cm<sup>3</sup> y una %W de 14.10% y concluye que las cenizas de bagacillo CB en las proporciones adicionadas al suelo influyeron de manera muy eficiente en la estabilización, por ende este material sería un aditivo estabilizador sustentable y sobre todo económico que incrementará las mejoras en el CBR cuya característica arcillosa cuando serán utilizadas como subrasante, la dosificación del 15% de cenizas de bacillo mostró la mejor combinación que permitió verificar el equilibrio mecánico y físico del suelo arcilloso presente en nuestra investigación, además de corroborar del incremento de 6.6 veces el CBR de la muestra patrón y de reducir favorablemente la expansión del hinchamiento del suelo arcilloso.

Angulo & Zavaleta (2021), en su trabajo de investigación, fija como objetivo identificar cuál es la incidencia en los suelos arcillosos al adicionar cal viva y cal hidratada y estabilizar la subrasante para brindar un CBR bueno en la calle Cauper distrito de Maynas en la región de Iquitos para lo cual empleó la metodología con diseño experimental tipología aplicada, con un nivel de argumento descriptivo y explicativo con el que se obtuvo los resultados siguientes: en referencia al sistema unificado de clasificación SUCS el suelo es de tipo CL a partir del cual con la dosificación del 0% de cal hidratada con una compactación al 100% arrojó un CBR de 8.07%, con LL de 33.31, con un LP de 12.43 y un IP de 20.88, con una MDS de 1.979 gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 11.51, con la dosificación del 2% de cal hidratada con una compactación al 100% arrojó un CBR de 4.90%, con LL de 32,94, con un LP de 13.13 y un IP de 19.81, con una MDS de 1.987gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 11.05, con la dosificación del 4% de cal hidratada con una compactación al 100% arrojó un CBR de 4.42%, con LL de 31.84, con un LP de 12.51 y un IP de 19.33, con una MDS de 1.983 gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 11.37, con la dosificación del 6 % de cal hidratada con una compactación al 100% arrojó un CBR de 6.82%, con LL de 30.46, con un LP de 12.54 y un IP de 17.92, con una MDS de 1.971 gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 11.69 y finalmente con la dosificación del 2% de cal viva con una compactación al 100% arrojó un CBR de 97.50%, con LL de 31.21, con un LP de 12.81 y un IP de 18.40, con una MDS de 1.907gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 13.00, con la dosificación del 4% de cal viva con una compactación al 100% arrojó un CBR de 48.27%, con LL de 29.53, con un LP de 13.66 y un IP de 15.87,

con una MDS de 1.885gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 12.64, con la dosificación del 6% de cal viva con una compactación al 100% arrojó un CBR de 37.65%, con LL de 27.82, con un LP de 13.55 y un IP de 14.27, con una MDS de 1.880 gr/cm<sup>3</sup>, un W% de 12.26. y concluye que los materiales utilizados para la estabilización y su mejora de características de la subrasante reducen la plasticidad, siendo la cal viva la que en mayor porcentaje disminuye la plasticidad, por otro lado, la cal viva reduce la densidad de compactación, pero no acciona de la misma forma con la capacidad resistente del suelo, también concluye que la cal hidratada conserva el valor de la DMS y también el contenido óptimo de humedad a diferencia de la cal viva con el que merma la DMS e incrementa el óptimo contenido de humedad del suelo.

Curasma (2021) de su trabajo investigado tuvo como propósito determinar cambios en la estabilidad de suelos blandos con la adición de insumos inorgánicos, avenida Integración Este – Torre, Huancayo, Junín 2021. Para lo cual utilizó el tipo de investigación aplicativo, del nivel descriptivo – explicativo y diseño experimental, con el que se obtuvo los siguientes resultados: dosificación al agregar 35% de sustancias inorgánicas (ceniza más cal), el índice de plasticidad disminuyó de 8% a NP, el contenido de humedad óptimo aumentó de 9,50% a 14,2%, la densidad seca máxima disminuyó de 2058 gr/cm<sup>3</sup> a 1831 gr/cm<sup>3</sup>, CBR aumentó de 7,4% a 23,40%. La investigación arrojó las siguientes conclusiones: Se encontró que el CBR de 35% (ceniza más cal) suelo blando alcanza 23,40%, el contenido óptimo de agua es 14,20%, la densidad seca máxima es 1,831 gr/cm<sup>3</sup>, el índice de plasticidad es NP representa un aumento del 16% en CBR y secado máximo. La densidad disminuyó en un 11% y la plasticidad de la muestra de subsuelo natural disminuyó.

Herrera (2014), en su trabajo de investigación, fija como objetivo la determinación del módulo de resiliencia de diseño de pavimento mediante criterios AASHTO 1993 y 2002. El tipo de investigación fue aplicativo, nivel descriptivo – explicativo y diseño experimental, con el que se obtuvo los siguientes resultados: De acuerdo con la clasificación SUCS, el tipo de suelo dominante en los estratos registrados es Área limosa (SM). El mismo que conceptualiza el perfil estratigráfico de la vía. Sin embargo, estos materiales tienen valores de soporte muy bajos (6% - 8%) al 95% MDS. La altura del relleno creado en la carretera varía de 0,15 m a 3,4 m; promedio 0,85 cm; se crean para garantizar la continuidad de la obra de arte, sus caracteres se definen en el camino existente y se inserta un relleno mínimo para garantizar la duración del género del camino. Mediante el software Sllide se ha comprobado que estas

alturas de relleno son suficientes para el proyecto, ya que la saturación en caso de lluvia, similar a la considerada en el cálculo de pilotes, sólo llegará hasta la parte superior del terraplén. sobre esto. parte del proyecto sin afectar la estructura del pavimento.

En la subetapa, en el tramo de relleno Piura – Sullana, se utilizará material de préstamo lateral para formar la base del cuerpo de la presa (también se puede utilizar material de cantera). La marquesina de 0.30 m de espesor será de material de cantera hasta 3.00 con IP < 10%.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Para llevar a cabo este trabajo de investigación, se mapearon varios trabajos de investigación en curso. En el escenario internacional tenemos a Castro (2020) en su investigación, tuvo como objetivo desarrollar el estudio de las propiedades mecánicas del subsuelo mediante el uso de rocas ígneas (como el basalto) para la mejora y la combinación de diferentes dosis de recubrimientos convencionales para producir CBR que se puede utilizar para la mejora del subsuelo. , utilizando un diseño cuasi-experimental aplicado y obtener el siguiente resultado: Con una dosificación del 10 %, el valor de CBR con una compresión del 95 % es del 17,4 %, con una compresión del 100 %, el valor es del 28,9 %, con una dosificación del 30 %, se obtiene el valor de CBR con una compresión del 95 %. Un valor de 18,4% y 100% de compresión alcanzó un valor de 30,6% con 50% de volumen CBR al 95% de compactación valores de dosis de 18,6% y 30,9% al 100% de compactación, los autores concluyeron que las dosis oscilan entre el 30% y el 70% para rocas ígneas como el basalto. Probablemente fue óptimo como material modificado para subrasantes en el área de estudio debido al hecho de que cumplió con las pruebas de Los Ángeles para el rango de tamaño de grano, las condiciones de lecho de California y el lecho rocoso normal.

Tirado (2019), en su tesis, establece como objetivo analizar el comportamiento mecánico y de las características de un suelo posterior a la estabilización con escoria siderúrgica para obtener mejoras de la condición del suelo para su uso, Utilizando un método con un diseño cuasi-experimental y un nivel de interpretación descriptivo, se obtuvieron los siguientes resultados: A partir de los ensayos realizados se caracterizó la arcilla donde el LL es 61%, el LP es 51% y el IP 9.10%, con una dosificación de 0% de escoria siderúrgica el CBR tuvo un valor de 2.90%, una % W de 33.5 % y una DMS de 1.334 gr/cm<sup>3</sup>, con una dosificación de 8% de escoria siderúrgica el CBR tuvo un valor de 4.50%, una % W de 31.40 % y una DMS de 1.297 gr/cm<sup>3</sup>, con una dosificación de 10 % de escoria siderúrgica el CBR tuvo un valor de 5.40%, una % W

de 29.7 % y una DMS de 1.30 gr/cm<sup>3</sup> y finalmente con una dosificación de 35% de escoria siderúrgica el CBR tuvo un valor de 10.30 %, una %W de 25.8% y una DMS de 1.322gr/cm<sup>3</sup>, el autor con esta investigación concluye que según se aumente la proporción de escoria siderúrgica el CBR del suelo sufrirá un incremento siendo este positivo para su comportamiento, además que este material de estabilización ha demostrado ser idóneo y óptimo para su utilización donde según nuestra investigación el porcentaje del 35% de dosificación de escoria de siderurgia es adecuado para la estabilización.

Ramos & Solano (2019), en su investigación, establecen como objetivo determinar Usando aditivos alternativos con proporciones de distribución de cenizas volantes y cal, se obtuvieron los siguientes resultados para las propiedades mecánicas y físicas del subsuelo utilizando un enfoque explicativo cuasi-experimental: 10% cal normal, 1,48% cepa unitaria, 1,75 gr/cm<sup>3</sup> DMS, 37% humedad óptima, 20% cal normal, 1,24% cepa unitaria 1,73 gr/cm<sup>3</sup> DMS, 35% wt%, el contenido normal de cal es 40%, carga unitaria es 1.05%, DMS es 1.76 gr/cm<sup>3</sup> y la humedad óptima es 32% y concluye que cuando se realizaron los ensayos de corte directo y compresión uniaxial la mejor proporción de dosificación es de 80% de suelo y 20% de cal convencional, ya que nos arrojó resultados que se encuentran aceptables, de la misma forma la mejor proporción de dosificación es de 60% de suelo y 20% de ceniza de carbón mineral, ya que nos arrojó resultados que se encuentran aceptables.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Lutita y cal**

#### **2.2.1.1. Características de lutita y cal**

##### **Lutita**

Según TARBUCK & LUTGENS (2005), En cuanto a la base teórica del estudio tenemos: Lutitas, definidas como rocas sedimentarias plásticas constituidas por granos de grano fino que varían en tamaño desde ( $1/256\text{ mm}$  y  $1/16\text{ mm}$ ) desde su formación. Esto está asociado con áreas que muestran signos de inundación de llanuras aluviales (p.25).

Según Dávila (2011), Las lutitas son rocas formadas por la consolidación de partículas de grano muy fino, su estructura es estratificada, dura y muy fina, con fracturas casi planas paralelas al sustrato (p.513).

Según López (2002), El esquisto es una roca formada a partir de sedimentos muy finos de menos de 0,063 milímetros de diámetro, definida petrológicamente como una roca formada a partir de silicato de aluminio hidratado (p. 296).

*Tabla 1 Características comunes de las lutitas*

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Color</b>	<i>Variables según su composición teniendo una tonalidad de color gris, marrón y coloración ocre</i>
<b>Dureza</b>	<i>Varía entre entre 2 y 5 según la escala Mosh</i>
<b>Brillo</b>	<i>Opaco</i>
<b>Densidad</b>	<i>2.2 – 2.85 gr/cm<sup>3</sup></i>
<b>Composición mineralógica</b>	<i>Minerales de arcilla</i>
<b>Textura</b>	<i>Clástica</i>
<b>Estructura</b>	<i>Laminar</i>
<b>Tamaño de clastos</b>	<i>Menores a 0.063 mm de diámetro</i>
<b>Empaquetamiento</b>	<i>Conformada por partículas finas</i>
<b>Tipo de fábrica</b>	<i>Origen lacustre o fluvial</i>
<b>Usos</b>	<i>Para la industria de la cerámica y la construcción</i>

Fuente: gallegos (2020)

Según Spikerman (2010), La lutita puede ser mica lutita, lutita cuarzosa, lutita feldespática dependiendo de la composición mineral de cuarzo dominante, mica y feldespato, y puede ser limolita ( $1/256\text{ mm} - 1/16\text{mm}$ ) y arcilla ( $< de 1/256\text{ mm}$ ), dependiendo de la geometría del fragmento, pueden ser lutitas fisionables (lutitas que se separan en planos paralelos) y lutitas no fisionables (lutitas que se parten en pedazos o fragmentos) (p.231-232).

Tabla 2 : Clasificación de rocas sedimentarias

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>Color</b>	<i>VARIABLES según su composición teniendo una tonalidad de color gris, marrón y coloración ocre</i>
<b>Dureza</b>	<i>Varía entre 2 y 5 según la escala Mosh</i>
<b>Brillo</b>	<i>Opaco</i>
<b>Densidad</b>	<i>2.2 – 2.85 gr/cm<sup>3</sup></i>
<b>Composición mineralógica</b>	<i>Minerales de arcilla</i>
<b>Textura</b>	<i>Clástica</i>
<b>Estructura</b>	<i>Laminar</i>
<b>Tamaño de clastos</b>	<i>Menores a 0.063 mm de diámetro</i>
<b>Empaquetamiento</b>	<i>Conformada por partículas finas</i>
<b>Tipo de fábrica</b>	<i>Origen lacustre o fluvial</i>
<b>Usos</b>	<i>Para la industria de la cerámica y la construcción</i>

Fuente: Rojas & Paredes (2015)

### Requisitos del suelo estabilizado con lutita

El esquisto es una roca sedimentaria dúctil de grano muy fino, foliada y abigarrada; es decir, consiste en escombros que consisten en partículas del tamaño de arcilla y limo. En pizarra negra, el color se debe a la presencia de materia orgánica. Si la cantidad es grande, es pizarra bituminosa. Gris, gris azulado, blanco y verde son típicos de un ambiente sedimentario ligeramente reductor. El rojo y el amarillo representan un ambiente oxidante.

Las lutitas son porosas e impermeables porque sus poros son muy pequeños y no se comunican bien entre sí. Estas pueden ser rocas generadoras de petróleo y gas. Como resultado de la metamorfosis, se convierten en pizarra o filita. Su formación corresponde a procesos de condensación y deshidratación.

Tabla 3: Parámetros establecidos para estabilización de suelo mediante adición de lutita

Descripción	Especificación
Tamaño máximo nominal	1 1/2"

Fuente: EG-2013

## Proceso de obtención de la lutita

- a) **Obtención de la roca caliza:** Incluye todos los procesos que tienen lugar en canteras que extraen pizarra, materia prima del proceso. Estos procesos incluyen levantamientos mineros y geológicos, que extraen información geológica de los sitios mineros. En esta etapa, se presta especial atención a la verificación de la composición química, el grano y el contenido de humedad.
- b) **Extracción de la roca:** Consiste en la excavación manual y mecanizada para obtener la roca lutita.
- c) **Clasificación:** La selección de la roca extraída de la matriz del suelo siempre está acompañada de impurezas que se pueden percibir superficialmente. Para ello, se realiza con la selección manual a través del trabajo de los obreros posteriormente el lavado del material con agua.
- d) **Transporte:** En esta etapa se utilizan desde carretillas hasta volquetes para su transporte y almacenamiento.
- e) **Almacenamiento:** Consiste en cubrir la extensión de área destinada al almacenamiento con material limpio seleccionado de la roca lutita haciendo montículos de material.
- f) **Comercialización:** Finalmente, se realiza la comercialización en el mercado local según el requerimiento de los usuarios.

## Cal

Luego del proceso de la incineración de las rocas calizas a una temperatura de 880 a 900°C, conformado básicamente por óxido de calcio (CaO). El empleo de la incorporación de cal con la arcilla para actividades de terracería, revestimiento, sub bases, etc. por sus diferentes reacciones químicas, presenta variaciones del límite líquido y límite plástico para generar una disminución del índice plástico.

En los diferentes suelos donde no se tiene los estándares mínimos de un suelo competente, se puede utilizar la cal viva, cal hidratada o una lechada de cal. (Huezo Maldonado & Orellana Martínez, 200).

- ✓ La cal viva: Es el producto de la piedra caliza sometida a 900°C para que pueda convertirse en CaO.
- ✓ La cal hidratada: Este proceso sucede cuando la cal viva reacciona con el agua.

- ✓ La lechada de cal: Es la suspensión de sustancia cálcica en agua, al emplearse en la administración de suelos permite prevenir el polvo y controlar la humedad de los suelos secos.

**D1: Peso específico:**

Según, NTP 339.131 (1999), es el peso unitario dividido entre peso unitario del agua destilada a temperatura de 4°C.

“El valor obtenido se usa mayormente para predecir el peso unitario del suelo y poder realizar el análisis de hidrómetro y también nos ayudará en el cálculo de relación de vacíos de suelo” (p.2)

Fórmula:

$$Y_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fws}} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

Ws: Es el peso de la muestra seca

Wfw: Peso de la fiola más el agua

Wfws: Peso de la fiola, suelo y agua

**Peso específico de masa seca:**

Según Diaz Vilca (2010) afirma: Se precisa como la proporción a una temperatura firme de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases. (p.39).

**Peso específico de masa saturada superficialmente seco:**

Según Diaz Vilca (2010) afirma: Se precisa como la proporción a una temperatura firme de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo los poros permeables saturados con agua e impermeables naturales del material) respecto de la masa en el aire de la misma densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases. (p.15).

**Peso específico aparente:**

Según Diaz Vilca (2010) define: Se precisa como la proporción a una temperatura firme de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual

densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción impermeable. (p.16).

## **D2: La granulometría:**

Según Mohedas & Moreno (2014), tiene como objetivo especificar las texturas que puedan tener un suelo de forma similar a un perfil de estratigrafía, acción que se realiza mediante la utilización de tamices, es decir las texturas son representadas porcentualmente en función al peso de las partículas, es importante tener un suelo bien graduado para poder realizar la densificación del suelo y obtener una óptima capacidad portante y mejor estabilidad volumétrica. Por otro lado, el MTC define a la granulometría como la representación de la distribución de los granos presentes en el suelo en referencia al tamaño de las mismas, representación que se obtiene mediante el tamizado realizando los ensayos que se establecen según las especificaciones en el *ASTM D 422: Standard Test Method for Particle – size Analysis of Soils* y el ensayo *MTC E107*, a partir de estos se podrán estimar con una precisión aproximada las demás propiedades de interés. Según, NTP 339.128 (2019), la norma técnica peruana define como aquella determinación de carácter cuantitativo de la distribución de la composición del suelo en relación a su tamaño, cuando el tamaño del fragmento es mayor a 75 mm se utiliza el tamizado, cuando el tamaño del fragmento es menor a 75 mm se utiliza la sedimentación.

*Tabla 4 Clasificación de suelos según tamaño de partículas*

<b>Tipo de material</b>		<b>Tamaño de las partículas</b>
<i>Grava</i>		<i>75 mm – 4.75 mm</i>
<i>Arena</i>		<i>Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm</i>
		<i>Arena gruesa 2.00 mm – 0.425 mm</i>
		<i>Arena gruesa 0.425 mm – 0.075 mm</i>
<i>Material fino</i>	<i>Limo</i>	<i>0.075 mm – 0.005 mm</i>
	<i>Arcilla</i>	<i>Menor a 0.005 mm</i>

**Fuente:** MTC (2014)

Una vez realizada la determinación cuantitativa de las partículas de los suelos se desarrollará la descripción y clasificación en función a la metodica específica para construcción de vías donde indica de manera imperativa que la clasificación se realizará por AASHTO y SUCS.

Figura 3 Clasificación de rocas sedimentarias

ROCAS SEDIMENTARIAS DETRÍTICAS			
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado
		Grava (clastos angulosos)	Brecha
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)	Arenisca
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita

Fuente: Rojas & Paredes (2015)

Tabla 5 Clasificación de suelos según tamaño de partículas

<b>Tipo de material</b>		<b>Tamaño de las partículas</b>
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena gruesa 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena gruesa 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: MTC (2014)

Una determinación cuantitativa de las partículas de los suelos se desarrollará en función al diseño específico para la construcción de carreteras de manera imperativa que la lista se realizará por AASHTO y SUCS.

Figura 4 Clasificación AASHTO

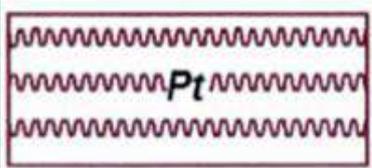
Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Figura 5 Clasificación AASHTO

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico

Fuente: Manual de Ensayos del MTC (2016)

Figura 6 Clasificación SUCS

 <b>CH</b>	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
 <b>OH</b>	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
 <b>P<sub>t</sub></b>	Turba, suelo considerablemente orgánico

Fuente: Manual de Ensayos del MTC (2016)

Tabla 6: Clasificación ASSHTO - SUCS

<i>Clasificación de suelos ASSHTO M – 145</i>	<i>Clasificación de suelo SUCS D – 2487</i>
<i>A – 1 – a</i>	<i>GW, GP, GM, SW, SP, SM</i>
<i>A – 1 – b</i>	<i>GM, GP, SM, SP</i>
<i>A – 2</i>	<i>GM, GC, SM, SC</i>
<i>A – 3</i>	<i>SP</i>
<i>A – 4</i>	<i>CL, ML</i>
<i>A – 5</i>	<i>ML, MH, CH</i>
<i>A – 6</i>	<i>CL, CH</i>
<i>A – 7</i>	<i>OH, MH, CH</i>

Fuente: Manual de Carreteras del MTC (2014)

### D3: Dosificación:

Según la NTP 339.131(1999), porción o cantidad de insumos para ser empleados en una mezcla.

Las combinaciones a analizarse en la presente investigación se detallan así: 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% (0.67 cal+0.33 lutita), 15% (0.67 cal+0.33 lutita), 20% (0.67 cal+0.33 lutita).

## Requisitos del suelo estabilizado con cal

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas y mecánicas de las muestras de las calicatas se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayo de Laboratorios del MTC (vigente) y serán las que señalen las especificaciones técnicas generales para la construcción de afirmados.

Los ensayos de los suelos fueron realizados del conjunto de los materiales de la subrasante, por personal calificado, instalaciones convenientes para la ejecución correcta de los ensayos siguiendo Normas de Ensayos del MTC y/o normas internacionales como ASTM o AASHTO, equipos debidamente calibrados, asegurando la calidad de los resultados de los ensayos. Para el SUELO ESTABILIZADO CON CAL, es necesario cumplir con los parámetros establecidos como:

*Tabla 7: Parámetros establecidos para estabilización de suelo mediante adición de Cal*

Descripción	Espec. Téc. Requeridas	Obsv.
GRANULOMETRÍA	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7.	–
ÍNDICE PLÁSTICO	Máximo 40 %	–
SULFATOS (SO <sub>4</sub> )	Máximo 0.2 %	–
ABRASIÓN	Máximo 50 %	–
ESPESOR DE CAPA	Mínimo 15 cm	–

*Fuente: Propia*

## Proceso de obtención de la cal

- a) **Obtención de la roca caliza:** Comprende todos los procesos que se realizan en la cantera a partir de los cuales se obtiene la roca caliza, materia prima de este proceso. Dichos procesos consisten en estudios geológicos, mineros, en los que se obtiene la información geológica y geoquímica de las áreas a explotar. Durante esta etapa, se pone especial atención en controlar la composición química, granulometría y humedad de la materia prima, que es la caliza.
- b) **Preparación de la roca:** Consiste en las trituraciones y tamizajes primarios y secundarios de la piedra caliza. Mediante dicho proceso, se logra dar a las piedras el diámetro requerido para el horno de calcinación.
- c) **Calcinación:** La calcinación consiste en la aplicación de calor para la descomposición (reacción térmica) de la caliza. En este proceso, se pierde cerca de la mitad de peso, por la descarbonatación o pérdida del dióxido de carbono de la caliza original. La calcinación es un proceso que requiere mucha energía para que la descarbonatación

pueda ocurrir y es en este paso cuando la piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) se “convierte” en cal viva ( $\text{CaO}$ ).

- d) **Hidratación:** En esta etapa la cal viva (óxido de calcio) es trasladada a una hidratadora, en donde se le agrega agua al producto. Al hidratarse las piedras de cal viva se convierten en cal hidratada (polvo fino de color blanco). El mismo es un proceso exotérmico, el cual consiste en que cuando a la cal viva se le agrega agua, la reacción libera calor.
- e) **Separación:** Consiste en separar de la cal hidratada los óxidos no hidratados (óxidos no hidratados como los de magnesio) y algunos carbonatos que no lograron ser hidratados en la etapa de hidratación.
- f) **Envasado:** Se procede al envasado del producto, el mismo se realiza por medio de herramientas adecuadas de envasado. La cal hidratada es embolsada en sacos con bolsas internas.
- g) **Apilado:** Se realiza el apilado de los sacos en un ambiente seco y ventilado, y se hacen rumas de 10 sacos como máximo, para posteriormente comercializarlo en el mercado regional.
- h) **Comercialización:** Finalmente, se comercializa en el mercado local y regional según el requerimiento de los usuarios.

### **2.2.2. Estabilización de subrasantes blandas**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) se refiere al mejoramiento y mejora de las propiedades físicas de un suelo específico mediante el uso de tecnología mecánica y la adición de productos naturales, químicos o sintéticos, generalmente equilibrados en suelos con calzadas deficientes o inadecuadas. (p.29).

#### **2.2.2.1. Estabilización con cal y lutita**

Ya conocidos los componentes y características de esta combinación de la cal y lutita tiene la finalidad de conglomerar y adicionar volumen macizo; es decir, la cal por su composición es un aglomerante cuando entra en contacto con el agua, también diremos que la cal reacciona muy favorablemente al contacto con las arcillas y la otra parte que viene a ser la lutita tendrá una función más que cualquier otra de aportar los granos gruesos, la ingeniería vial específicamente el factor determinante para la estabilidad de un suelo son las gravas gradadas combinadas con arcillas de baja plasticidad que le darán la cohesión y el resultado

vendrá a ser una capa óptima. En este caso tenemos una subrasante arcillosa a la que mejoraremos con la adición de la cal y lutita. Estos tres componentes se combinarán y formarán una mejor subrasante.

### 2.2.2.1 Características de la estabilización de subrasantes blandas

#### D1: Máxima densidad seca (Proctor modificado):

Según NTP 339.141 (2019), Máxima Densidad Seca (MDS) es aquel valor determinado producto de la utilización del esfuerzo utilizado, que deriva de la curva de compactación del ensayo y viene a ser el máximo valor; por otro lado, el **Contenido de Humedad (%W)** es el porcentaje de contenido de agua presente en el suelo que permite ser compactado al máximo peso unitario seco utilizando un esfuerzo de compactación. Para caracterizar las cualidades mecánicas y físicas de las subrasantes se realizarán calicatas de 1.50 m de profundidad.

Tabla 8 Número de calicatas para exploración de suelos

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>
<i>Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 600 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</i>	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul>	<i>Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada</i>
<i>Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/ día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</i>	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km. x sentido</li> </ul>	
<i>Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 y 2001 <math>\frac{veh}{día}</math>, de una calzada de dos carriles.</i>	1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 calicatas x km.</li> </ul>	
<i>Carreteras de segunda clase:</i>	1.50 m. respecto		

<i>carreteras con un IMDA entre 2000 – 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i>	<i>al nivel de subrasante del proyecto.</i>	• 3 calicatas x km.	
<i>Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400 – 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i>	<i>1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.</i>	• 2 calicatas x km.	
<i>Carreteras de bajo volumen de tránsito: carreteras con un IMDA <math>\leq 200 \frac{veh}{día}</math>, de una calzada.</i>	<i>1.50 m. respecto al nivel de subrasante del proyecto.</i>	• 1 calicatas x km.	

**Fuente:** Manual de Carreteras del MTC (2014)

Tabla 9 Número de calicatas para exploración de suelos

<b>TIPO DE CARRETERA</b>	<b>Nº MR y CBR</b>
<i>Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 <math>\frac{veh}{día}</math> de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km. y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> </ul>
<i>Carreteras duales o multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km. x sentido y 1 CBR cada 1 km. x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km. y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
<i>Carreteras de primera clase: carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 MR cada 3 km. y 1 CBR cada 1 km.</li> </ul>
<i>Carreteras de segunda clase: carreteras con un IMDA entre 2000 y 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.</i>	

<p><i>IMDA entre 2000</i></p> <p style="text-align: center;">– 401 veh /día, de una calzada de dos carriles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1.5 km. se realizará un CBR</li> </ul>
<p><i>Carreteras de tercera clase: carreteras con un IMDA entre 400</i></p> <p style="text-align: center;">– 201 veh /día, de una calzada de dos carriles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 2 km. se realizará un CBR</li> </ul>
<p><i>Carreteras con un IMDA</i></p> <p style="text-align: center;"><math>\leq 200</math> veh/día, de una calzada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 3 km. se realizará un CBR</li> </ul>

**Fuente:** Manual de Carreteras del MTC (2014)

### **D2: Relación de soporte de california (CBR)**

MTC E132 (2016): “Es la determinación del índice de resistencia que se usa para obtener la capacidad de soporte de suelos de subrasante y de otras capas” (p.1)

### **D3: Plasticidad:**

Según Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), La plasticidad es la propiedad que el suelo necesita para mantener la estabilidad al limitar la humedad para evitar la disolución del suelo; en este sentido, la plasticidad dependería totalmente de los finos, por lo que fue necesario definir el límite de Atterberg relacionando el comportamiento del contenido de humedad con el del suelo en contacto (p.31) y son los siguientes:

**Límite líquido (LL)** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Caprichosamente, se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo. **Límite plástico (LP)** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Caprichosamente, se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolando en hilos de 3,2 mm. (1/8 pulg) sin que se rompan en pedazo. Según NTP 339.129 (2019), **Índice de plasticidad (IP)** es el

intervalo del contenido de humedad donde el suelo presenta una conducta plástica, es la oposición entre el LL y LP.

*Tabla 10 Suelos según IP*

<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>Plasticidad</b>	<b>Características</b>
$IP > 20$	<i>Alta</i>	<i>Suelos muy arcillosos</i>
$IP \leq 20$ $IP > 7$	<i>Media</i>	<i>Suelos arcillosos</i>
$IP < 7$	<i>Baja</i>	<i>Suelos poco arcillosos plasticidad</i>
$IP = 0$	<i>No plástico</i>	<i>Suelos exentos de arcilla</i>

**Fuente:** Manual de Ensayos del MTC (2016)

Es importante valorar que una cantidad alta de arcilla presente en el suelo se convierte en un elemento completamente riesgoso en la subrasante.

#### **D4: Módulo de resiliencia**

Según el Ministerio de Economía y Finanzas (2015), la subrasante define a la superficie terminada de una estructura, ya sea una caja fuerte o un pavimento, también se puede definir como el lugar donde se ubica una estructura de pavimento específica y es parte del prisma vial entre la estructura del pavimento y la topografía en su estado natural. En este marco, es importante modificar los suelos lo suficiente para que sirvan como base de cobertura, y esta modificación resulta en un proceso de estabilización del suelo. Relación de la guía AASHTO 2008 y el “Manual de Carreteras de Chile”

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64}, \text{ para } CBR < 12\%.$$

Según Angulo & Zavaleta (2020) El refuerzo del suelo se define como una técnica utilizada durante la construcción de carreteras para dar al material buenas propiedades en el terreno, como trabajabilidad, resistencia al corte y estabilidad de ciertos materiales. tierra; también se puede definir como la estabilidad de ciertos materiales del suelo, la capacidad de soportar cargas estáticas y en movimiento en condiciones adversas sin deformaciones significativas. Si el suelo tiene propiedades negativas, puede ser necesario trabajar directamente el suelo para reemplazar el suelo, para mejorar la composición del suelo o sus propiedades (p. 18). Duque & Escobar (2002) también lo definen como una actividad de mejoramiento del suelo, como la resistencia estructural y la estabilidad volumétrica, que combina procedimientos técnicos que

incluyen la adición de materiales especiales, mezclas granulométricas y procesos de compactación (compactación) (p.154).

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), el equilibrio de subrasantes se define como aquella acción de realizar la estabilización de las cualidades físicas de un determinado terreno, mejoramiento que se realiza por medio de proceso mecánico y la adhesión de productos naturales, químicos o sintéticos, los equilibrios naturalmente se hacen en aquellos terrenos donde la subrasante es pobre o inadecuada (p.92).

Según NTP339.1245 (2019), **CBR (*California Bearing Ratio*)** es un indicador del suelo que mide la resistencia potencial de la base, subrasante y sus bases tomando en cuenta también los materiales reciclados utilizados en el pavimento. Para determinar este indicador, se debe hacer uso de un ensayo empírico que principalmente te permite evaluar la resistencia de los materiales de condición cohesiva donde el tamaño de las partículas es menor a  $19\text{ mm}$  ( $3/4$  de pulg).

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), para determinar el CBR siempre debe tomarse consideraciones establecidas en el *ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio)* y en el ensayo *MTC E 132 CBR de suelos (laboratorio)*, en donde este último refiere que el ensayo se realizará generalmente en suelos preparados en el laboratorio, con determinadas condiciones controladas de densidad y humedad, pero no exime que se pueda realizar en muestras inalteradas.

*Tabla 11 Categorías de Subrasante*

<b>CATEGORÍAS DE SUBRASANTE</b>	<b>CBR</b>
<i>S0: Subrasante inadecuada</i>	<i>CBR &lt; 3%</i>
<i>S1: Subrasante insuficiente</i>	<i>De CBR ≥ 3% A CBR &lt; 6%</i>
<i>S2: Subrasante regular</i>	<i>De CBR ≥ 6% A CBR &lt; 10%</i>
<i>S3: Subrasante buena</i>	<i>De CBR ≥ 10% A CBR &lt; 20%</i>
<i>S4: Subrasante muy buena</i>	<i>De CBR ≥ 20% A CBR &lt; 30%</i>
<i>S5: Subrasante excelente</i>	<i>CBR ≥ 30%</i>

**Fuente:** Manual de Carreteras del MTC (2014)

### **2.3. Definición de términos**

#### **Índice plástico:**

NTP 339.129 (1999): “Es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico” (p 2).

#### **Límite líquido:**

NTP 339.129 (1999): “Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del suelo seco al horno, al estar este suelo entre el estado plástico y líquido” (p. 2).

#### **Análisis granulométrico de suelos:**

Bañón, García y Francisco (2000) aseguran que: “La finalidad de este ensayo no es otra que determinar las proporciones de los distintos tamaños de grano existentes en el mismo, o, dicho de otro modo, su granulometría” (p.15).

#### **Límite plástico:**

NTP 339.129 (1999): “Es la humedad más baja con la que se forman las barras de suelo de unos 3.2mm de diámetro sin quebrarse” (p 3).

#### **Suelos estabilizados:**

“Son suelos con características pobres o inadecuados en sus propiedades, tienen baja estabilidad, para la mejora es necesario adicionarles materiales estabilizantes como cal, ceniza de madera u otros químicos” (2013) (p. 107).

#### **Subrasante del camino:**

La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento. La subrasante es la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30 m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo Proctor modificado (MTC EM 115). (p.24).

#### **Estabilización de subrasantes blandas:**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, (2013) define como el aumento de las propiedades mecánicas y físicas de los suelos a través de ordenamientos mecánicos o químicos

ya sean nativos o sintetizados, dichas estabilizaciones se ejecutan en suelos de subrasante inadecuada o pobre, las metodologías son varias y marchan desde la añadidura de nuevo suelo hasta la adición de uno o más agentes estabilizadores, cualquiera que sea el procedimiento a seguir, es continuado de un desarrollo de compactación. Montejo Fonseca, Montejo Piratova, (2018). Así mismo según Hassnen Mosa, (2013) la estabilización de la subrasante es una técnica introducida hace muchos años con el objetivo principal de cumplir los requisitos de la norma (p.44)

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Método de la investigación: Científica

Según Rodríguez (2018), conceptualiza sobre el método científico es el conjunto de postulados, reglas y normas para estudio y la solución de los problemas de investigación (p.22). Esta investigación nos brinda la observación de los hechos in situ y obtener resultados medibles en sus diferentes propiedades que nos permitirá interpretar cada resultado. Según lo expuesto, el estudio empleará el método científico.

### 3.2. Tipo de investigación: Aplicada

Para EGG (2011), “son investigaciones cuya finalidad es dar solución a los problemas, cuya característica es la aplicación y utilización de conocimientos” (p.42).

El presente estudio de investigación nos dará a conocer los beneficios que brinda la adición de las lutitas y cal en subrasantes blandas. Esta investigación pertenece al nivel aplicativo.

### 3.3. Nivel de Investigación: Explicativo

Hernández, et al (1997) “Menciona que el nivel descriptivo – explicativo es descriptivo porque busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice y describe tendencias de un grupo o población. Es explicativo porque pretende establecer las causas del fenómeno que se evalúa, como los efectos que genera la variable independiente sobre la variable dependiente” (p. 103)

Se distinguirá las cualidades mecánicas y físicas del terreno para evidenciar los efectos positivos del empleo de la lutita y cal.

Conforme a la teoría revisada, esta investigación según la teoría es explicativa.

### 3.4. Diseño de la investigación: Experimental

Campbell y otros (1995) señala que la investigación científica es aquella en la cual se manipulan variables y se prestan atención a sus efectos sobre otras.

Conviene explicar que el propósito particular de este tipo es aprender el diseño experimental dentro de la práctica donde el experimentador lleno de dominio de la situación programa tratamientos y a fin de lograr la principal eficiencia estadística, al que cumple la menor o mayor complejidad de diseño, (p.84). Según estas consideraciones, se aplicará el nivel experimental.

La presente investigación involucrará la manipulación de dos variables, en este caso será la roca lutita y la cal donde se dosificará en porcentaje para la estabilización de las subrasantes

blandas. Como primera etapa es el control de la dosificación de suelo natural, lutita y cal, posteriormente se efectuará la manipulación de los porcentajes de adición al suelo natural. Para finalmente materializarse con la observación de la estabilización.

### **3.5. Población, muestra y muestreo**

#### **3.5.1. Población.**

Según Córdova Zamora (2003), la población es como aquel conjunto compuesto de elementos que tienen la naturaleza de tener una o más peculiaridades que pueden ser visibles desde un juicio tanto cualitativo o cuantitativo y que se pueden evaluar entre ellos (p.58).

La investigación estudia a una población de (25+000) km que corresponde a la carretera Tamburco – Karkatera en el distrito de Tamburco.

#### **3.5.2. Muestra.**

Según Del Cid, Méndez, & Sandoval (2011), una muestra se define “como aquella fracción o parte cuya característica es ser representativa de un grupo, de un universo o de una población, que ha sido seleccionada por ciertas características que servirán para la investigación” (p.90).

El presente estudio tendrá una cantidad total de 16 indicativos, que serán provenientes de las 4 calicatas que se excavarán en el tramo (0+000 al 1+000) km para determinar el CBR y para la caracterización del suelo 4 por 1km esto en referencia al Manual de Carreteras de Suelos y Pavimentos, de cada calicata se tendrá 4 muestras para cada dosificación.

#### **3.5.3. Muestreo: No probabilístico**

Según Gómez (2012), se define “como aquel instrumento de mucha importancia en la investigación que permite al investigador realizar la selección de unidades representativas con la finalidad de obtener la información requerida para la investigación” (p.34).

En la presente investigación realizada, los elementos de la población que evaluaremos para obtener la muestra serán muestreo de matiz no probabilístico

##### **3.5.3.1. Muestreo no probabilístico**

Según Ñaupá Valdivia, Palacios, & Romero (2014), “es el procedimiento donde las muestras son sesgadas y el nivel de confiabilidad es difícil de determinar, no aplica los cálculos de probabilidad, ni la ley de azar” (p.253).

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnica: Observancia directa

Según Baena (2017), indica “la visualización directa es el procedimiento donde se recolecta la información y realizada por el mismo investigador por medio directo del sentido de la observación” (p.72).

En la presente investigación, el instrumento a emplear será el formato de ensayos de laboratorio de suelos.

#### 3.6.2. Instrumentos de recolección de datos: Ficha de recopilación de información

Según Muñoz (2016), “involucra aquellos recursos que emplea el investigador para obtener la información necesaria de los fenómenos o hechos que son materia de investigación, pudiendo ser registro de observaciones, fichas de recolección, cuestionarios y entre otro” (p.95).

La investigación exige la recopilación de información que es un instrumento necesario para la administración de los datos, el cual es elaborado por el investigador, equipos de ensayo e instrumentos de laboratorio.

##### 3.6.2.1. Validez.

Según Carrasco (2006), está definida como “aquella característica que deben tener los instrumentos de recolección de datos, la cual permite realizar la medición de las variables desde un punto de vista objetivo, veraz y auténtico” (p.336).

El instrumento de validez de la investigación en curso es determinado por la metodología de juicio de expertos, donde se asigna una valoración a cada una de las variables, para ello se hará uso de la tabla 7 donde se encuentran los rangos y magnitud de validez, el resultado valido será el promedio aritmético.

Tabla 12 Rangos y magnitudes de validez

<b><i>Rango</i></b>	<b><i>Interpretación</i></b>
0.53 a menos	<i>Validez nula</i>
0.54 a 0.59	<i>Validez baja</i>
0.60 a 0.65	<i>Válida</i>
0.66 a 0.71	<i>Muy válida</i>
0.71 a 0.99	<i>Excelente validez</i>
1.00	<i>Validez perfecta</i>

Tabla 13 Profesionales que validan el trabajo de investigación

N°	Título profesional	Apellidos y nombres	CIP	Validez
1	Ingeniero Civil	Soto Jara, Raúl	67096	1
2	Ingeniero Civil	Ampuero Esquivel, Cristian	164755	1
3	Ingeniero Civil	Merma Sarmiento, Ademir	163360	1

El resultado del análisis de validez del instrumento de investigación fue de validez perfecta que al comparar con la tabla 9 se interpreta como una Validez perfecta.

### 3.6.2.2. Confiabilidad.

Según Ruiz (2013), “es una característica técnica que mide el grado de utilidad de los instrumentos de medición donde la exactitud juega un rol preponderante con lo que se puede decir que la confiabilidad es un equivalente a la predictibilidad y estabilidad” (p.83).

Tabla 14 Rangos y magnitudes de confiabilidad

<i>Rango</i>	<i>Magnitud</i>
0.01 – 0.20	<i>Muy baja</i>
0.21 – 0.40	<i>Baja</i>
0.41 – 0.60	<i>Moderada</i>
0.61 – 0.80	<i>Alta</i>
0.81 – 1.00	<i>Muy alta</i>

**Fuente:** Ruiz (2013)

### 3.7. Método de análisis de datos

La indagación de la averiguación obtenida a través de los instrumentos del estudio planteados se realizará con la utilización de la estadística inferencial y descriptiva, para su procesamiento se utilizará el software Minitab19 y Excel Microsoft.

### 3.8. Aspectos éticos

La objetividad, la originalidad y la confidencialidad serán criterios éticos que se pondrán en práctica en esta investigación, además de respeto a la propiedad intelectual de los autores.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. Descripción de la zona de estudio**

##### **4.1.1 Ubicación**

La zona del presente estudio de investigación se encuentra ubicada en las faldas de la Reserva Nacional del Ampay, distrito de Tamburco, provincia de Abancay, región Apurímac. Sus coordenadas UTM por el Este 727964.00, Norte 8492989.00 y con una altitud de 2643 msnm.

##### **4.1.2. Características de la zona de estudio**

La carretera Tamburco – Karkatera tiene una longitud de 25+000 km. Para la caracterización de las cualidades físicas y mecánicas del terreno, el tramo considerado es de 1000 metros, tiene un ancho de 6 metros, es una trocha carrozable y cuenta con pendientes máxima de 25 % y mínimo de 5%, velocidad directriz de 60km/hr.

#### **4.2. Estudios previos**

##### **4.2.1. Estudios de campo**

###### **4.2.1.1. Estudios topográficos**

En la presente investigación, los trabajos de levantamiento topográfico del tramo de la muestra de interés tendrán las siguientes consideraciones.

La actividad del levantamiento topográfico se realizará con los niveles de exactitud y precisión regulados en la normativa vigente. Además, se presenta la metodología de obtención de la información de campo sobre la planimetría y altimetría del terreno.

##### **Instrumentación**

###### **Equipos para levantamiento topográfico**

Para el trabajo de recolección de datos de campo se hizo uso del siguiente equipo:

- ✓ 01 estación Total TS06PLUS 3” R500 con serie 1412601
- ✓ 01 navegador geodésico GPS marca Garmin.
- ✓ 02 jalones de 2.50 de altura con burbuja nivelante.
- ✓ 03 radios Motorola receptores.
- ✓ 01 flexo metro Stanley de 5m. y de 50m

✓ 01 movilidad (Camioneta).

Anexo el certificado de calibración de la estación total (ver anexo 3)

Se empezó con la colocación de (10) puntos fijos (BM) con las coordenadas, así como se detalla en la tabla 14.

*Tabla 15 Tabla de coordenadas de BM (WGS84)*

<b>CÓDIGO</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
BM -1	727409.09	8493018.26	2667.94	Hito
BM -2	727411.66	8493022.45	2665.81	Hito
BM -3	727409.09	8493018.25	2666.34	Hito
BM -4	727277.03	8493019.98	2675.83	Hito
BM -5	727283.74	8493021.45	2675.34	Hito
BM -6	727283.78	8493021.48	2675.33	Hito
BM -7	727277.04	8493020.02	2675.82	Hito
BM -8	727288.92	8493028.61	2681.35	Hito
BM -9	727264.79	8493008.09	2676.97	Hito
BM -10	727286.70	8493016.19	2675.23	Hito

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos con el equipo de estación total son exportados y procesados en el software Autocad Civil 3d, con la finalidad de generar la representación gráfica del tramo en estudio y las estructuras que lo rodean mediante la generación de planos (ver anexos) y de igual manera los puntos topográficos son adjuntados (ver anexo 4).

#### **4.2.1.2. Exploración de suelos (calicatas)**

En el estudio, se ejecutó 04 calicata de 1.50 metros de profundidad, dicha cantidad de calicatas se obtuvo del manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, (2013), se detalla en el Cuadro 4.1 (número de calicatas para exploración de suelos), indica el número de calicatas a realizarse, según las características del suelo, para la muestra del estudio se realizará 01 calicata cada 250 metros, en un tramo de 1000 metros, se realizará 04 calicatas y el análisis de la adición de lutita y cal se utilizará en el suelo más crítico de la carretera Tamburco -Karkatera.

Tabla 16 Ubicación y cantidad de muestra de suelos

CALICATA	ESTE	NORTE	COTA	CANTIDAD
01	727959.00	8492993.00	2648	150Kg
02	727884.00	8493196.00	2665	150Kg
03	727670.00	8493071.00	2671	150Kg
04	727482.00	8493030.00	2686	150Kg

Fuente: Elaboración propia

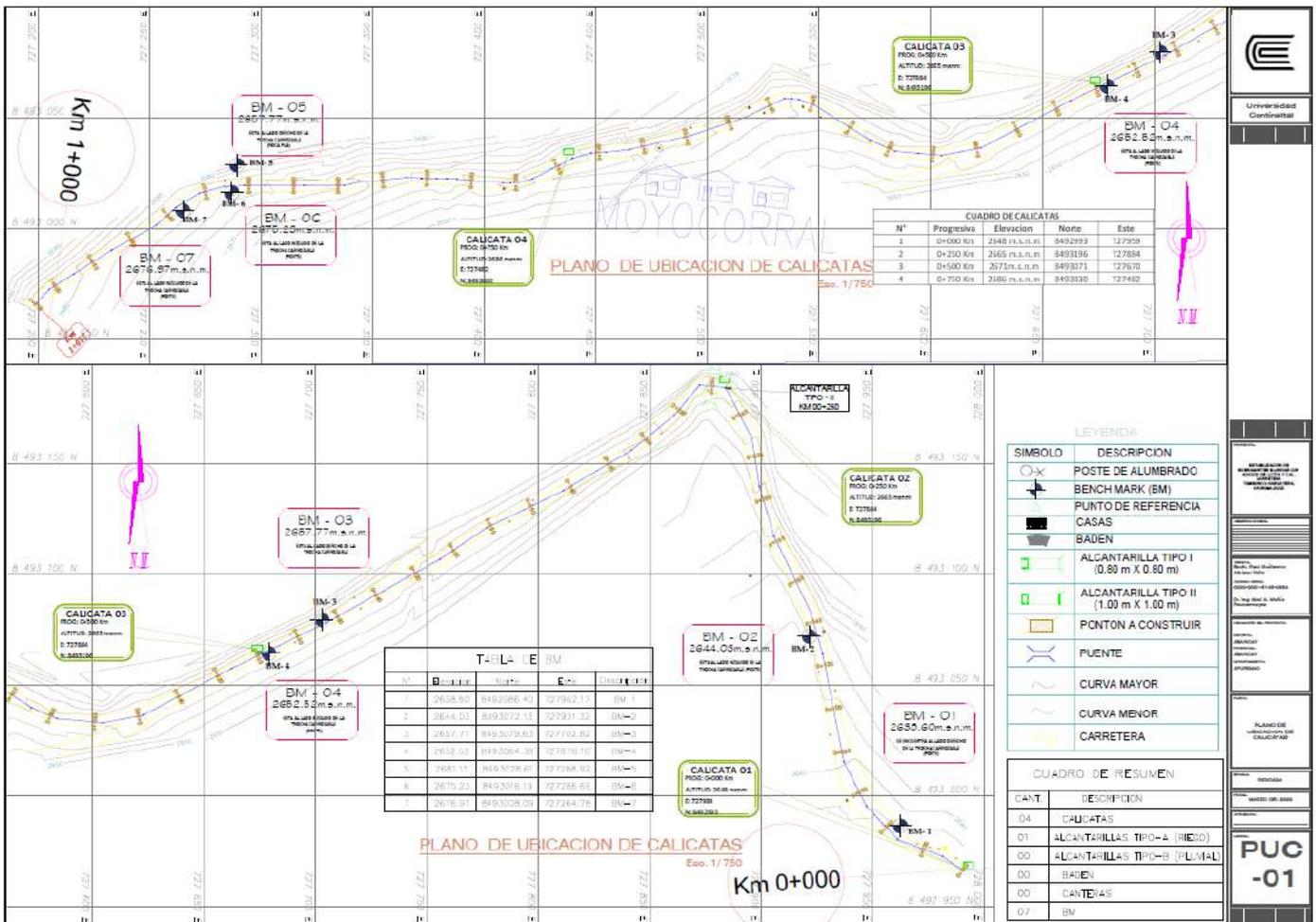


Figura 7 Plano de la ubicación de las calicatas

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1.3. Extracción de muestra de lutita

La lutita se ha extraído de la cantera de Karkatera, ubicada en el mismo tramo de la carretera Tamburco - Karkatera, previa selección y separación de impurezas, la cantidad de 100 kg, para las diferentes dosificaciones en la clasificación de suelos.

Tabla 17 Tabla de ubicación y cantidad de muestra de lutita

<b>CALICATA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>	<b>CANTIDAD</b>
01	720779.00	8494671.00	3326	100Kg

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.1.4. Extracción de muestra de cal**

La cal fue extraída de la cantera Yaca; está ubicada en la localidad de la comunidad de Yaca en el distrito de Circa, donde se realiza la producción de la cal viva y la cal hidratada, para los ensayos de laboratorio de la presente investigación se utilizó un total de 100 Kg.

Tabla 18 Tabla de ubicación y cantidad de muestra de cal

<b>CALICATA</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>	<b>COTA</b>	<b>CANTIDAD</b>
01	718453.64	8467629.19	2006	100Kg

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.2 Estudios de laboratorio**

- ❖ Ensayo de relación de soporte de California (CBR), MTC E132, (2016) (ver anexo N° 3)
- ❖ Ensayo de Proctor modificado. MTC E115, (2016) (ver anexo N° 3)
- ❖ Ensayo granulométrico. NTP 339.128, (1999) (ver anexo N° 3)
- ❖ Contenido de humedad. NTP 339.127, (1999) (ver anexos N°3)
- ❖ Índice plástico. NTP 339.129, (1999) (ver anexos N°3)
- ❖ Ensayo de límite líquido. NTP 339.129, (1999) (ver anexos N°3)
- ❖ Ensayo de límite plástico. NTP 339.129, (1999) (ver anexos N°3)

### 4.3. Análisis de la información

#### 4.3.1. Estimar la variación de la máxima densidad seca de subrasante blanca con la adición de lutita y cal.

Tabla 19 Resultados del ensayo Proctor modificado (suelo natural y dosificación)

DOSIFICACIÓN		DMS
SN	Suelo Natural	2.07
M1	SN+5%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	1.92
M2	SN+5%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	1.93
M3	SN+5%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	1.94
M4	SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	1.94
M5	SN+10%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	1.93
M6	SN+10%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	1.94
M7	SN+10%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	1.96
M8	SN+10%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	1.96
M9	SN+15%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	1.93
M10	SN+15%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	1.94
M11	SN+15%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	1.95
M12	SN+15%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	1.97
M13	SN+20%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	1.90
M14	SN+20%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	1.90
M15	SN+20%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	1.92
M16	SN+20%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	1.94

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

**4.3.2. Determinar la variación de la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal.**

Tabla 20 Resultados de ensayos soporte de California (Suelo Natural y dosificada)

MATERIAL/MEZCLA		C.B.R. (95%)
SN	Suelo Natural	5.40
M1	SN+5%(0.25CAL+0.75LUTITA)	5.80
M2	SN+5%(0.75CAL+0.25LUTITA)	5.90
M3	SN+5%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	5.80
M4	SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	6.00
M5	SN+10%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	7.00
M6	SN+10%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	7.50
M7	SN+10%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	8.50
M8	SN+10%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	8.50
M9	SN+15%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	7.00
M10	SN+15%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	7.00
M11	SN+15%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	7.60
M12	SN+15%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	9.00
M13	SN+20%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	6.50
M14	SN+20%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	7.20
M15	SN+20%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	7.50
M16	SN+20%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	7.70

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

El resultado de la dosificación M12 de SN+15%(0.67CAL+0.33LUTITAS) con CBR de 9.00 % se valida como subrasante regular, según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016).

**4.3.3. Calcular la variación de la plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal.**

Tabla 21 Resultados del límite de consistencia y el índice de plasticidad

DOSIFICACIÓN		LÍMITES DE CONSISTENCIA		
		L.L.	L.P	IP
SN	Suelo Natural	27.44	20.32	7.10
M1	SN+5%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M2	SN+5%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M3	SN+5%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M4	SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M5	SN+10%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M6	SN+10%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M7	SN+10%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M8	SN+10%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M9	SN+15%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M10	SN+15%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M11	SN+15%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M12	SN+15%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M13	SN+20%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M14	SN+20%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M15	SN+20%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	27.44	20.32	7.12
M16	SN+20%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	27.44	20.32	7.12

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

**4.3.4. Análisis de la variación del módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal.**

Tabla 22 Resultados del módulo de resiliencia (Suelo Natural y dosificada)

MATERIAL/MEZCLA		Mr (psi)
SN	Suelo Natural	7518.34
M1	SN+5%(0.25CAL+0.75LUTITA)	7870.18

M2	SN+5%(0.75CAL+0.25LUTITA)	7956.76
M3	SN+5%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	7870.18
M4	SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	8042.80
M5	SN+10%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	8876.74
M6	SN+10%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	9277.48
M7	SN+10%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	10051.23
M8	SN+10%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	10051.23
M9	SN+15%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	8876.74
M10	SN+15%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	8876.74
M11	SN+15%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	9356.46
M12	SN+15%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	10425.72
M13	SN+20%(0.25CAL+0.75LUTITAS)	8465.56
M14	SN+20%(0.75CAL+0.25LUTITAS)	9038.24
M15	SN+20%(0.33CAL+0.67LUTITAS)	9277.48
M16	SN+20%(0.67CAL+0.33LUTITAS)	9435.07

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

#### 4.3.5. Estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal

Tabla 23 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.25CAL+0.75LUTITAS)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.92	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.01	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	5.8	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 24 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.75CAL+0.25LUTITAS)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.93	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	9.0	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	5.9	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 25 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.33CAL+0.67LUTITAS)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.938	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.5	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	5.8	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 26 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.94	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.8	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	6	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 27 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.25CAL+0.75LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.93	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.3	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 28 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.75CAL+0.25LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.94	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	9.5	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.5	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 29 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.33CAL+0.67LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.95	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.6	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	8.3	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 30 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.67CAL+0.33LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.96	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	9.01	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	8.5	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 31 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.25CAL+0.75LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.928	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.6	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.0	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 32 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.75CAL+0.25LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.935	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	11	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.5	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 33 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.33CAL+0.67LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.945	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	10.6	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.7	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 34 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.67CAL+0.33LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	10.6	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	9	RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 35 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.25CAL+0.75LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.91	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	10.4	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	6.5	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 36 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.75CAL+0.25LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.92	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	12.8	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.2	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 37 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.33CAL+0.67LUT)

<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.925	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	11	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.5	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

Tabla 38 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.67CAL+0.33LUT)

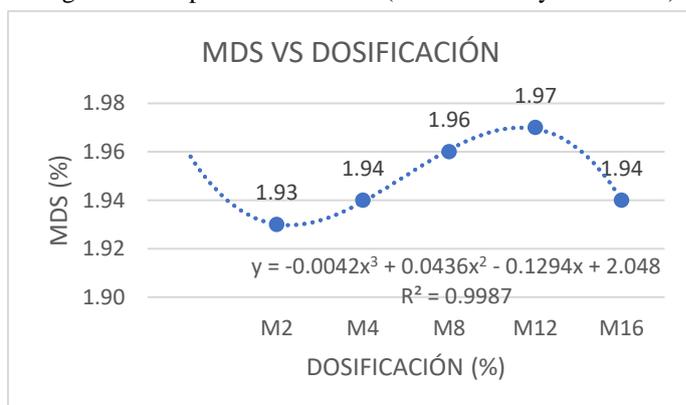
<b>Calicata</b>		
<b>Características</b>	<b>C-01</b>	<b>Observaciones</b>
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	1.93	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	12	-
California Bering Ratio (CBR) -al 95%	7.7	NO RECOMENDABLE

Fuente: Resultados de Laboratorio de mecánica de suelos

#### 4.4. Resultados de la investigación

##### 4.4.1. Estimación de la variación de la máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal.

Figura 8 Comparación de MDS (suelo natural y dosificada)



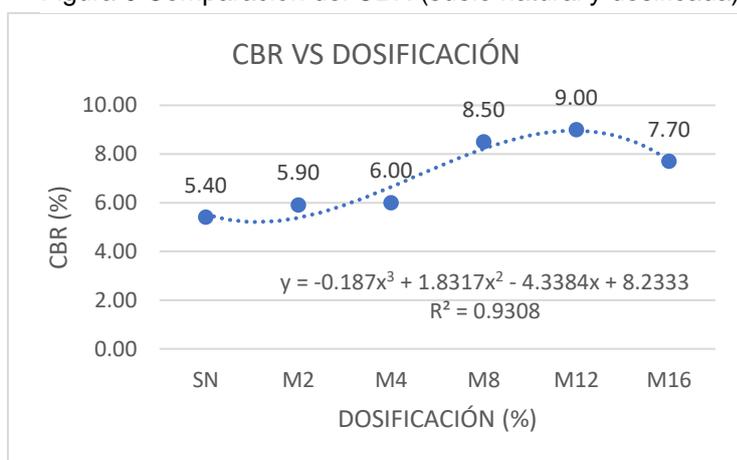
Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

La figura N° 5.4.1.1. prueba la variación de la máxima densidad seca de: 1.92 g/cm<sup>3</sup>, 1.96 g/cm<sup>3</sup>, 1.97 g/cm<sup>3</sup> y 1.94 g/cm<sup>3</sup>, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67cal+0.33lutita), 10% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), y 20% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita) respectivamente; la máxima densidad seca es de 1.97 con adición de 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), para incrementos mayores a esta la máxima densidad seca disminuye.

### 4.4.2. Determinar la variación de la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal.

Figura 9 Comparación del CBR (suelo natural y dosificada)



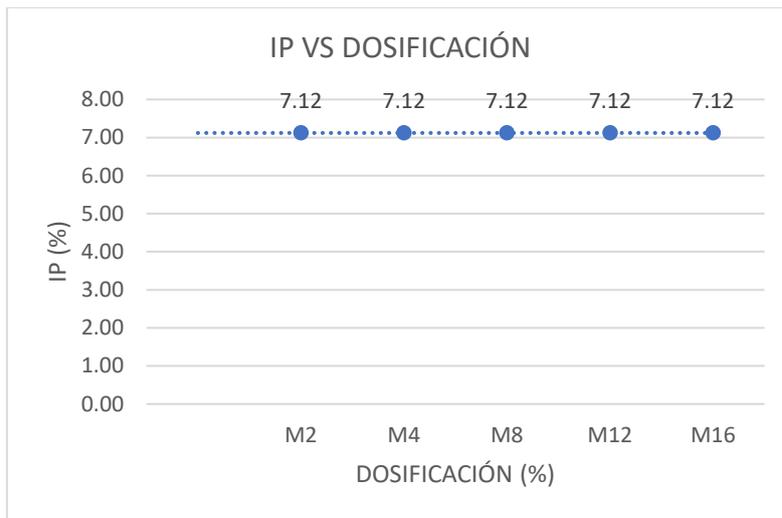
Fuente: Elaboración propia

## Interpretación

La figura N.º5.4.2.1, muestra la variación del soporte de California – CBR de: 6.00%, 8.50%, 9.00% y 7.70%, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67cal+0.33lutita), 10% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), y 20% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita) respectivamente. El CBR de 9.00% que resulta de la adición de 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita) es el más recomendable en la dosificación. Para incrementos mayores a esta dosificación el CBR disminuye.

#### 4.4.3. Estimar la variación de la plasticidad de subrasantes blancas con adición de lutita y cal.

Figura 10 Comparación del Índice de Plasticidad IP (suelo natural y dosificada)



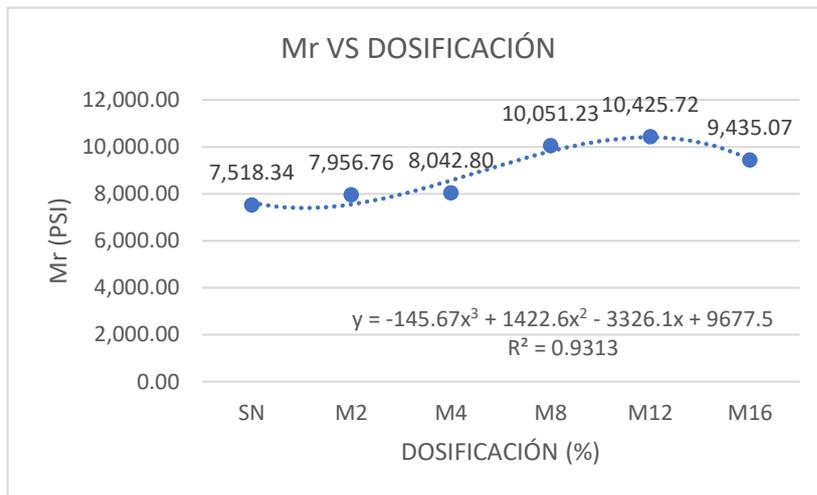
Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación

La figura N.º 5.4.3.1, muestra la variación del índice de plasticidad de: 7.12%, 7.12%, 7.12% y 7.12%, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67cal+0.33lutita), 10% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), y 20% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita) respectivamente; el IP es de 7.12% con adición de 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), el índice de plasticidad es constante en las diferentes combinaciones.

#### 4.4.4 Calcular la variación del módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal.

Figura 11 Comparación del módulo de resiliencia (suelo natural y dosificada)



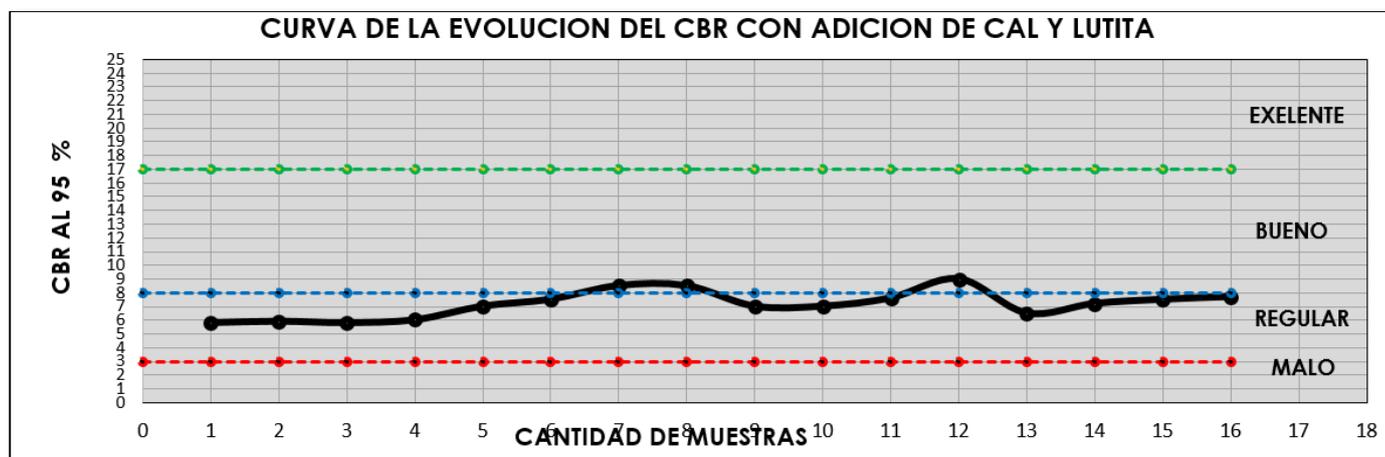
Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación

La figura N.º 5.4.4.1, muestra la variación del módulo de resiliencia de: 8042.80, 10051.23, 10425.72 y 9435.07, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67cal+0.33lutita), 10% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), y 20% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita) respectivamente; el módulo de resiliencia es de 10425.72 (psi) con adición de 15% de lutita y cal (0.67cal+0.33lutita), para incrementos mayores a esta el módulo de resiliencia disminuye.

#### 4.4.5. Estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal

Figura 12 Comparación general de suelo natural y dosificación



Fuente: Elaboración propia

#### Interpretación

La figura N°5.4.5.1, muestra que, con una dosificación del 15 % de cal y lutita 15%(0.67cal+0.33lutita), aumenta sus propiedades mecánicas y físicas del suelo natural, respecto al índice de plasticidad se mantiene igual. La máxima densidad seca disminuye a un 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a un 10.12%, pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR en un 66.66%.

#### 4.5. Contrastación de hipótesis

##### 4.5.1. Contrastación de hipótesis general

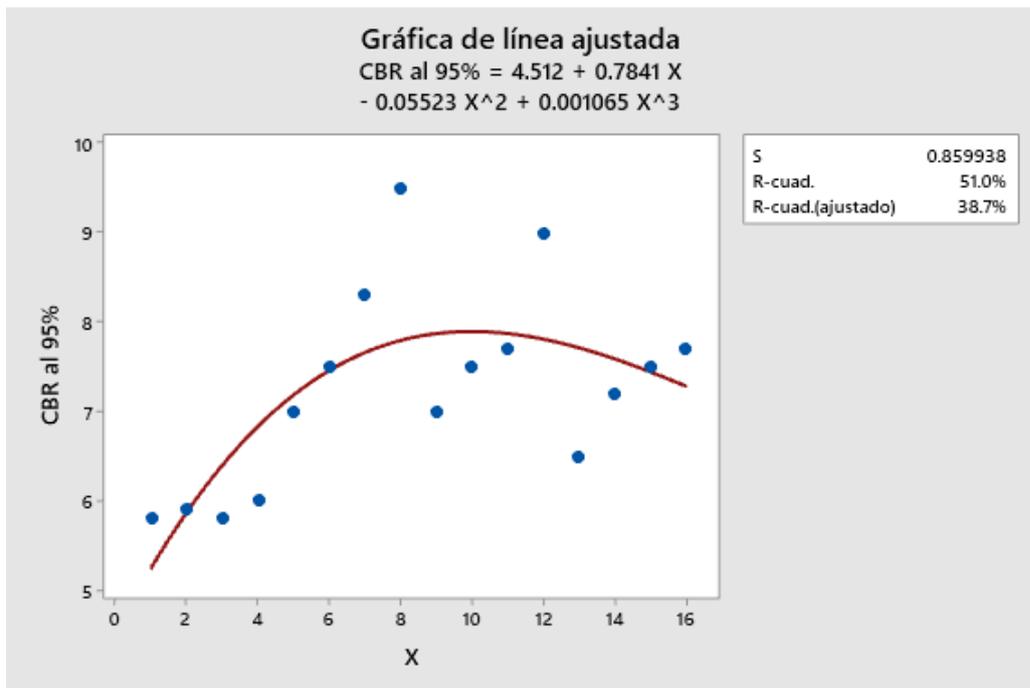
Hipótesis Nula

**H0:** Las subrasantes blandas con adición de lutita y cal no estabilizan significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

Hipótesis Alternativo

**H1:** Las subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabilizan significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.

Figura 13 Gráfica de línea ajustada del CBR al 95%



Fuente: Software Minitab 19 (versión 2019)

Análisis de regresión polinomial: CBR al 95% vs X

La ecuación de regresión es:

$$\text{CBR al 95\%} = 4.512 + 0.7841 x^2 - 0.05523 x^2 + 0.001065 x^3$$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.859938	50.97%	38.71%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	9.2255	3.07515	4.16	0.031
Error	12	8.8739	0.73949		
Total	15	18.0994			

Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	4.62389	4.80	0.046
Cuadrático	1	4.49862	6.51	0.024
Cúbico	1	0.10295	0.14	0.716

### 5.5.2. Contrastación de hipótesis específica 1:

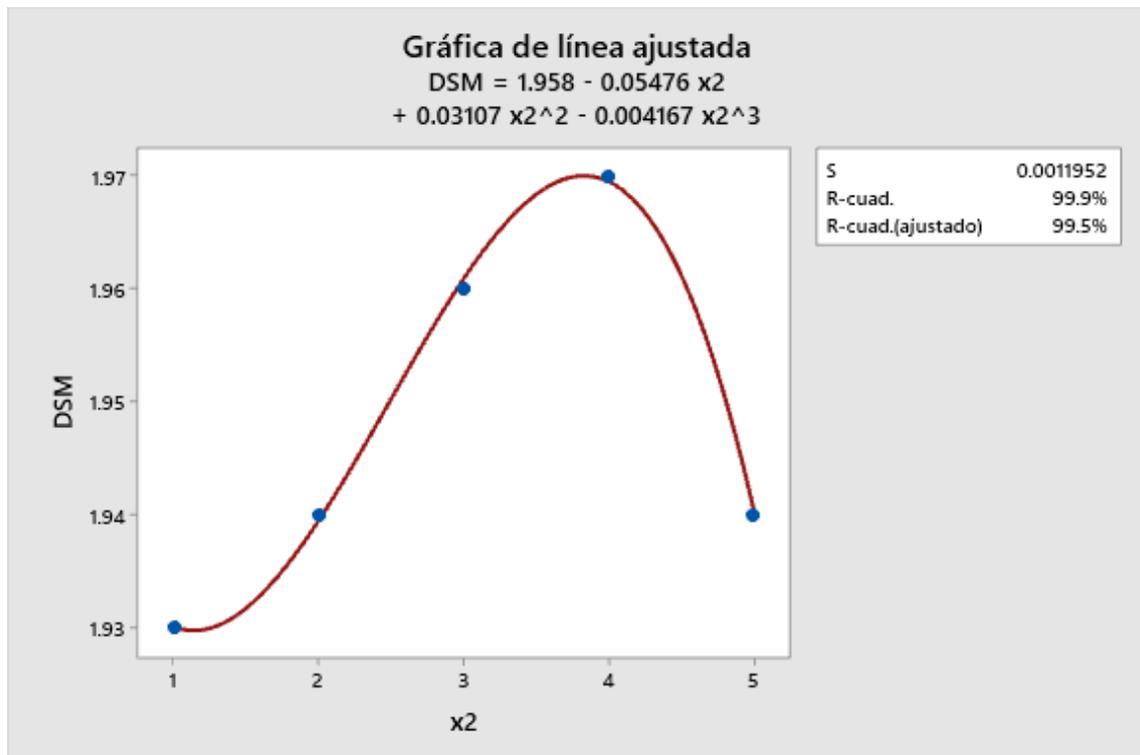
Hipótesis Nula

**H0:** La máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal no estabilizan significativamente, carretera Tamburco – Karkatera. Apurímac 2022.

Hipótesis Alternativo

**H1:** La máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabilizan significativamente, carretera Tamburco – Karkatera. Apurímac 2022

Figura 14 Gráfica de la línea ajustada MDS



Fuente: Software Minitab 19 (versión 2019)

Análisis de regresión polinomial: DSM VS X2

La ecuación de regresión es:

$$DSM = 1.958 - 0.05476 x + 0.03107 x^2 - 0.004167 x^3$$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.0011952	99.87%	99.47%



## Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	0.0010786	0.0003595	251.67	0.046
Error	1	0.0000014	0.0000014		
Total	4	0.0010800			

Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	0.0002500	0.90	0.412
Cuadrático	1	0.0005786	4.60	0.165
Cúbico	1	0.0002500	175.00	0.048

### 4.5.3. Contrastación de hipótesis específica 2:

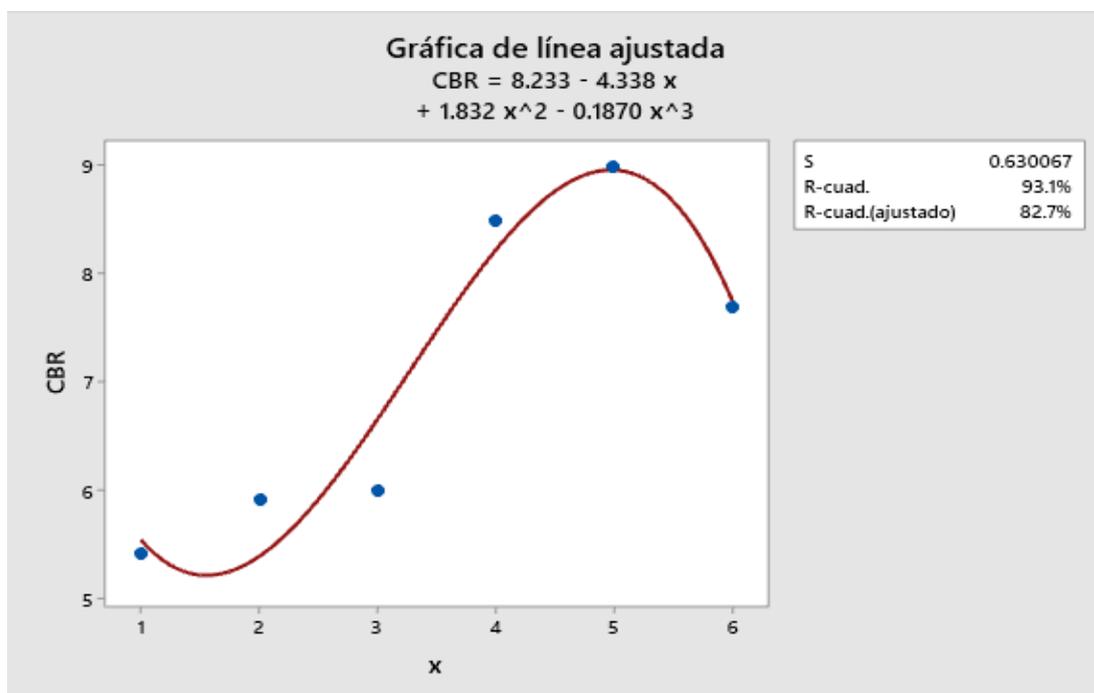
Hipótesis Nula

**H0:** La capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal no estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022

Hipótesis Alternativo

**H1:** La capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022

Figura 15 Gráfica de línea ajustada del CBR



Fuente: Software Minitab 19 (versión 2019)

Análisis de regresión polinomial: CBR vs X

La ecuación de regresión es:

$$\text{CBR} = 8.233 - 4.233 x + 1.832 x^2 - 0.1870 x^3$$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0.630067	93.08%	82.69%

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	10.6744	3.55812	8.96	0.102
Error	2	0.7940	0.39698		
Total	5	11.4683			

Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	7.75557	8.36	0.045
Cuadrático	1	0.65190	0.64	0.483
Cúbico	1	2.26689	5.71	0.139

#### 4.5.4. Contrastación de hipótesis específica 3:

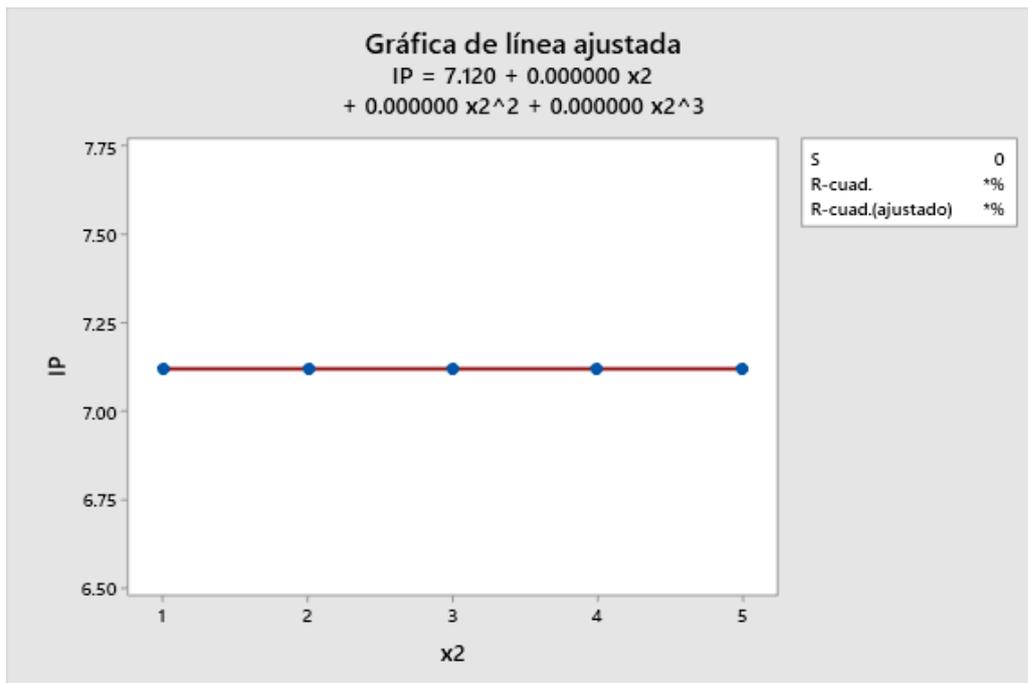
Hipótesis Nula

**H<sub>0</sub>**: La plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal no estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022

Hipótesis Alternativo

**H<sub>1</sub>**: La plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022

Figura 16 Gráfica de línea ajustada IP



Fuente: Software Minitab 19 (versión 2019)

Análisis de regresión polinomial: IP vs X2

La ecuación de regresión es

$$IP = 7.120 + 0.000000 x + 0.000000 x^2 + 0.000000 x^3$$

Resumen del modelo

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)
0	*	*

Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	0	0	*	*
Error	1	0	0		
Total	4	0			

Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	0	*	*
Cuadrático	1	0	*	*
Cúbico	1	0	*	*

#### 4.5.5. Contrastación de hipótesis específica 4:

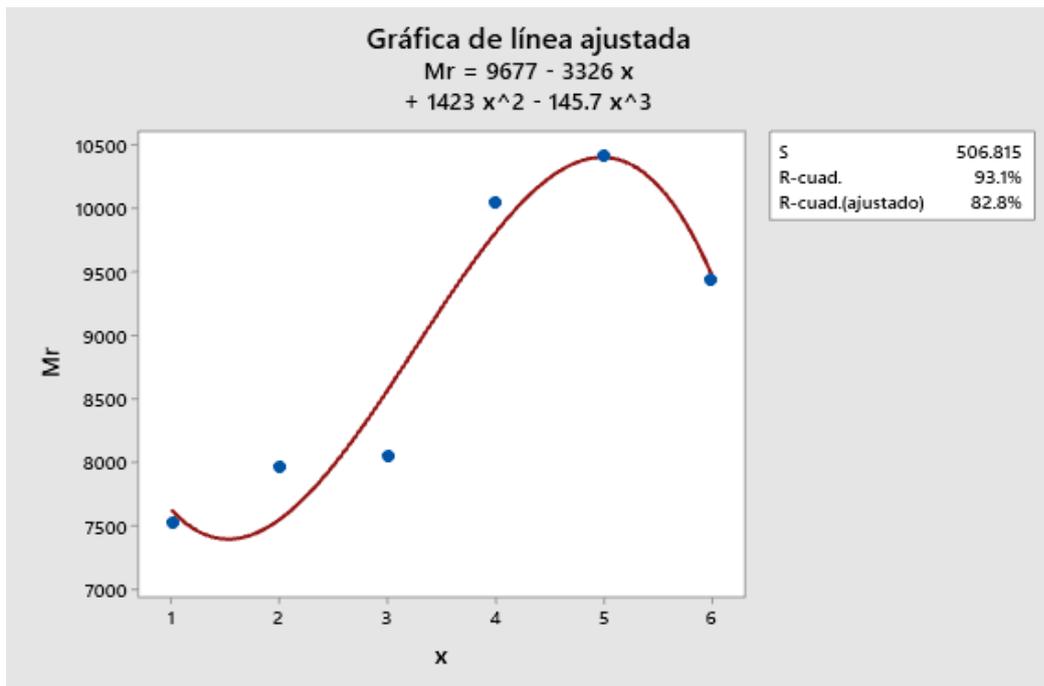
Hipótesis Nula

**H0:** El módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal no estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022

Hipótesis Alternativo

**H1:** El módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal sí estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022

Figura 17 Gráfica de línea ajustada Mr



Fuente: Software Minitab 19 (versión 2019)

Análisis de regresión polinomial: Mr vs X

La ecuación de regresión es:

$$Mr = 9677 - 3326 x + 1423 x^2 - 145.7 x^3$$

## Resumen del modelo

S	R-cuad.	R- cuad. (ajustado)
506.815	93.13%	82.81%

## Análisis de varianza

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Regresión	3	6959058	2319686	9.03	0.101
Error	2	513722	256861		
Total	5	7472781			

## Análisis de varianza secuencial

Fuente	GL	SC	F	P
Lineal	1	5156578	8.91	0.041
Cuadrático	1	427365	0.68	0.470
Cúbico	1	1375115	5.35	0.147

## 4.6. Análisis de costos

El análisis de costo de la mezcla adicionando al 0% y 15% (0.67 Cal +0.33Lutita) y del espesor de la subrasante se realizará solo con los materiales empleados en 1m3.

- Costo de transporte de lutita de la cantera de Karkatera a la progresiva 00+250 es de: S/350 para 16.50tn, sacando costo por tonelada.

$$\frac{350}{16.50} = 21.20 \text{ soles /ton}$$

- Se realizó el costo por kilogramo puesto en obra de la lutita.

$$\frac{21.20}{1000} = 0.021 \text{ soles /Kg}$$

- Se calculó el costo de la cal de 20Kg está costando S/14.00

$$\frac{14.00}{20} = 0.70 \text{ soles /Kg}$$

Subrasante blanda:

Características y espesor de la subrasante blanda sin la estabilización y sin el uso de la lutita y cal:

- Subrasante:
  - Suelo clasificado como arcilla baja plasticidad (CL)
  - CBR 100% =5.4
- Espesor de la base granular:
  - Espesor=0.15m
  - Base granular CBR =100%

Características y espesor de la subrasante blanda con la estabilización y con el uso de la lutita y cal:

- Subrasante:
  - Suelo clasificado como arcilla baja plasticidad (CL)
  - CBR 100% = 9
- Espesor de la base granular:
  - Espesor=0.15m
  - Base granular CBR =100%

*Tabla 39: Descripción del costo de la estabilización de la subrasante con el uso de la cal y lutita para 1 m<sup>3</sup>*

<b>Material</b>	<b>Cant. usada</b>	<b>Cant. equivalente</b>	<b>Costo Unit. (Kg)</b>	<b>Costo</b>
<b>CAL: 15% (0.67 Cal +0.33Lutita)</b>	0.101 m <sup>3</sup>	100.5 Kg	S/ 0.70	S/ 70.35
<b>LUTITA: 15% (0.67 Cal +0.33Lutita)</b>	0.050 m <sup>3</sup>	49.5 Kg	S/ 0.021	S/ 1.040
<b>COSTO TOTAL PARA 1 m<sup>3</sup></b>				<b>S/ 71.39</b>

Finalmente, se puede observar que se obtuvo una mejora considerable en el CBR de suelo natural que inicialmente tiene como resultado de 5.4, cuando incluimos cal y lutita al porcentaje de 15% (0.67 Cal +0.33 Lutita) se tiene un CBR igual a 9, el costo de 1m<sup>3</sup> de material de cantera tiene un costo de S/21.21, el costo por 1m<sup>3</sup> de suelo natural, cal y lutita asciende a S/89.40.

## 4.7. Discusiones

### 4.7.1. Discusión 1

La máxima densidad seca varía de 1.92 g/cm<sup>3</sup>, 1.96 g/cm<sup>3</sup>, 1.97 g/cm<sup>3</sup> y 1.94 g/cm<sup>3</sup>, para adiciones de lutita y cal de 5% ( 0.67 cal+033 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+033 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+033 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67cal+033 lutita) respectivamente; la máxima densidad seca es de 1.97 con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+033 lutita), para incrementos mayores a esta la máxima densidad seca disminuye.

Al respecto, Curasma (2021), citado como antecedente nacional, halló que la subrasante blanda con 35 % de (ceniza más cal) alcanza un CBR de 23.40 %, tuvo como resultado la deducción en la máxima densidad seca de un 2.058 g/cm<sup>3</sup> a un 1.831g/cm<sup>3</sup> y un incremento en el CBR de un 7.4 % hasta un 23.40 %. Por otra parte, incrementó el óptimo contenido de humedad (OCH) de un 9.50 % a un 14.20 %.

Ramos & Solano (2019), citado como antecedente internacional, con una proporción de 10% de cal convencional arrojó una deformación unitaria de 1.48 % y una DMS de 1.75 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 37%, con una proporción de 20 % de cal convencional arrojó una deformación unitaria de 1.24 % y una DMS de 1.73 gr/cm<sup>3</sup> con una %W de 35%, con una proporción de 40 % de cal convencional arrojó una deformación unitaria de 1.05 % y una DMS de 1.76 gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 32%.

A manera que se visualiza los valores fijados para el primer objetivo específico son equivalentes a los antecedentes, consiguientemente, el objetivo fue logrado.

#### **4.7.2. Discusión 2**

El Californian Bearing Ratio – CBR varía de: 6.00%, 8.50%, 9.00% y 7.70%, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+033 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+ 033 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+033 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+033 lutita) respectivamente; el CBR es de 9.00% con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+ 033lutita), para incrementos mayores a esta la máxima densidad seca disminuye.

Al respecto, Curasma (2021), antecedente nacional, halló que la subrasante blanda con 35 % de (ceniza más cal) alcanza un CBR de 23.40 %, óptimo contenido de humedad, 14.20 %, máxima densidad seca 1.831 gr/cm<sup>3</sup> e índice de plasticidad NP; los cuales representan un incremento de 16 % en CBR, un decremento de 11 % en la máxima densidad seca, un decremento a NP en plasticidad sobre la muestra natural de la subrasante. Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos”, (2013) se menciona que: “Al mezclar un suelo con cal, y en presencia de agua forman silicatos y aluminatos cálcicos insolubles los cuales ocasionan efectos importantes en el suelo al bajar considerablemente la plasticidad, también aumenta la humedad óptima de compactación lo que ocasiona las densificaciones de suelos, consecuentemente el suelo se vuelve granular gracias a la reacción química permitiendo su mejor manejo y facilidad en obra y también esto favorece y menciona que incrementa el CBR adicionalmente esta capa forma una barrera impermeable que restringe la penetración de agua de lluvia y ascenso capilar de aguas subterráneas. Los suelos que reaccionan mejor a la estabilización con cal son los suelos de granulometría fina y de cierta plasticidad” (p. 116).

Castro (2020), antecedente internacional, con una dosificación del 10% el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 17.4% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 28.9%, con una dosificación del 30 % el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 18.4% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 30.6%, con

una dosificación del 50% el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 18.6% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 30.9%.

A manera que se visualiza los valores fijados para el segundo objetivo específico son equivalentes a los antecedentes, consiguientemente, el objetivo fue logrado.

#### **4.7.3. Discusión 3**

El índice de plasticidad de: 7.12%, 7.12%, 7.12% y 7.12%, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) respectivamente; el IP es de 7.12% con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), el índice de plasticidad es constante en las diferentes combinaciones.

Al respecto Curasma (2021), antecedente nacional, hallo que la subrasante blanda con 35 % de (ceniza más cal) alcanza un CBR de 23.40 %, óptimo contenido de humedad, 14.20 %, máxima densidad seca 1.831 gr/cm<sup>3</sup> e índice de plasticidad NP; los cuales representan un incremento de 16 % en CBR, un decremento de 11 % en la máxima densidad seca, un decremento a NP en plasticidad sobre la muestra natural de la subrasante.

Castro (2020), antecedente internacional, con una dosificación del 10% el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 17.4% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 28.9%, con una dosificación del 30 % el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 18.4% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 30.6%, con una dosificación del 50% el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 18.6% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 30.9%.

A manera que se visualiza los valores fijados para el tercer objetivo específico son equivalentes a los antecedentes, consiguientemente, el objetivo fue logrado.

#### **4.7.4. Discusión 4**

El módulo de resiliencia de: 8042.80, 10051.23, 10425.72 y 9435.07, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) respectivamente; el módulo de resiliencia es de 10425.72 (psi) con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), para incrementos mayores a esta el módulo de resiliencia disminuye.

Al respecto, Herrera (2014), antecedente nacional, el suelo ideal según la clasificación SUCS que predomina en los estratos registrados es arena limosa (SM), la misma que define el perfil estratigráfico de la vía. No obstante, estos materiales presentan valores de soporte relativamente bajos (6% – 8%) al 95% de la DMS. Las alturas de rellenos a conformar en la vía varían de 0.15 m. a 3.4 m., con un promedio de 0.85 cm; y han sido definidas con el criterio de dar continuidad a las obras de arte cuya rasante se encuentra definida en la vía existente y al empleo de la menor cantidad de relleno que garantice la permanencia de la vía. Se ha verificado mediante el software Sllide que estas alturas de relleno son las adecuadas para el proyecto, dado que, en el caso de ocurrencia de lluvias similares a las consideradas para el cálculo de las alcantarillas, el nivel de saturación llegaría solamente hasta la corona del terraplén en algunas secciones del proyecto, y no influiría en la estructura del pavimento.

En el sub tramo Piura-Sullana, en las secciones de relleno, se utilizará material de préstamo lateral para conformar la base cuerpo del terraplén (también se podrá emplear material de cantera). La corona de 0.30 m. de espesor será conformada con material de cantera con tamaño máximo de 3.00” e  $IP < 10\%$ .

A manera que se visualiza los valores fijados para el cuarto objetivo específico son equivalentes a los antecedentes, consiguientemente, el objetivo fue logrado.

#### **4.7.5. Discusión 5**

Se muestra que, con una dosificación del 15 % de cal y lutita 15% (0.67 cal+0.33 lutita), aumenta sus cualidades mecánicas y físicas del terreno natural, respecto al índice de plasticidad se mantiene igual. La máxima densidad seca disminuye a un 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a un 10.12%, pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR en un 66.66%.

Al respecto, Curasma (2021), antecedente nacional, obtuvo como resultado, un CBR con la adición de 35 % de insumos inorgánicos (30 % Ceniza + 5 % Cal), incremento de un 7.4 % (muestra patrón) a un 23.4 % (muestra dosificada). Así mismo, en el “Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (2013) se indica que suelos con un CBR comprendidos entre 20 y 30 % son denominados S4: subrasante muy buena ya que el suelo, adicionando un 35 % de insumos inorgánicos (5 % Ceniza volante + 5 % Cal), obtiene un CBR de 23.4 %. Por lo tanto, es considerado como una subrasante muy buena.

Castro (2020), antecedente internacional, tuvo como resultados con una dosificación del 10% el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 17.4% y con una compactación del 100% se obtuvo un valor de 28.9%, con una dosificación del 30 % el CBR con una compactación de 95% arrojó un valor de 18.4%

A manera que se visualiza los valores fijados para el objetivo general son equivalentes a los antecedentes, consiguientemente, el objetivo fue logrado.

## **4.8. Conclusiones**

### **4.8.1. Conclusión 1**

La máxima densidad seca varía de 1.92 g/cm<sup>3</sup>, 1.96 g/cm<sup>3</sup>, 1.97 g/cm<sup>3</sup> y 1.94 g/cm<sup>3</sup>, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) respectivamente; la máxima densidad seca es de 1.97 con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), para incrementos mayores a esta la máxima densidad seca disminuye.

### **4.8.2. Conclusión 2**

El Californian Bearing Ratio – CBR varía de 6.00%, 8.50%, 9.00% y 7.70%, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) respectivamente; el CBR es de 9.00% con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), para incrementos mayores a esta la máxima densidad seca disminuye.

El CBR encontrado en el suelo natural (SN) sin adición de la cal y lutita al 95% en la calicata 01 (ver anexo 3) es de 5.4 en el área de estudio predomina la arcilla de baja plasticidad arenosa según el sistema AASHTO lo clasifica como un suelo A-4. El resultado del ensayo con adición de SN más el 15%(0.67CAL+0.33LUTITA) alcanza un CBR de 9 al 95%, según el Manual de Carreteras del MTC 2014 lo categoriza como subrasante S2 (subrasante regular).

La estabilización con cal y lutita, esta combinación de la cal y lutita tiene la finalidad de conglomerar y adicionar volumen macizo, es decir la cal por su composición es un aglomerante cuando entra en contacto con el agua, también diremos que la cal reacciona muy favorablemente al contacto con las arcillas y la otra parte que viene a ser la lutita tendrá una

función más que cualquier otra de aportar los granos gruesos, la ingeniería vial específicamente el factor determinante para la estabilidad de un suelo son las gravas gradadas combinadas con arcillas de baja plasticidad que le darán la cohesión y el resultado vendrá a ser una capa optima. En este caso tenemos una subrasante arcillosos a la que mejoraremos con la adición de la cal y lutita, estos tres componentes se combinaran y formaran una mejor subrasante.

#### **4.8.3. Conclusión 3**

El índice de plasticidad de: 7.12%, 7.12%, 7.12% y 7.12%, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) respectivamente; el IP es de 7.12% con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), el índice de plasticidad es constante en las diferentes combinaciones.

#### **4.8.4. Conclusión 4**

El módulo de resiliencia de: 8042.80, 10051.23, 10425.72 y 9435.07, para adiciones de lutita y cal de 5% (0.67 cal+0.33 lutita), 10% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), y 20% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) respectivamente; el módulo de resiliencia es de 10425.72 (psi) con adición de 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), para incrementos mayores a esta el módulo de resiliencia disminuye.

#### **4.8.5 Conclusión 5**

Se muestra que, con una dosificación del 15 % de cal y lutita 15% (0.67 cal+0.33 lutita), aumenta sus cualidades mecánicas y físicas del terreno natural, respecto al índice de plasticidad se mantiene igual. La máxima densidad seca disminuye a un 1.90 g/cm<sup>3</sup>. El óptimo contenido de humedad se incrementa a un 10.12%, pero, al satisfacer la muestra mediante la reacción química, se evidencia un aumento en el CBR en un 66.66%.

## **4.9. Recomendaciones**

### **4.9.1. Recomendación 1**

Se recomienda el uso del 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita) para la estabilización del suelo A-4(3) valores superiores a esta disminuyen la máxima densidad seca el cual es concordante con lo indicado por la norma se emplea a lo indicado en la Subsección 301.A.13, siendo en este caso el grado de compactación mínimo exigido de 100% de la máxima densidad obtenida por el ensayo Proctor Modificado. En esta actividad, se tomarán las medidas necesarias para evitar derrames de material que puedan contaminar las fuentes de agua, suelo y flora cercana al lugar de compactación. Los residuos generados por esta y las dos actividades mencionadas anteriormente, deben ser colocados en los DME, según se indica en la Sección 209. En las capas garantizadas realizar los controles de densidad de campo in situ, 1 ensayo cada 250 m<sup>2</sup> los cuales deberán llegar como mínimo al 100 % de la densidad seca máxima.

### **4.9.2. Recomendación 2**

Se recomienda la dosificación de cal y lutita al 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), logró un CBR de 9.0%, óptimo contenido de Humedad, 10.12 %, máxima densidad seca 1.96 gr/cm<sup>3</sup> y un índice de plasticidad 7.12%, los cuales muestran un aumento de 66.66 % en CBR.

### **4.9.3. Recomendación 3**

Se recomienda la dosificación de cal y lutita al 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), con un índice de plasticidad 7.12%. Así mismo, tener presente lo instituido en el “Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos” (2013).

### **4.9.4. Recomendación 4**

Se recomienda la dosificación de cal y lutita al 15% de lutita y cal (0.67 cal+0.33 lutita), con módulo de resiliencia igual a 10425.72 (psi). Tener presente la guía AASTHO 2008 y el “Manual de Carreteras de Chile”.

### **4.9.5. Recomendación 5**

Se recomienda adicionar el 15 % de cal y lutita 15% (0.67 cal+0.33 lutita), en función del peso del suelo blando, ya que es la dosificada idónea que muestra mejoría en la calidad del CBR incrementando de un 9.0 % a un 66.66 %. La cal que se use para la construcción de suelo-cal puede ser cal viva o cal hidratada y debe satisfacer los requisitos establecidos en la Especificación AASHTO M-216 o ASTM C-977.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LOPEZ, J. M. (2002). *Geología aplicada a la ingeniería civil*. España: Inversiones Editoriales Dossat 2000.
- SPIKERMAN, J. P. (2010). *Elementos de Geología General*. Buenos Aires: Fundación de Historia Natural.
- AASHTO M 145. (2004). *Classification of soil and soil Aggregate Mixture for Highway Construction Purposes*.
- AMOS VÁSQUEZ, Juan David; LOZANO GOMEZ, Juan Pablo. (2019). *Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos*. Universidad Católica de Colombia. Bogota: Tesis de Grado. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24277>
- ANGULO, M., & ZAVALA, C. N. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación navarro cauper, distrito san juan – Maynas – Iquitos*. Loreto: Tesis de Grado. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>
- ARIAS, F. G. (2013). *Introducción a la Metodología Científica*. Caracas: Episteme C .A.
- BAENA, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Mexico Df: Patria.
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la Investigación*. Bogota - Colombia: PEARSON.
- CARRASCO, S. (2006). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima Perú: Ed. San Marcos.
- CASTRO MERCHAN, D. M. (2020). *Mejoramientos de subrasantes con roca ígnea basalto tomado de la mina san Pedro, Armero Guayabal*. Girardot- Colombia: Tesis de grado. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7770>
- CCANTO DIAZ, A. (2019). *Estabilización de suelo arcilloso con cenizas de Bagacillo (CB) para el mejoramiento de la sub rasante de la Av. Universitaria, Lima 2019*. Lima: Tesis de Grado. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47343>
- CORDOVA ZAMORA, M. (2003). *Estadística descriptiva e inferencial*. Lima Perú: Moshera S.R.L.
- DAVILA, J. (2011). *Diccionario Geológico*. Lima: Ingemmet.
- DEL CID, A., MENDEZ, R., & SANDOVAL, F. (2011). *Investigación Fundamentos y Metodología*. Juárez-Mexico: Pearson.
- DUQUE, G. , & ESCOBAR, C. E. (2002). *Mecánica de Suelos*. Manizales.
- DURMAZ, Mahmut; BARAN, Yasemin;. (2020). *stabilization and experimental study of clay soils with nutshell ash*. Turkey.
- EGG, E. A. (2011). *Aprender a investigar: Nociones básicas para la investigación social*. Cordova - Argentina: Editorial Brujas.

- Forum, World Economic. (2021). *Informe Global de Competitividad 2020-2021*.
- GALLEGOS, J. (2020). La clasificación de las rocas sedimentarias. *Aepect*, 10.
- GOMEZ, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Tlalnepantla-Mexico: Red Tercer Milenio C.S.
- HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C., & BAPTISTA, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill.
- HUSSAIN, S. (2019). *stabilization of expansive soil using sodium hydroxide*. Obtenido de <http://docs.neu.edu.tr/library/6816227773.pdf>
- MENA ROBLES, R. H. (2018). *Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2018*. Lima: Tesis de Grado. Recuperado el 20 de octubre de 2020, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25341>
- MINISTERIO DE ECONOMIA Y FINANZAS;. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Lima: Servicios Gráficos JMD s.r.l.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2014). *Manual de Carreteras -Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: MTC.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES. (2016). *Manuel de Ensayos de Materiales*. Lima: MTC.
- MOHEDAS, M., & MORENO , A. (2014). *Apertura y mantenimiento de vías forestales*. España: Ediciones Paraninfo.
- MUÑOZ, C. (2016). *Metodología de la Investigación*. México: Progreso S.A.
- NIÑO, V. M. (2011). *Metodologia de la Investigación - Diseño y ejecución*. Bogota-Colombia: Ediciones de la U.
- NJIHIA HINGA, G. (2021). *performance of red soil stabilized with gravel and lime in construction of low-volume roads in nyeri county, kenya*. kenia: Tesis de Maestria.
- NTP 339.128. (2019). *Suelos.Metodo de ensayo para el analisis granulometrico*. Lima: Indecopi.
- NTP 339.129. (2019). *Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.141. (2019). *Método de Para La Compactación del Suelo en Laboratorio utilizando una energía modificada (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))*. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.145. (2019). *Metodo de ensayo CBR ( Relación de Soporte de california) de suelos compactados en laboratorio*. Lima: INDECOPI.

- ÑAUPAS, H., VALDIVIA, M. R., PALACIOS, J. J., & ROMERO, H. E. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la tesis*. Bogotá Colombia: Ediciones de la U.
- OSEDA, D., GONZALES, A., RAMIREZ, F., & GAVE, J. (2011). *¿Como aprender y enseñar investigación científica?* Huacavelica, Peru: Universidad Nacional de Huancavelica.
- ROJAS, D., & PAREDES, J. (2015). *Compendio de Geología General*. Lima: Empresa Editora Macro EIRL.
- RUIZ, C. (2013). *Instrumentos y Tecnicas de Investigación Educativa*. Houston Estados Unidos: Danaga.
- TARBUCK, E., & LUTGENS, F. (2005). *Ciencias de la tierra -una introducción a la geología física*. España: McGraw-Hill.
- TIRADO GUTIÉRREZ, C. E. (2019). Análisis comparativo del uso de escoria de siderurgia para la estabilización de suelo. Ambato, Ecuador: Tesis de Grado. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/30933>

## ANEXOS

### Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Problema General</b> ¿Cuánto se estabiliza las subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	<b>Objetivo General:</b> Estabilizar las subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.	<b>Hipótesis General:</b> las subrasantes blandas con adición de lutita y cal, si estabilizan significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022.	<b>V1:</b> Lutita y cal	<b>D1:</b> Peso específico	2.1 a 2.5 gr/cm <sup>3</sup>	Ficha de recolección de datos, guía de dosificación y análisis granulométrico
					2.5 a 2.9 gr/cm <sup>3</sup>	
				<b>D2:</b> Granulometría	1/16 - 1/256mm	
					<1/256mm	
				<b>D3:</b> Dosificación	0% (Muestra patrón)	
					5%, 10%	
		15%, 20%				
¿Cuánto varía la máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	Estimar la variación de la máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutitas y cal, carretera Tamburco – Karkatera, ¿Apurímac 2022?	La máxima densidad seca de subrasantes blandas con adición de lutitas y cal si estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022	<b>V2:</b> Estabilización de subrasantes blandas	<b>D1:</b> Máxima densidad seca	I1: Proctor modificado	Ficha de recolección de ASTM D 1557 MTC E 115 NPT 339.141
¿Cuánto varía la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	Determinar la variación de la capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	La capacidad de soporte de subrasantes blandas con adición de lutita y cal si estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022		<b>D2:</b> Capacidad de soporte	I2: CBR	ASTM D 1883 MTC E 132 NPT 339.145
¿Cuánto varía la plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	Calcular la variación de la plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	La plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, si estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022		<b>D3:</b> Plasticidad	I3: Limite Líquido Limite plástico Índice de plasticidad	MTC E 110 NPT 339.129 MTC E 111 NPT 339.129
¿Cuánto varía el módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	Análisis la variación del módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022?	El módulo de resiliencia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal se estabiliza significativamente, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022		<b>D4:</b> módulo de resiliencia	I4: Modulo de resiliencia	

**TITULO:** “Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera, Apurímac 2022”.

**AUTOR:** Bach. Raul Guillermo Arbieto Valle

## Anexo 2: Instrumento de investigación de validación

### FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

**PROYECTO:** Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera Apurímac 2022

**AUTOR:** Bach. Raul Guillermo Arbieta Valle

I. INFORMACION GENERAL:						VALORACIÓN
UBICACION: Carretera Tamburco - Karkatera						
DISTRITO:	Tamburco	ALTITUD:	2609			
PROVINCIA	Abancay	LATITUD:	13° 37' 19"			
REGION	Apurímac	LONGITUD:	72° 52' 23"	0-1		
II. Proctor modificado de lutita y cal/Proctor modificado de subrasantes blandas con adición de lutita y cal						1
Ensayo de compactación, MTC E115						
Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.	
Densidad húmeda	%	Densidad seca	%	Suelo (muestra)	Kg.	
III. Soporte de california de lutita y cal/Soporte de california de subrasantes blandas con adición de lutita y cal						1
Medición de la expansión, MTC E132						
Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.	
Expansión	%	Penetración	Pulg.	Carga patrón	MPa	
IV. Índice de plasticidad de lutita y cal/Índice de plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal						1
Límites de consistencia ASTM D4318, MTC E111						
Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.	
Límite líquido	%	Límite plástico	%	Índice de plasticidad	%	
V. Proctor modificado de subrasantes blandas con adición de lutita y cal /Proctor modificado de lutita y cal						1
Ensayo de compactación MTC E117						
Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.	
Densidad húmeda	%	Densidad seca	%	Peso de tara	Kg.	
VI. Soporte de california de subrasantes blandas con adición de lutita y cal / Soporte de california de lutita y cal						1
Medición de la expansión,						
Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.	
Expansión	%	Penetración	Pulg.	Carga patrón	MPa	
VII. Índice de plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal / Índice de plasticidad de lutita y cal						1
Límites de consistencia ASTM D4318						
Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.	
Límite líquido	%	Límite plástico	%	Índice de plasticidad	%	
APELLIDOS Y NOMBRES						
SOTO JARA RAUL						
PROFESION:						
INGENIERO CIVIL						
REGISTRO CIP N°:						
67096						
EMAIL:						
<a href="mailto:raulsotojara@hotmail.com">raulsotojara@hotmail.com</a>						
TELEFONO						
954738365						


  
**Raúl Soto Jara**  
 INGENIERO CIVIL  
 REGISTRO DEL CIP N° 67096

**FICHA DE RECOPIACION DE DATOS**

**PROYECTO:** Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera Apurímac 2022

**AUTOR:** Bach. Raul Guillermo Arbieta Valle

<b>I.</b>	<b>INFORMACION GENERAL:</b>					<b>VALORACION</b>
	UBICACION: Carretera Tamburco - Karkatera					
	DISTRITO:	Tamburco	ALTITUD:	2609		
	PROVINCIA	Abancay	LATITUD:	13° 37' 19"		
	REGION	Apurímac	LONGITUD:	72° 52' 23"		
<b>II.</b>	Proctor modificado de lutita y cal/Proctor modificado de subrasantes blandas con adición de lutita y cal					<b>1</b>
	Ensayo de compactación, MTC E115					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Densidad húmeda	%	Densidad seca	%	Suelo (muestra)	Kg.
<b>III.</b>	Soporte de califonia de lutita y cal/Soporte de califonia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal					<b>1</b>
	Medición de la expansión, MTC E132					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Expansión	%	Penetración	Pulg.	Carga patrón	MPa
<b>IV.</b>	Índice de plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal					<b>1</b>
	Limites de consistencia ASTM D4318, MTC E111					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Limite liquido	%	Limite plástico	%	Índice de plasticidad	%
<b>V.</b>	Proctor modificado de subrasantes blandas con adición de lutita y cal /Proctor modificado de lutita y cal					<b>1</b>
	Ensayo de compactación MTC E117					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Densidad húmeda	%	Densidad seca	%	Peso de tara	Kg.
<b>VI.</b>	Soporte de califonia de subrasantes blandas con adición de lutita y cal / Soporte de califonia de lutita y cal					<b>1</b>
	Medición de la expansión,					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Expansión	%	Penetración	Pulg.	Carga patrón	MPa
<b>VII.</b>	Índice de plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal / Índice de plasticidad de lutita y cal					<b>1</b>
	Limites de consistencia ASTM D4318					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Limite liquido	%	Limite plástico	%	Índice de plasticidad	%
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>		MERMA SARMIENTO ADEMIR				
<b>PROFESION:</b>		INGENIERO CIVIL				
<b>REGISTRO CIP N°:</b>		163360				
<b>EMAIL:</b>		ing.merma@hotmail.com				
<b>TELEFONO</b>		931874054				

Ademir Merma Sarmiento  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 163360

**FICHA DE RECOPIACION DE DATOS**

**PROYECTO:** Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco – Karkatera Apurímac 2022

**AUTOR:** Bach. Raul Guillermo Arbieta Valle

<b>I.</b>	<b>INFORMACION GENERAL:</b>					<b>VALORACIÓN</b>
	UBICACION: Carretera Tamburco - Karkatera					
	DISTRITO:	Tamburco	ALTITUD:	2609		
	PROVINCIA	Abancay	LATITUD:	13° 37' 19"		
	REGION	Apurímac	LONGITUD:	72° 52' 23"	0-1	
<b>II.</b>	Proctor modificado de lutita y cal/Proctor modificado de subrasantes blandas con adición de lutita y cal					1
	Ensayo de compactación, MTC E115					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Densidad húmeda	%	Densidad seca	%	Suelo (muestra)	Kg.
<b>III.</b>	Soporte de california de lutita y cal/Soporte de california de subrasantes blandas con adición de lutita y cal					1
	Medición de la expansión, MTC E132					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Expansión	%	Penetración	Pulg.	Carga patrón	MPa
<b>IV.</b>	Índice de plasticidad de lutita y cal/Índice de plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal					1
	Límites de consistencia ASTM D4318, MTC E111					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Límite líquido	%	Límite plástico	%	Índice de plasticidad	%
<b>V.</b>	Proctor modificado de subrasantes blandas con adición de lutita y cal /Proctor modificado de lutita y cal					1
	Ensayo de compactación MTC E117					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Densidad húmeda	%	Densidad seca	%	Peso de tara	Kg.
<b>VI.</b>	Soporte de california de subrasantes blandas con adición de lutita y cal / Soporte de california de lutita y cal					1
	Medición de la expansión,					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Expansión	%	Penetración	Pulg.	Carga patrón	MPa
<b>VII.</b>	Índice de plasticidad de subrasantes blandas con adición de lutita y cal / Índice de plasticidad de lutita y cal					1
	Límites de consistencia ASTM D4318					
	Indicador1:	Und.	Indicador2:	Und.	Indicador3:	Und.
	Límite líquido	%	Límite plástico	%	Índice de plasticidad	%
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>		AMPUERO ESQUIVEL CRISTIAN				
<b>PROFESION:</b>		INGENIERO CIVIL				
<b>REGISTRO CIP N°:</b>		164755				
<b>EMAIL:</b>		cristian_amesq11@hotmail.com				
<b>TELEFONO</b>		989290046				




 Cristian Ampuero Esquivel  
**ING. CIVIL**  
**CIP. 164755**

## Anexo 3: Certificados y protocolos de laboratorio



### CERTIFICADO DE CALIBRACION

#### DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	03"
Marca :	LEICA	Lectura mínima :	01"/03"
Modelo :	TS06 PLUS 3" R500	Precisión de distancia :	Preciso: ±1.5 mm+2 ppm Preciso Rápido: ±2.0 mm+2 ppm
Serie :	1412601	Alcance :	3,500 mts. c/01 prisma - no prisma: 500 mts

LA CASA DEL TOPOGRAFO PERU GROUP E.I.R.L. a través de su servicio técnico CERTIFICA que el equipo en mención se encuentra totalmente revisado, controlado, calibrado y 100% operativo, cumpliendo con las especificaciones técnicas de fábrica y los Estándares internacionales establecidos (DIN18725).

#### CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : C3534  
Fecha : 08/04/2022

#### EQUIPO DE CALIBRACION UTILIZADO

LA CASA DEL TOPOGRAFO PERU GROUP E.I.R.L. para controlar y calibrar este instrumento se contrasta con un estandar original marca SANNWEL modelo F500TD4 con número de serie 18675120022 con una distancia focal en 500 mm; de doble retículo y uno de ellos está enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01", que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM2A precisión al 01" con el método de lectura Directa-Inversa y referendado con un nivel LEICA modelo NA730 de precisión ±/ 2.5 mm nivelación doble en 1 km.

Desviación estándar basada en la norma ISO 9001/ISO 14001 del nivel automático NA730 LEICA de precisión ±/ 2.5 mm en nivelación doble de 1 km. Las condiciones ambientales son, en temperatura: 23.7° C con variaciones que no excedieron +0.5° C con una presión atmosférica de 760 mm Hg y son humedad relativa de 52%.

LA CASA DEL TOPOGRAFO PERU GROUP E.I.R.L., no se responsabiliza por desajustes y/o descalibraciones en los equipos causados por un inadecuado transporte del mismo o mala manipulación del usuario, la periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo.

#### TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Certificado de calibración LGD-003-2022 emitido por INACAL – Instituto Nacional de Calidad – Laboratorio de Longitud y Ángulo.

Patrón	Marca	Modelo	Serie
Nivel automático	LEICA	NA730	2205583
Distanciómetro	LEICA	D1	1271050421

#### RESULTADOS ANGULARES

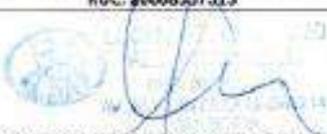
ANGULOS	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	180°00'02"	1"	± 3" OPERATIVO
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	270°00'02"	1"	± 3" OPERATIVO

#### RESULTADOS DISTANCIAS INCLINADAS

OBJETIVO	VALOR DEL PATRON	VALOR LEIDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISION	REBLTADO
PRISMA P01	9.078m	9.076m	-2mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
PRISMA P02	12.132m	12.131m	-1 mm	± (2mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR1	16.297m	16.296m	-1 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR2	19.740m	19.742m	+2 mm	± (3mm + 2ppm)	OPERATIVO

#### CALIBRACION Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
08/04/2022		X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
LA CASA DEL TOPOGRAFO PERU GROUP E.I.R.L. RUC: 20608557513	ECONTIZAC S.A.C RUC: 20609225930	
 Sello y firma	 Sello y firma	

CALICATA 01

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB SURLOS



  
Franklin Mecho Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."  
 Ubicación: Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC  
 Hecho por: Muestreo: FRS Material: SUBRASANTE  
 Cantero: \_ Colcata: 1  
 Solicitante: BERMAC

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO					
Muestra Inicial	1021.0 gr	Muestra lavada y secada	502.8 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (ulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%PASA
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00
Nº4	4.750	8.00	8.00	0.78	99.22
Nº10	2.000	60.00	60.00	5.88	93.34
Nº20	0.850	154.50	154.50	15.13	78.21
Nº40	0.425	124.60	124.60	12.20	66.00
Nº60	0.300	79.20	79.20	7.76	58.25
Nº100	0.149	29.00	29.00	2.84	55.41
Nº200	0.075	42.50	42.50	4.16	51.24
Cazuela		5.00	523.20	51.24	
<b>TOTAL</b>			502.80	100.00	

D40 = 0.326  
 D30 = NO TIENE  
 D10 = NO TIENE

Cu = NO TIENE

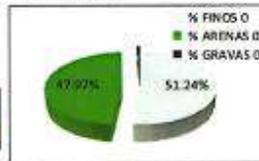
Cc = NO TIENE

Diferencia 0.00 <3% %Finos= 51.24

IG= 1

PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS

% FINOS	51.24%
% ARENAS	47.92%
% GRAVAS	0.78%



*Franklin Rivas S*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SURLOS

*Franklin Merino Chvez*  
**Franklin Merino Chvez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82466

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 3 de 90  
Rev. E

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."  
Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022.  
Distrito: TAMBURCO Región: APURÍMAC  
Hecho por:uestreo: FR5 Material SUBRASANTE  
Cantera \_  
Calicata: 1  
Solicitante: BERMAC

CONTENIDO DE HUMEDAD				
ENSAYO	1	2	3	4
Cápsula N°	1	2	3	
Peso suelo húmedo + cápsula	487.00	536.00	512.00	
Peso suelo seco + cápsula	455.00	498.00	476.00	
Peso del agua	32.00	38.00	36.00	
Peso de la cápsula	130.00	90.00	87.00	
Peso neto del suelo seco	325.00	408.00	389.00	
% de Humedad	9.85	9.31	9.25	

w (%) Promedio = 9.50

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
Franklin Wierino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP 82406

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 4 de 90  
Rev. E

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 4 de 90  
Rev. E

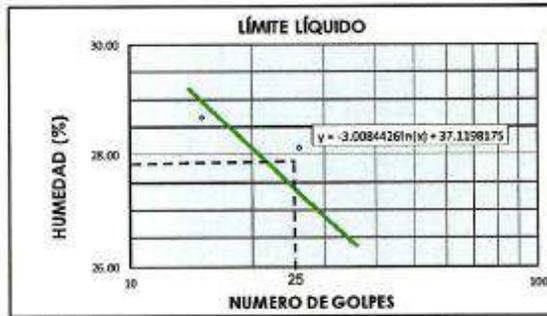
**LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATE, APURÍMAC 2022."  
 Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATE Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO Región: APURÍMAC  
 Hecho por: Muestreo: FRS Colicata: SUBRASANTE  
 Cantero: Colicata: 1  
 Solicitante: BERMAC

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
LÍMITE LÍQUIDO				
Muestra	1	2	3	
Nº de Cápsula	1	2	3	
Caps. + S. húmedo	54.06	51.53	40.90	
Caps. + S. seco	51.26	48.90	38.52	
Agua	2.80	2.63	2.38	
Peso Cápsula	41.50	39.55	29.33	
Peso S. seco	9.76	9.35	9.19	
% Humedad	28.69	28.13	28.90	
Nº de golpes	15	26	35	

LÍMITE PLÁSTICO				
Muestra	1	2	3	
Nº de Cápsula	1	2	3	
Caps. + S. húmeda	14.88	15.43	15.43	
Caps. + S. seco	14.72	15.25	15.17	
Agua	0.16	0.18	0.26	
Peso Cápsula	13.93	14.36	13.90	
Peso S. seco	0.79	0.89	1.27	
% Humedad	20.25	20.22	20.47	

LÍMITE LÍQUIDO	=	27.4 %
LÍMITE PLÁSTICO	=	20.3 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	=	7.1 %



*[Firma]*  
 Tec. Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Firma]*  
 Franklin Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 5 de 90  
Rev. E

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO 1971 Y SUCS 2487**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC  
 Hecho por: Muestreo: FRS Material: SUBRASANTE  
 Canteras: \_  
 Calicata: 1  
 Solicitante: BERMAC

ITEM	PROPIEDAD	RESULTADO DE ENSAYOS
01.01	% QUE PASA EL TAMIZ N°4	99.22
01.02	% QUE PASA EL TAMIZ N°10	93.34
01.03	% QUE PASA EL TAMIZ N°40	66.00
01.04	% QUE PASA EL TAMIZ N°100	55.41
01.05	% QUE PASA EL TAMIZ N°200	51.24
01.06	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	NO TIENE
01.07	COEFICIENTE DE CONCAVIDAD	NO TIENE
01.08	INDICE DE GRUPO (%)	1
02.01	LIMITE LIQUIDO (%)	27.44
02.02	LIMITE PLÁSTICO (%)	20.32
02.02	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7.12
03.01	HUMEDAD NATURAL(%)	9.50
CLASIFICACIÓN AASHTO		A-4 Suelo Ilmoso
CLASIFICACIÓN SUCS		CL: Arcilla de baja plasticidad con arena
Observaciones	TIPO DE SUELO: Arcilla de baja plasticidad	



*Franklin Rivas S*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*Franklin Rivas S*  
**Franklin Rivas S**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82408

CIVIL

Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 6 de 90  
 Rev. E

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA  
 ASTM D-1556**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Sección: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ABANCAY      Fecha: ABRIL 2022,  
 Distrito: TAMBURCO      Región: APURÍMAC

Hecho por: Uesireo: FRS      Calificata: 1

Solicitante: BERMAC

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Guano (Pinzuar)		
Peso Unitario de la Arena= 1.48 gr/cm3		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA		1
DENSIDAD N°		1
PROFUNDIDAD (m)		0.00 - 3.00
PESO DEL FRASCO + ARENA	(gr)	6346
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	(gr)	1976
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	(gr)	4370
PESO DE ARENA EN EL CONO	(gr)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION	(gr)	2650
DENSIDAD DE LA ARENA	(gr/cm3)	1.48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAIDO	(cm3)	1791
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	(gr)	3195
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	0
PESO DEL SUELO + GRAVA	(gr)	3195
DENSIDAD HUMEDA	(gr/cm3)	1.78
HUMEDAD	%	9.50
DENSIDAD SECA	(gr/cm3)	1.63

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w'}{V_h}$$

$$\gamma_{natural} = 1.78 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1+w)}$$

$$\gamma_d = 1.63 \text{ gr/cm}^3$$

  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
**Franklin Moreno Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 QIP: 02406

CIVIL

Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 7 de 90  
 Rev. E

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 7 de 90  
Rev. E

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO  
ASTM D-1557-70 - AASHTO T-180-70**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ARANCAY      Fecha: ABRIL 2022.  
Distrito: TAMBURCO      Region: APURIMAC  
Muestreo: FRS      Material: SUBRASANTE  
Cantera: -  
Calicata: 1

Solicitante: **BERMAC**

Nº de Capas: 5	Volumen Molde: 2124
Nº de golpes por capas: 56	

Muestra	I	II	III	IV
Wcap.	102.47	102.54	131.99	91.70
Wcap+sh.	582.90	464.48	532.78	658.40
Wcap+ss.	565.87	446.47	503.07	602.35
Wss.	463.40	343.93	371.08	510.65
Ww.	17.03	18.01	29.71	54.05
%CH	3.68	5.24	8.01	10.98

%CH	3.68	5.24	8.01	10.98
Wmolde	6916	6916	6916	6916
Wsh+molde	10747	10981	11305	11120
Wsh.	3831	4065	4389	4204
Densidad Hum.	1.804	1.914	2.066	1.979
Densidad Secca	1.740	1.819	1.913	1.784

Densidad Secca Máxima(g/cm <sup>3</sup> ):	1.913
Contenido Optimo de Agua(%):	8.01



*[Signature]*  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
Franklin Rivas S.  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 92486

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 8 de 90  
Rev. E

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
**PR-GEN-EMS-045897**

**INFORME TECNICO**  
Página 8 de 90  
Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022"

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Cantera: \_  
Distrito: TAMBURCO Región: APURÍMAC Humedad Óptima(%): 8.01  
Muestra: FRS Material: SUBRASANTE Densidad Seca Máxima(g/cm<sup>3</sup>): 1.713  
Cantera: \_ 95% Densidad Seca Máxima(g/cm<sup>3</sup>): 1.818  
Calicata: 1

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE															
		Diametro			Altura			Diametro			Altura				
		15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA		12			25			56							
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA				
Peso del molde( gr. )		7085			8337			7903							
Volumen de la Muestra(cc.)		2124			2124			2124							
Muestra Humeda + Molde( gr. )		11048			12433			12845			12648				
Muestra Humeda( gr. )		3963			4409			4096			4402				
Densidad Humeda( gr/cm <sup>3</sup> )		1.87			2.08			1.93			2.12				
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA		MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO				
Peso de la capsula( gr. )		88.60			81.50			91.80			95.66				
Muestra Humeda + Capsula( gr. )		602.30			625.70			597.10			556.69				
Muestra Seca + Capsula( gr. )		563.00			532.00			559.00			485.60				
Muestra Seca( gr. )		474.40			450.50			467.20			389.94				
Contenido de Agua( gr. )		39.30			93.70			38.10			71.09				
Contenido de Humedad( % )		8.28			20.80			8.15			18.23				
Densidad Seca( gr/cm <sup>3</sup> )		1.723			1.718			1.783			1.795				
		DIA		HORA		INTERVAL O (DIAS)		LECT. DEFOR.		EXPANSION FULGS		LECT. DEFOR.		EXPANSION FULGS	
MEDICION DE LA EXPANSION		1.00	13:05	0.00	0.4869			0.8748				0.3548			
		2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156		
		3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243		
		4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178		
		5.00	12:58	4.00	0.5189	0.0153	0.3338	0.9013	0.0057	0.1243	0.3748	0.0033	0.0720		
		PENETRA con "M.S.A.D.A"		CARGA PATRON "MPa"		FACTOR CARGA CBR		FACTOR CARGA CBR		FACTOR CARGA CBR		FACTOR CARGA CBR			
						DIAL MPa 12		DIAL MPa 25		DIAL MPa 56					
ENSAYO DE PENETRACION		0			0	0.00		0	0.00		0	0.00			
		0.025			0	0.22		1	0.24		0	0.22			
		0.050			1	0.24		2	0.27		4	0.31			
		0.075			2	0.27		3	0.29		6	0.35			
		0.100	6.90		3	0.29	4.15	6	0.35	5.04	9	0.41	5.94		
		0.125			4	0.31		8	0.39		12	0.47			
		0.150			5	0.33		12	0.47		17	0.57			
		0.200	10.3		7	0.37	3.58	16	0.55	5.38	22	0.68	6.58		
		0.300			9	0.41		22	0.68		36	0.97			
		0.400			10	0.43		24	0.72		42	1.09			
		0.500			10	0.43		26	0.76		46	1.18			

**Tec. Franklin Rivas S.**  
JEFE DE LAB. SUELOS



**Franklin Melino Sotelo**  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 82608

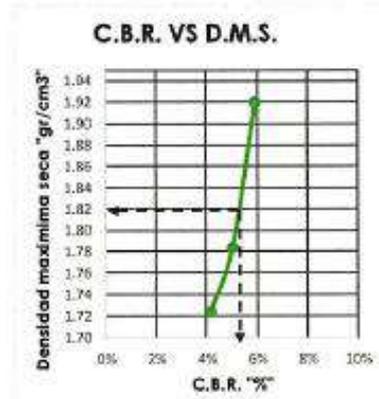
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestra: FR5

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SUBRASANTE  
 Carretera: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	8,28	1,72	0,33	4,15	C.B.R. - 95%	5,40
25	8,15	1,78	0,12	5,04	C.B.R. - 100%	5,94
56	7,97	1,92	0,07	5,94		

*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
  
**Franklin Merino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. 82406



CALICATA 02

  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
**Franklin Marín Cárdenas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 02406

CIVIL



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Fecha: **ABRIL 2022.**  
DISTRITO: **TAMBURCO** Región: **APURIMAC**  
Hecho por: Muestreo: **FRS** Material: **SUBRASANTE**  
Contera: **\_**  
Calicata: **2**

Solicitante: **BERMAC**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO					
Muestra Inicial	1800.0 gr	Muestra lavada y secada	1305.0 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%PASA
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	51.00	51.00	2.83	97.17
1/2"	12.700	70.00	70.00	3.89	93.28
3/8"	9.525	49.00	49.00	2.72	90.56
1/4"	6.350	62.00	62.00	3.44	87.11
Nº4	4.750	124.00	124.00	6.89	80.22
Nº10	2.000	265.00	265.00	14.72	65.50
Nº20	0.850	234.00	234.00	13.00	52.50
Nº40	0.425	176.00	176.00	9.78	42.72
Nº60	0.300	134.00	134.00	7.44	35.28
Nº100	0.149	84.00	84.00	4.67	30.61
Nº200	0.075	45.00	45.00	2.50	28.11
Cazuela		11.00	506.00	28.11	
<b>TOTAL</b>			1305.00	1800.00	100.00
Diferencia		0.00 <3%		%Finos= 28.11	

D40 = 1.513  
D30 = 0.131  
D10 = NO TIENE

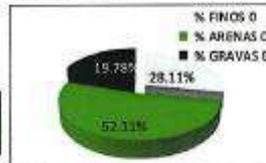
Cu = NO TIENE

Cc = NO TIENE

IG= 0

**PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS**

% FINOS	28.11%
% ARENAS	72.11%
% GRAVAS	19.78%



*Franklin Rivas*  
**Franklin Rivas**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 52406

*Franklin Rivas*  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
JEFE DE LAB SUELOS

**CIVIL**

**Nombre de Cliente**      Investigación  
**Nombre de Proyecto**    Consultoría Mejor  
**Número de Proyecto**    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 12 de 90  
 Rev. E

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216**

**Proyecto:** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL. CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

**Ubicación:** Sector: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ABANCAY      Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO      Región: APURÍMAC

**Hecho por:** uuestra: FR5      Material: SUBRASANTE  
 Cantero: \_  
 Calicata: 2

**Solicitante:** BERMAC

CONTENIDO DE HUMEDAD				
ENSAYO	1	2	3	4
Cápsula N°	1	2	3	
Peso suelo húmedo + cápsula	526.33	554.24	500.00	
Peso suelo seco + cápsula	493.00	517.83	468.00	
Peso del agua	33.33	36.41	32.00	
Peso de la cápsula	131.99	127.94	120.00	
Peso neto del suelo seco	361.01	389.89	348.00	
% de Humedad	9.23	9.34	9.20	

**w (%) Promedio = 9.30**

  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB SUELOS

  
  
**Franklin Merino Cheval**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 52406

CIVIL

**LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL. CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATE      Provincia: ABANCAY      Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO      Region: APURIMAC

Hecho por: Vuestreo: FRS      Calicata: SUBRASANTE  
 Cantero: \_  
 Calicata: 2

Solicitante: BERMAC

LÍMITES DE CONSISTENCIA				
LÍMITE LÍQUIDO				
Muestra	1	2	3	
Nº de Cápsula	1	2	3	
Caps.+ S. húmeda	36.20	39.04	37.19	
Caps.+ S. seco	33.82	35.65	34.60	
Agua	2.38	3.19	2.59	
Peso Cápsula	24.47	22.71	23.43	
Peso S. seco	9.35	13.14	11.17	
% Humedad	25.45	24.26	23.19	
Nº de golpes	17	23	26	

LÍMITE PLÁSTICO				
Muestra	1	2	3	
Nº de Cápsula	1	2	3	
Caps.+ S. húmeda	15.08	15.31	15.29	
Caps.+ S. seco	14.90	15.12	15.08	
Agua	0.19	0.20	0.21	
Peso Cápsula	13.93	14.10	13.99	
Peso S. seco	0.97	1.02	1.09	
% Humedad	19.17	19.21	19.27	

LÍMITE LÍQUIDO	=	23.6 %
LÍMITE PLÁSTICO	=	19.2 %
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	=	4.4 %



*[Firma]*  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Firma]*  
**Franklin Marino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82608

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO 1971 Y SUCS 2487**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Lugar: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ABANCAY      Fecha: ABRIL 2022.  
Distrito: TAMBURCO      Region: APURIMAC  
Hecho por: Muestra: FR3      Material: SUBRASANTE  
Cantera:  
Calicata: 2  
Solicitante: BERMAC

ITEM	PROPIEDAD	RESULTADO DE ENSAYOS
01.01	% QUE PASA EL TAMIZ Nº4	80.22
01.02	% QUE PASA EL TAMIZ Nº10	65.50
01.03	% QUE PASA EL TAMIZ Nº40	42.72
01.04	% QUE PASA EL TAMIZ Nº100	30.61
01.05	% QUE PASA EL TAMIZ Nº200	28.11
01.06	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	NO TIENE
01.07	COEFICIENTE DE CONCAVIDAD	NO TIENE
01.08	INDICE DE GRUPO (%)	0
02.01	LIMITE LIQUIDO (%)	23.58
02.02	LIMITE PLÁSTICO (%)	19.22
02.02	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.36
03.01	HUMEDAD NATURAL(%)	9.30
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO</b>		A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa
<b>CLASIFICACIÓN SUCS</b>		Arena arcilloso-limosa con grava SC-SM
<b>Observaciones</b>	Arena arcilloso-limosa con grava SC-SM	



*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
**Franklin Merino Chavez**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

Nombre de Cliente Investigación  
 Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

INFORME TECNICO  
 Página 15 de 90  
 Rev. E

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA  
 ASTM D-1556**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC  
 Hecho por: Ingeero: FR3 Calicata: 2

Solicitante: BERMAC

DETERMINACION DE DENSIDAD DE CAMPO	
Tipo de arena utilizada: Guano (Pinzuar)	
Peso Unitario de la Arena= 1,48 gr/cm3	
DATOS DEL ENSAYO	
MUESTRA	2
DENSIDAD N°	2
PROFUNDIDAD (m)	0,00 - 3,00
PESO DEL FRASCO + ARENA (gr)	6541
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (gr)	2212
PESO DE LA ARENA EMPLEADA (gr)	4329
PESO DE ARENA EN EL CONO (gr)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION (gr)	2609
DENSIDAD DE LA ARENA (gr/cm3)	1,48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO (cm3)	1763
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA (gr)	3512
PESO DEL RECIPIENTE (gr)	0
PESO DEL SUELO + GRAVA (gr)	3512
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	1,99
HUMEDAD (%)	9,30
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1,82

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w}{V_h}$$

$$\gamma_{natural} = 1,99 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1+w)}$$

$$\gamma_d = 1,82 \text{ gr/cm}^3$$

*FR3*  
 Tec. Franklin Rivas S.  
 JEFE DE LAB SUELOS

*FR3*  
 Franklin Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82405

CIVIL

Nombre de Cliente Investigación  
 Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

INFORME TECNICO  
 Página 16 de 90  
 Rev. E

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 16 de 90  
Rev. E

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO  
ASTM D-1557-70 - AASHTO T-180-70**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Fecha: **ABRIL 2022.**  
 Distrito: **TAMBURCO** Region: **APURIMAC**  
 Muestreo: **FRS** Material: **SUBRASANTE**  
 Canteras: -  
 Calicata: **2**

Solicitante: **BERMAC**

Nº de Capas: 5	
Nº de golpes por capas: 56	Volumen Molds : 2124

Muestra	I	II	III	IV
W <sub>cap</sub>	90.00	88.26	130.01	88.26
W <sub>cap+sh</sub>	500.00	456.84	413.01	456.84
W <sub>cap+ss</sub>	499.00	448.00	400.53	435.00
W <sub>ss</sub>	409.00	359.74	270.52	346.74
W <sub>w</sub>	1.00	8.84	12.48	21.84
%CH	0.24	2.46	4.61	6.30

%CH	0.24	2.46	4.61	6.30
W <sub>mold</sub>	6916	6916	6916	6916
W <sub>sh+mold</sub>	11002	11440	11707	11641
W <sub>sh</sub>	4086	4524	4791	4725
Densidad Hum.	1.924	2.130	2.256	2.225
Densidad Seca	1.919	2.079	2.156	2.093

Densidad Seca Máxima(g/cm <sup>3</sup> ) :	2.156
Contenido Óptimo de Agua(%) :	4.61



*[Firma]*  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Firma]*  
**Franklin Merino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 17 de 90  
Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LITITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APUKIMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Cantera :  
 Distrito: TAMBURCO Region: APUKIMAC Humedad Óptima(%): 4.41  
 Muestra: FR3 Material: SUBRASANTE Densidad Seca Máxima(g/cm3): 2.154  
 Cantera: 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 2.048  
 Calicata: 2

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE:															
Diametro			Altura			Diametro			Altura						
15.24			11.44			15.24			11.44						
182.42			182.42			182.42			182.42						
Nº DE GOLPES POR CADA															
CONDICIONES DE LA MUESTRA															
19			25			35			45						
SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA						
Peso del molde(gr).			8040			8289			8243						
Volumen de la Muestra(cc).			2124			2124			2124						
Muestra Humeda + Molde(gr).			12400			12900			13080						
Muestra Humeda(gr).			4340			4811			4757						
Densidad Humeda(g/cm3).			2.04			2.17			2.26						
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA															
MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO						
Peso de la capsula(gr).			110.00			111.00			120.00						
Muestra Humeda + Capsula(gr).			500.00			500.00			500.00						
Muestra Seca + Capsula(gr).			485.00			484.00			485.00						
Muestra Seca(gr).			375.00			373.00			365.00						
Contenido de Agua(gr)			15.00			16.00			15.00						
Contenido de Humedad(%)			4.00			4.29			4.11						
Densidad Seca(g/cm3).			1.965			2.082			2.051						
MEDICION DE LA EXPANSION															
DIA		HORA		INTERVALO (DIAS)		LECT. DEFOR. PULGOS		EXPANSION %		LECT. DEFOR. PULGOS		EXPANSION %			
1.00		13:05		0.00		0.0000		0.0000		0.0000		0.0000			
2.00		13:02		1.00		0.1000		0.1000		0.1000		0.1000			
3.00		13:10		2.00		0.1500		0.0500		1.0908		0.1500			
4.00		13:04		3.00		0.2000		0.0500		1.0908		0.2000			
5.00		12:58		4.00		0.2500		0.0500		1.0908		0.2500			
ENSAYO DE PENETRACION															
PENETRACION CON "PULGADA"		CARGA PATRON "MPa"		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR	
DIAL		MPa		12		DIAL		MPa		25		DIAL		MPa	
0		0.00		0		0.00		0		0.00		0		0.00	
0.025		1		0.24		5		0.33		10		0.43			
0.050		4		0.31		15		0.53		22		0.68			
0.075		7		0.37		27		0.78		31		0.86			
0.100		6.90		0.43		6.23		0.95		13.74		41		1.07	
0.125		12		0.47		40		1.05		50		1.26			
0.150		15		0.53		46		1.18		57		1.41			
0.200		10.3		0.62		5.98		1.35		13.06		65		1.58	
0.300		26		0.76		66		1.60		78		1.85			
0.400		33		0.91		75		1.79		92		2.15			
0.500		40		1.05		88		2.06		100		2.32			

*[Firma]*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Firma]*  
**Franklin Medina Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 QIP. 52406

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 18 de 90  
Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

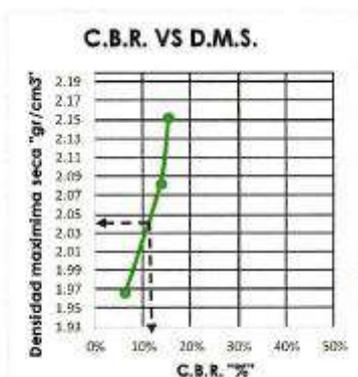
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
Distrito: TAMBURCO  
Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
Región: APURIMAC  
Material: SUBRASANTE  
Cantera: \_  
Calicata: 2

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.



*Franklin Rivas S*  
Téc. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS

GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. - 95%	C.B.R. - 100%
12	4.00	1.96	1.09	6.23	C.B.R. - 95%	11.00
25	4.29	2.08	1.09	13.74	C.B.R. - 100%	15.55
56	4.11	2.15	1.09	15.55		



*Franklin Merino Chávez*  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 32400

CIVIL

CALICATA 03

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
Franklin Moreno Chevez  
INGENIERO CIVIL  
CIP-82496

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Lugar: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ABANCAY      Fecha: ABRIL 2022.  
Distrito: TAMBURCO      Region: APURIMAC

Hecho por: Muestreo: FRS      Material: SUBRASANTE  
Cantera: \_  
Calicata: 3

Solicitante: BERMAC

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO					
Muestra Inicial	1750.0 gr	Muestra lavada y secada	1268.0 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%PASA
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	44.00	44.00	2.51	97.49
1/2"	12.700	62.00	62.00	3.54	93.94
3/8"	9.525	45.00	45.00	2.57	91.37
1/4"	6.350	59.00	59.00	3.37	88.00
Nº4	4.750	119.00	119.00	6.80	81.20
Nº10	2.000	260.00	260.00	14.86	66.34
Nº20	0.850	228.00	228.00	13.03	53.31
Nº40	0.425	170.00	170.00	9.71	43.60
Nº60	0.300	139.00	139.00	7.94	35.66
Nº100	0.149	90.00	90.00	5.14	30.51
Nº200	0.075	41.00	41.00	2.34	28.17
Cazuela		11.00	493.00	28.17	
<b>TOTAL</b>			1268.00	1750.00	100.00
	Diferencia		0.00	<3%	%Finos= 28.17

D60 = 1.440  
D30 = 0.133  
D10 = NO TIENE

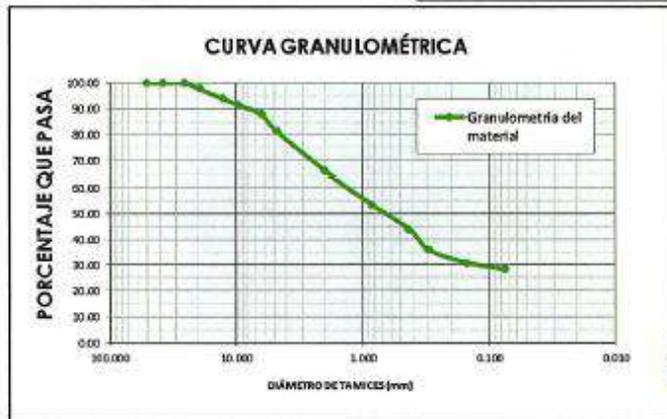
Cu = NO TIENE

Cc = NO TIENE

IG= 0

**PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS**

% FINOS	28.17%
% ARENAS	53.03%
% GRAVAS	18.80%



*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
**Franklin Murillo Chavez**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82495

Nombre de Cliente Investigación  
Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
BER MAC

INFORME TECNICO  
Página 21 de 90  
Rev. E

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022  
Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC

Hecho por: uestro: FR5 Material SUBRASANTE  
Cantera \_  
Calicata: 3

Solicitante: BERMAC

CONTENIDO DE HUMEDAD				
ENSAYO	1	2	3	4
Cápsula N°	1	2	3	
Peso suelo húmedo + cápsula	500.00	500.00	502.00	
Peso suelo seco + cápsula	455.00	454.00	460.00	
Peso del agua	45.00	46.00	42.00	
Peso de la cápsula	0.00	0.00	0.00	
Peso neto del suelo seco	455.00	454.00	460.00	
% de Humedad	9.89	10.13	9.13	

w (%) Promedio = 9.70

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
Franklin Merino Chaves  
INGENIERO CIVIL  
CIS 82466

CIVIL





Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 24 de 90  
 Rev. E

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA  
 ASTM D-1556**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."  
 Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ABANCAY      Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO      Región: APURÍMAC  
 Hecho por: muestreo: FRS      Calicata: 3

Solicitante: BERMAC

DETERMINACION DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Guano (Pínuar)		
Peso Unitario de la Arena= 1.48 gr/cm3		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA		3
DENSIDAD N°		3
PROFUNDIDAD (m)		0.00 - 3.00
PESO DEL FRASCO + ARENA	(gr)	6415
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	(gr)	2084
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	(gr)	4331
PESO DE ARENA EN EL CONO	(gr)	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION	(gr)	2611
DENSIDAD DE LA ARENA	(gr/cm3)	1.48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO	(cm3)	1764
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	(gr)	3478
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	0
PESO DEL SUELO + GRAVA	(gr)	3478
DENSIDAD HUMEDA	(gr/cm3)	1.97
HUMEDAD	%	9.70
DENSIDAD SECA	(gr/cm3)	1.80

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w'}{V_h}$$

$$\gamma_{natural} = 1.97 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1+w)}$$

$$\gamma_d = 1.80 \text{ gr/cm}^3$$

*Tec. Franklin Rivas S*  
 JEFE DE LAB SUELOS



*Franklin Marino Chevez*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82406

Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 25 de 90  
 Rev. E

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D-1557-70 - AASHTO T-180-70**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**      Provincia: **ABANCAY**      Fecha: **ABRIL 2022.**  
 Distrito: **TAMBURCO**                    Región: **APURÍMAC**  
 Muestra: **FRS**                              Material: **SUBRASANTE**  
     Cantero: **-**  
     Colocato: **3**

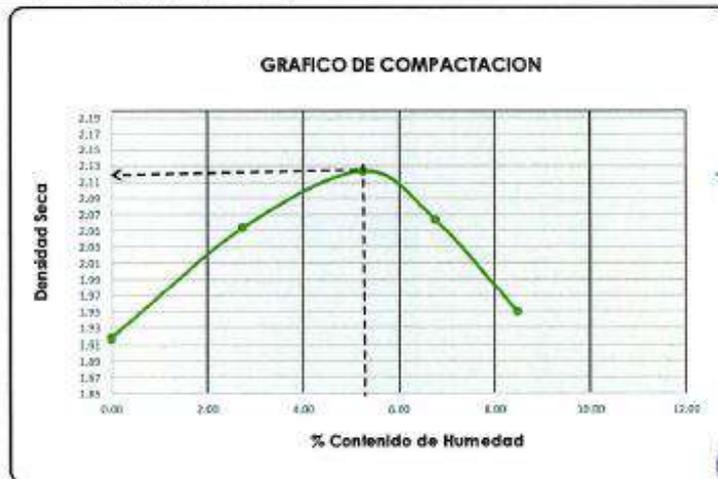
Solicitante: **BERMAC**

Nº de Capas: 5	Volumen Molde : 2124
Nº de golpes por capas: S6	

Muestra	I	II	III	IV
Wcap.	90.00	91.00	100.00	91.00
Wcap+sh.	500.00	502.00	500.00	501.00
Wcap+ss.	500.00	491.00	480.00	475.00
Wss.	410.00	400.00	390.00	384.00
Ww.	0.00	11.00	20.00	26.00
%CH.	0.00	2.75	5.26	6.77

%CH.	0.00	2.75	5.26	6.77
Wmolde	6916	6916	6916	6916
Wshmolde	10990	11400	11666	11598
Wsh.	4074	4484	4750	4682
Densidad Hum.	1.918	2.111	2.236	2.204
Densidad Seca	1.918	2.055	2.125	2.065

Densidad Seca Máxima(g/cm³) :	2.125
Contenido Óptimo de Agua(%) :	5.26



*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
**Franklin Merino Cevallos**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82468



Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
 Consultoría Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
 Página 27 de 90  
 Rev. E

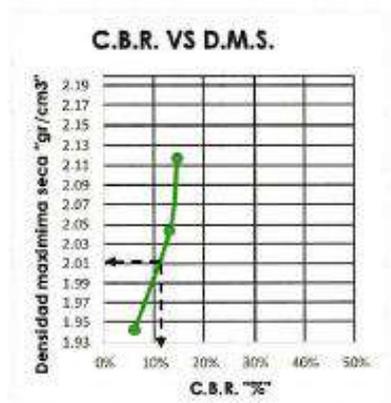
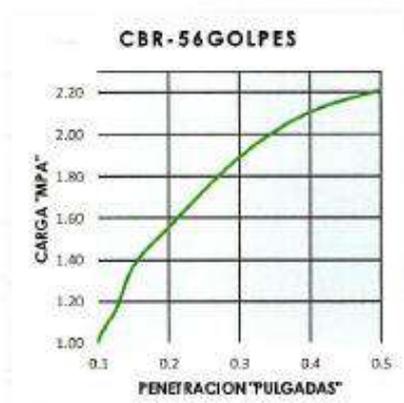
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Región: APURÍMAC  
 Material: SUBRASANTE  
 Canteras: \_  
 Calicata: 3  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	5.43	1.94	1.09	5.94	C.B.R. - 95%	<b>10.40</b>
25	5.14	2.04	1.09	13.14	C.B.R. - 100%	<b>14.65</b>
56	5.56	2.12	1.09	14.65		

*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
  
**Franklin Marino Chaves**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82408

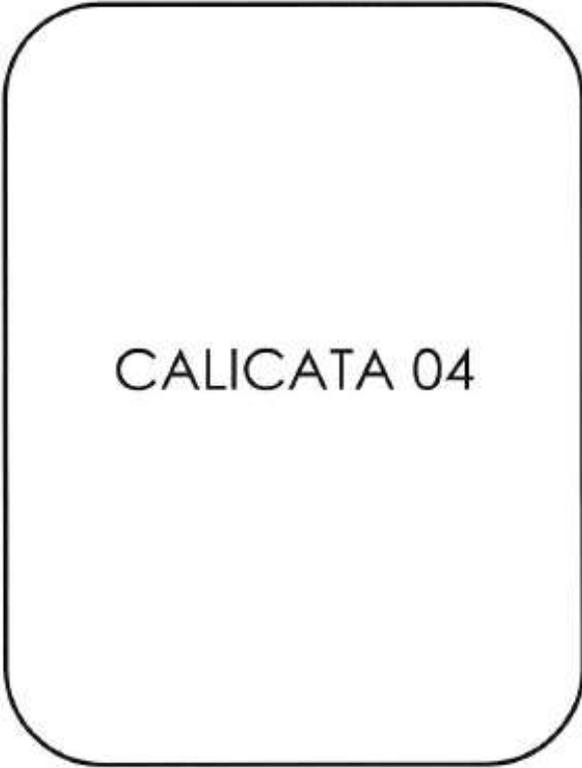
---

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 28 de 90  
Rev. E

---



CALICATA 04

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB SUELOS

  
  
Franklin Merino Chevez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 42406

---

CIVIL

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D-422**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."  
 Ubicación: Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Fecha: **ABRIL 2022**  
 Distrito: **TAMBURCO** Región: **APURÍMAC**  
 Hecho por: Muestra: **FRS** Material: **SUBRASANTE**  
 Cantero: **\_**  
 Calicata: **4**  
 Solicitante: **BERMAC**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR LAVADO Y TAMIZADO					
Muestra Inicial	1050.0 gr	Muestra lavada y secada	527.1 gr	Peso Recipiente	0.0 gr
TAMIZ (Pulg.)	TAMIZ (mm)	PESO RET. (gr.)	PESO CORR. (gr.)	%RET.	%PASA
2"	50.800				100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	43.00	43.00	4.10	95.90
Nº4	4.750	80.00	80.00	7.62	88.29
Nº10	2.000	111.80	111.80	10.65	77.64
Nº20	0.850	100.00	100.00	9.52	66.11
Nº40	0.425	85.00	85.00	8.10	60.02
Nº60	0.300	51.00	51.00	4.86	55.16
Nº100	0.149	33.00	33.00	3.14	52.02
Nº200	0.075	23.20	23.20	2.21	49.81
Cazuela		0.10	523.00	49.81	
<b>TOTAL</b>			527.10	1050.00	100.00
	Diferencia		0.00	<3%	%Finos= 49.81

D60 = 0.425  
 D30 = NO TIENE  
 D10 = NO TIENE

Cu = NO TIENE

Cc = NO TIENE

IG= 1

**PORCENTAJES DE FINOS, ARENAS Y GRAVAS**

% FINOS	49.81%
% ARENAS	58.48%
% GRAVAS	11.71%



*Franklin Rivas S*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*Franklin Mejano Chevez*  
**Franklin Mejano Chevez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82468





Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

INFORME TECNICO  
 Página 32 de 90  
 Rev. E

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216/DENSIDAD IN SITU CONO DE ARENA  
 ASTM D-1556**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."  
 Ubicación: Sector: TAMBURCO - KARKATERA    Provincia: ABANCAY    Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO    Region: APURIMAC  
 Hecho por: maestro: FR5    Calicata: 4  
 Solicitante: BERMAC

DETERMINACION DE DENSIDAD DE CAMPO		
Tipo de arena utilizada: Guano (Pinzuar)		
Peso Unitario de la Arena= 1.48 gr/cm3		
DATOS DEL ENSAYO		
MUESTRA		4
DENSIDAD N°		4
PROFUNDIDAD [m]		0.00 - 3.00
PESO DEL FRASCO + ARENA	[gr]	6056
PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA	[gr]	1812
PESO DE LA ARENA EMPLEADA	[gr]	4244
PESO DE ARENA EN EL CONO	[gr]	1720
PESO DE LA ARENA EN LA EXCAVACION	[gr]	2524
DENSIDAD DE LA ARENA	[gr/cm3]	1.48
VOLUMEN DEL MATERIAL EXTRAÍDO	[cm3]	1705
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO + GRAVA	[gr]	3300
PESO DEL RECIPIENTE	[gr]	0
PESO DEL SUELO + GRAVA	[gr]	3300
DENSIDAD HUMEDA	[gr/cm3]	1.94
HUMEDAD	%	13.60
DENSIDAD SECA	[gr/cm3]	1.71

DENSIDAD NATURAL

$$\gamma_{natural} = \frac{w'}{V_h}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{humeda}}{(1+w)}$$

$$\gamma_{natural} = 1.94 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = 1.71 \text{ gr/cm}^3$$

  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
**Franklin Medina Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82400

CIVIL

Nombre de Cliente Investigación  
 Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 33 de 90  
 Rev. E

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO 1971 Y SUCS 2487**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."  
 Ubicación: Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC  
 Hecho por: Muestra: FR5 Material: SUBRASANTE  
 Contera: \_  
 Calicata: 4  
 Solicitante: BERMAC

ITEM	PROPIEDAD	RESULTADO DE ENSAYOS
01.01	% QUE PASA EL TAMIZ N°4	88.29
01.02	% QUE PASA EL TAMIZ N°10	77.64
01.03	% QUE PASA EL TAMIZ N°40	60.02
01.04	% QUE PASA EL TAMIZ N°100	52.02
01.05	% QUE PASA EL TAMIZ N°200	49.81
01.06	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD	NO TIENE
01.07	COEFICIENTE DE CONCAVIDAD	NO TIENE
01.08	INDICE DE GRUPO (%)	1
02.01	LIMITE LIQUIDO (%)	27.47
02.02	LIMITE PLÁSTICO (%)	20.20
02.02	INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7.27
03.01	HUMEDAD NATURAL (%)	13.80
CLASIFICACIÓN AASHTO		A-4 Suelo limoso
CLASIFICACIÓN SUCS		Arena arcillosa con grava SC
Observaciones	Arena arcillosa con grava SC	



*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB SUELOS

*[Signature]*  
**Franklin Marino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406

CIVIL

Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 34 de 90  
 Rev. E

**ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO  
 ASTM D-1557-70 - AASHTO T-180-70**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA      Provincia: ABANGAY      Fecha: ABRIL 2022.  
 Distrito: TAMBURCO                    Region: APURIMAC  
 Muestra: FRS                            Material: SUBRASANTE  
     Cantero: -  
     Calicata: 4

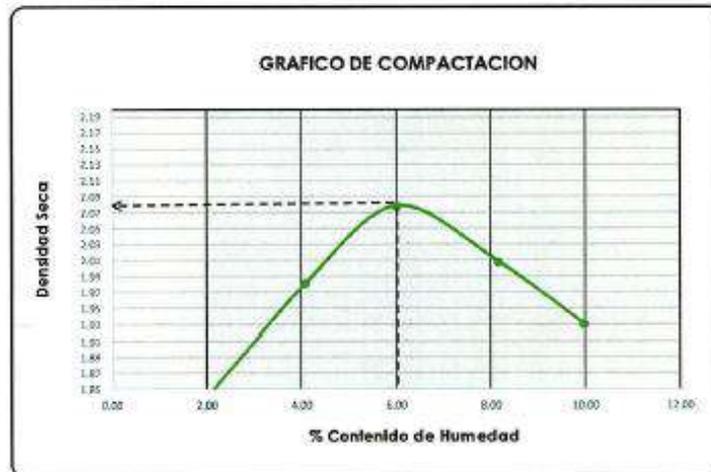
Solicitante: BERMAC

Nº de Capas: 5	Volumen Molde : 2124
Nº de golpes por capas: 56	

Muestra	I	II	III	IV
Wcap.	92.00	95.00	95.00	91.00
Wcap+sh.	502.00	502.00	500.00	501.00
Wcap+ss.	494.00	486.00	477.00	470.00
Wss.	402.00	391.00	382.00	379.00
Ww.	8.00	16.00	23.00	31.00
%CH.	1.99	4.09	6.02	8.18

%CH.	1.99	4.09	6.02	8.18
Wmolde	6916	6916	6916	6916
Wsh+molde	10900	11298	11597	11530
Wsh.	3984	4382	4681	4614
Densidad Hum.	1.876	2.063	2.204	2.172
Densidad Seca	1.839	1.982	2.079	2.008

Densidad Seca Máxima(g/cm <sup>3</sup> ) :	2.079
Contenido Óptimo de Agua(%) :	6.02



**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAS SUELOS

**Franklin Merino Chevez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 62466

CIVIL

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR):**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Cantón: \_  
 Distrito: TAMBURCO Región: APURÍMAC Humedad Óptima(%): 4.82  
 Muestra: FR3 Material: SUBRASANTE Densidad Seca Máxima(g/cm³): 2.079  
 Contera: \_ 95% Densidad Seca Máxima(g/cm³): 1.975  
 Colocata: 4

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE												
	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area
	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42
N° DE GOLPES POR CAPA	12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA												
	SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde(gr)	8040			8289			8243					
Volumen de la Muestra(cc)	2124			2124			2124					
Muestra Humeda + Molde(gr)	12310			12421			12741			12950		
Muestra Humeda(gr)	4250			4361			4452			4661		
Densidad Humeda(g/cm³)	2.00			2.05			2.10			2.19		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA												
	MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO		
Peso de la capsula(gr)	110.00			102.84			111.00			98.95		
Muestra Humeda + Capsula(gr)	500.00			501.00			500.00			503.00		
Muestra Seca+ Capsula(gr)	474.00			460.00			477.00			465.00		
Muestra Seca(gr)	366.00			357.16			366.00			366.05		
Contenido de Agua(gr)	24.00			41.00			23.00			38.00		
Contenido de Humedad(%)	6.56			11.48			6.28			10.38		
Densidad Seca(g/cm³)	1.878			1.842			1.972			1.988		
MEDICION DE LA EXPANSION												
	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION FULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION FULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION FULGS	%
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.0000			0.0000			0.0000		
	2.00	13:02	1.00	0.1000	0.1000	2.1816	0.1000	0.1000	2.1816	0.1000	0.1000	2.1816
	3.00	13:10	2.00	0.1500	0.0500	1.0908	0.1500	0.0500	1.0908	0.1500	0.0500	1.0908
	4.00	13:04	3.00	0.2000	0.0500	1.0908	0.2000	0.0500	1.0908	0.2000	0.0500	1.0908
	5.00	12:58	4.00	0.2500	0.0500	1.0908	0.2500	0.0500	1.0908	0.2500	0.0500	1.0908
ENSAYO DE PENETRACION												
	PENETRA CBR TULSADA	DIAS	DIAS	FACT. CARGA MPa	CBR	FACT. CARGA MPa	CBR	FACT. CARGA MPa	CBR	FACT. CARGA MPa	CBR	
ENSAYO DE PENETRACION	0		0	0.00		0	0.00		0	0.00		
	0.025		0	0.22		2	0.27		10	0.43		
	0.050		2.5	0.28		8	0.39		15	0.53		
	0.075		5	0.33		14	0.51		19	0.62		
	0.100	6.90	7	0.37	5.34	19	0.62	8.93	25	0.74	10.73	
	0.125		9	0.41		25	0.74		32	0.89		
	0.150		11	0.45		29	0.82		40	1.05		
	0.200	10.3	14	0.51	4.98	37	0.99	9.61	46	1.18	11.43	
	0.300		18	0.60		45	1.16		55	1.37		
	0.400		23	0.70		50	1.26		62	1.51		
0.500		28	0.80		58	1.43		68	1.64			

  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB SUELOS

  
**Franklin Merino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82408

Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
 Consultoría Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
 Página 36 de 90  
 Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

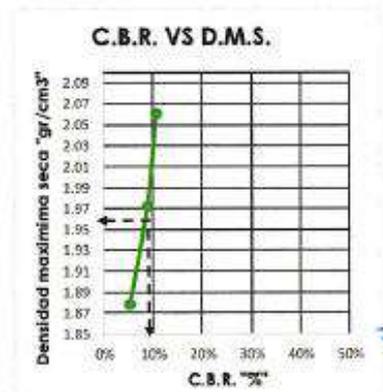
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SUBRASANTE  
 Cantero: \_  
 Calicata: 4

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.



*[Signature]*  
 Tec. Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB. SUELOS

GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	6.56	1.88	1.09	5.34	C.B.R. - 95%	9.00
25	6.28	1.97	1.09	8.93	C.B.R. - 100%	10.73
56	6.44	2.06	1.09	10.73		

*[Signature]*  
 Franklin Morino Chevez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82406

CIVIL

CALICATA 01 +  
5% (025 CAL +  
0.75 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
Franklin Marino Chevez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 52406



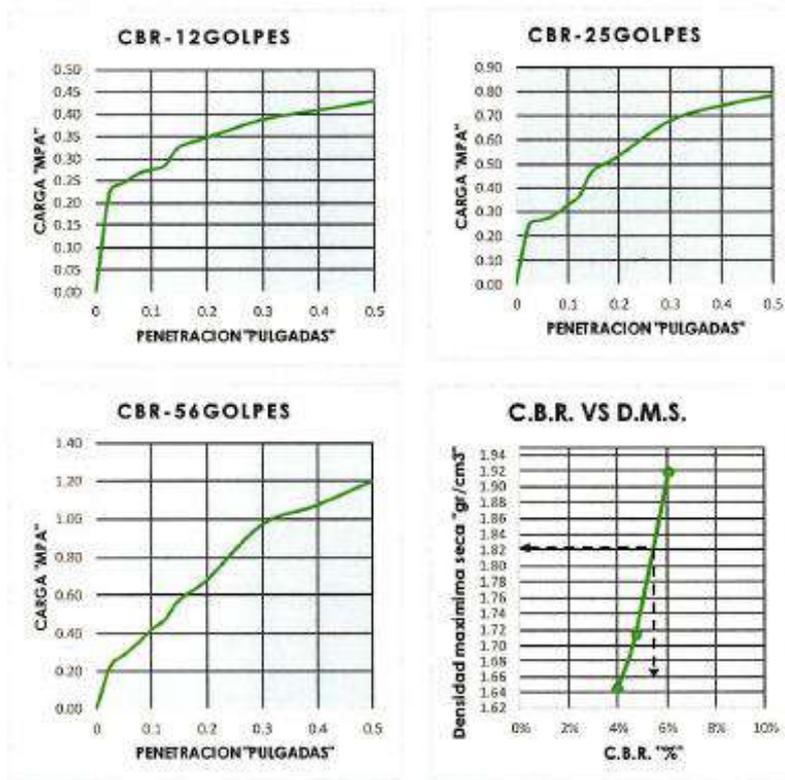
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES Blandas con Adición de LUTITA Y CAL CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
Distrito: TAMBURCO  
Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
Region: APURIMAC  
Material: SN + 5%(0.25 CAL + 0.75 LUTITA)  
Cantera: \_  
Calicata: 1  
Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLFES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	8.29	1.64	0.33	4.00	C.B.R. - 95%	5.80
25	8.12	1.71	0.12	4.74	C.B.R. - 100%	6.09
56	8.10	1.92	0.07	6.09		

Tec. Jefe de Lab Suelos



Franzín Merino Chávez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 32408

CIVIL

CALICATA 01 +  
5% (075 CAL +  
0.25 LUTITA)



*Franklin Tito Chevez*  
Franklin Tito Chevez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82408

*Franklin Rivas*  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS

CIVIL



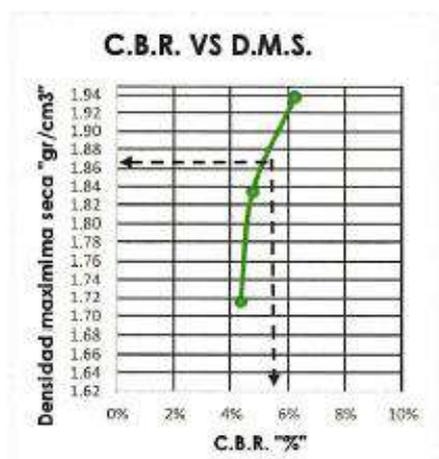
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**  
 Distrito: **TAMBURCO**  
 Muestreo: **FRS**

Provincia: **ABANCAY**  
 Region: **APURIMAC**  
 Material: **SN + 5%(0.75 CAL + 0.25 LUTITA)**  
 Cantero: **\_**  
 Calicata: **1**  
 Fecha: **ABRIL 2022.**

Solicitante: **BERMAC**



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	8.31	1.71	0.33	4.33	C.B.R. - 95%	<b>5.90</b>
25	9.29	1.83	0.12	4.74	C.B.R. - 100%	<b>6.23</b>
56	9.07	1.94	0.07	6.23		

**Tec. Franklin Rivas S.**  
JEFE DE LAB. OBRAS  
**CIVIL**

CALICATA 01 +  
5% (0.33 CAL +  
0.67 LUTITA)



Franklin Merino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SURLOS

Nombre de Cliente Investigación  
 Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
 BER MAC

INFORME TECNICO  
 Página 44 de 90  
 Rev. E

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).

ASTM 1833 - 73

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA. Provincia: ABANCAY. Cantera: \_  
 Distrito: TAMBURCO. Region: APURIMAC. Humedad Optima(%): 8.57  
 Muestra: FR5. Material: SN + 5%(0.33 CAL+. Densidad Seca Maxima(g/cm3): 1.938  
 Cantera: \_ 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.841  
 Calicata: 1

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE:											
	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area		
	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42		
N° DE GOLPES POR CAPA			12	25			56				
CONDICIONES DE LA MUESTRA											
	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA		
Peso del molde(gr).	8457			8645			8015				
Volumen de la Muestra(cc).	2124			2124			2124				
Muestra Humeda + Molde(gr).	12412		12571	12888		12950	12489		12525		
Muestra Humeda(gr).	3955		4114	4243		4305	4474		4510		
Densidad Humeda(g/cm3).	1.86		1.94	2.00		2.03	2.11		2.12		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA											
	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO		
Peso de la capsula(gr).	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00		
Muestra Humeda + Capsula(gr).	501.00		505.00	500.00		507.00	500.00		499.00		
Muestra Seca+ Capsula(gr).	462.00		449.00	460.00		453.00	458.00		450.00		
Muestra Seca(gr).	462.00		449.00	460.00		453.00	458.00		450.00		
Contenido de Agua(gr)	39.00		56.00	40.00		54.00	42.00		49.00		
Contenido de Humedad(%)	8.44		12.47	8.70		11.92	9.17		10.89		
Densidad Seca(g/cm3).	1.717		1.722	1.838		1.811	1.929		1.915		
MEDICION DE LA EXPANSION											
	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%		
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4869			0.8748				
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938	0.8857	0.0109	0.2378		
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982		
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178		
	5.00	12:58	4.00	0.5186	0.0150	0.3272	0.9010	0.0054	0.1178		
ENSAYO DE PENETRACION											
	PENETRACION (PULGADA)	CARGA PATRON (MPa)	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 12	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 25	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 56
ENSAYO DE PENETRACION	0		0	0.00		0	0.00		0	0.00	
	0.025		0	0.22		0	0.22		0	0.22	
	0.050		1	0.25		2	0.26		3	0.28	
	0.075		2	0.27		3	0.29		5	0.34	
	0.100	6.90	4	0.30	4.33	5	0.32	4.59	9	0.41	5.94
	0.125		5	0.32		7	0.36		11	0.45	
	0.150		6	0.34		8	0.39		13	0.50	
	0.200	10.3	7	0.36	3.48	10	0.43	4.18	16	0.55	5.38
	0.300		8	0.39		11	0.46		17	0.58	
	0.400		10	0.43		13	0.49		19	0.62	
0.500		11	0.45		14	0.51		22	0.68		



Franklin Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 62406

Tec. Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB SUELOS

CIVIL

Nombre de Cliente      Investigación  
 Nombre de Proyecto    Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto    PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 45 de 90  
 Rev. E

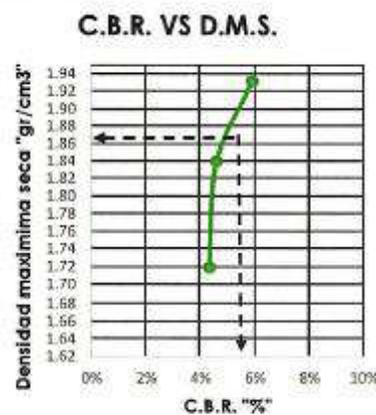
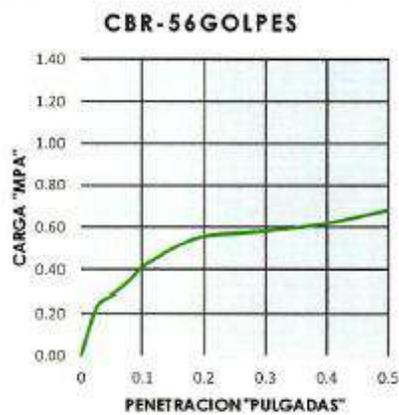
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**  
 Distrito: **TAMBURCO**  
 Muestreo: **FRS**

Provincia: **ABANCAY**  
 Región: **APURIMAC**  
 Material: **SN + 5%(0.33 CAL + 0.67 LUTITA)**  
 Cantera: **\_**  
 Calicata: **1**  
 Fecha: **ABRIL 2022.**

Solicitante: **BERMAC**



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	8.44	1.72	0.33	4.33	C.B.R. - 95%	<b>5.80</b>
25	8.70	1.84	0.12	4.59	C.B.R. - 100%	<b>5.94</b>
56	9.17	1.93	0.07	5.94		



Franklin Menno Chavez

**Tec. Franklin Rivas**  
 JEFE DE LAB. SURLO CIVIL

CALICATA 01 +  
5% (067 CAL +  
0.33 LUTITA)



*Franklin Melino Chevez*  
Franklin Melino Chevez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 52485

*Franklin Rivas S*  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS

Nombre de Cliente Investigación  
 Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
**BER MAC**

**INFORME TECNICO**  
 Página 47 de 90  
 Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Canchero: \_\_\_\_\_  
 Distrito: TAMBURCO Región: APURÍMAC Humedad Óptima(%): 8.87  
 Muestreo: FRS Material: SN + 5% (0.47 CAL + Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.944  
 Calicata: 1 75% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.847

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE:			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	
Peso del molde( gr. )			8457			8312			8415			
Volumen de la Muestra(cc)			2124			2124			2124			
Muestra Humeda + Molde( gr. )			12569		12781	12531		12788	12901		13012	
Muestra Humeda( gr. )			4112		4324	4219		4476	4466		4597	
Densidad Humeda( gr/cm3 )			1.94		2.04	1.99		2.11	2.11		2.16	
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	
Peso de la capsula( gr. )			90.00		128.00	130.00		130.00	128.00		128.00	
Muestra Humeda + Capsula( gr. )			648.00		369.00	458.00		487.00	584.00		462.00	
Muestra Seca + Capsula( gr. )			602.00		336.00	433.00		441.00	547.00		428.00	
Muestra Seca( gr. )			512.00		208.00	303.00		311.00	419.00		300.00	
Contenido de Agua( gr. )			46.00		33.00	25.00		46.00	37.00		34.00	
Contenido de Humedad( % )			8.98		15.87	8.25		14.79	8.83		11.33	
Densidad Seca( gr/cm3 )			1.776		1.757	1.835		1.835	1.941		1.944	
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTERVALO (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION FULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION FULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION FULGS	%
	1.00	13:05	0.00	0.4869			0.8748			0.3548		
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178
5.00	12:58	4.00	0.5183	0.0147	0.3207	0.9007	0.0051	0.1113	0.3738	0.0026	0.0567	
ENSAYO DE PENETRACION	FACT. PATR. → 1.0000	FACT. PATR. → 1.0000	FACT. CARGA	CBR	FACT. CARGA	CBR	FACT. CARGA	CBR	FACT. CARGA	CBR	FACT. CARGA	CBR
			DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56	
	0	0	0	0.00		0	0.00		0	0.00		
	0.025	0	0	0.22		1	0.24		0	0.22		
	0.050	0	0	0.23		2	0.27		3	0.29		
	0.075	1	0	0.24		3	0.29		6	0.35		
	0.100	6.90	2	0.27	3.85	7	0.37	5.34	12	0.47	6.83	
	0.125	3	0	0.29		9	0.41		14	0.51		
	0.150	5	0	0.33		12	0.47		17	0.57		
	0.200	10.3	6	0.35	3.38	15	0.53	5.18	22	0.68	6.58	
	0.300	8	0	0.39		22	0.68		36	0.97		
0.400	9	0	0.41		26	0.75		41	1.07			
0.500	10	0	0.43		28	0.79		47	1.20			

  
  
 Franklin Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406  
 Tec. Franklin Rivas S.  
 JEFE DE LAB. SUELOS

Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
 Consultoría Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
 Página 48 de 90  
 Rev. E

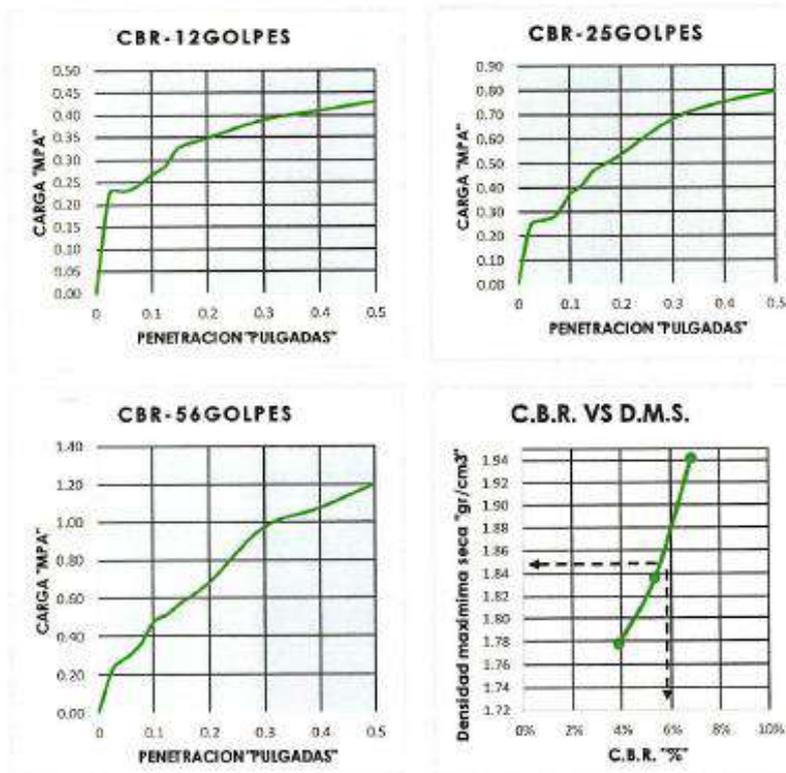
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL. CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestra: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Región: APURIMAC  
 Material: SN + 5%(0.67 CAL + 0.33 LUTITA)  
 Cantero: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%
12	8.98	1.78	0.32	3.85	C.B.R. - 95% <b>6.00</b>
25	8.25	1.83	0.11	5.34	C.B.R. - 100% <b>6.83</b>
56	8.83	1.94	0.06	6.83	



Franklin Rivas S  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82408

Tec. Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB. SUELOS

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

**INFORME TECNICO**  
Página 49 de 90  
Rev. E

CALICATA 01 +  
10% (025 CAL +  
0.75 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
Franklin Méjino Chaves  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 02406

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Cantera: **\_**  
 Distrito: **TAMBURCO** Region: **APURIMAC** Humedad Optima(%): **8.30**  
 Muestreo: **FR5** Material: **SN + 10%(0.25 CAL)** Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.932**  
 Cantera: **\_** 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.835**  
 Calcofo: **1**

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE:			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR	SATURADA		SIN MOJAR	SATURADA		SIN MOJAR	SATURADA		
Peso del molde(gr).			8457			8445			8015			
Volumen de la Muestra(cc).			2124			2124			2124			
Muestra Humeda + Molde(gr).			12236	12648		12578	12945		12450	12700		
Muestra Humeda(gr).			3779	4191		3933	4300		4435	4685		
Densidad Humeda(g/cm3).			1.78	1.97		1.85	2.02		2.09	2.21		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		
Peso de la capsula(gr).			89.00	80.00		90.00	95.00		128.00	90.00		
Muestra Humeda + Capsula(gr).			600.00	625.70		500.00	510.00		635.00	500.00		
Muestra Seca + Capsula(gr).			558.00	561.00		467.00	468.00		595.00	465.00		
Muestra Seca(gr).			469.00	481.00		377.00	373.00		467.00	375.00		
Contenido de Agua(gr)			42.00	64.70		33.00	42.00		40.00	35.00		
Contenido de Humedad(%)			8.96	13.45		8.75	11.26		8.57	9.33		
Densidad Seca(g/cm3).			1.633	1.739		1.703	1.820		1.923	2.017		
MEDICION DE LA EXPANSION	DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%
	1.00	13:05	0.00	0.4869			0.8748			0.3548		
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178
5.00	12:58	4.00	0.5186	0.0150	0.3272	0.9010	0.0054	0.1178	0.3742	0.0030	0.0654	
ENSAYO DE PENETRACION	PENETRACION PULGADA	CARGA PATRON MPa	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 12	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 25	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 56	
	0		0	0.00		0	0.00		0	0.00		
	0.025		0	0.22		0	0.23		3	0.29		
	0.050		1	0.24		2	0.26		7	0.37		
	0.075		2	0.27		3	0.28		11	0.45		
	0.100	6.90	3	0.29	4.15	4	0.31	4.47	14	0.51	7.43	
	0.125		4	0.31		6	0.34		18	0.60		
	0.150		5	0.33		7	0.37		21	0.66		
	0.200	10.3	6	0.35	3.38	9	0.41	3.98	25	0.74	7.19	
	0.300		8	0.39		12	0.47		28	0.80		
	0.400		9	0.41		15	0.53		31	0.86		
0.500		10	0.43		19	0.62		34	0.93			

  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB SUELOS



  
**Franklin Marino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406

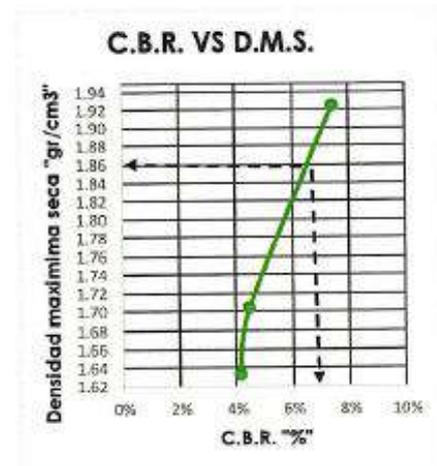
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
Distrito: TAMBURCO  
Muestreo: FR5

Provincia: ABANCAJ  
Región: APURIMAC  
Material: SN + 10%(0.25 CAL + 0.75 LUTITA)  
Cantera: \_  
Calicata: 1  
Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%
12	8.96	1.63	0.33	4.15	C.B.R. - 95% 7.00
25	8.75	1.70	0.12	4.47	C.B.R. - 100% 7.43
56	8.57	1.92	0.07	7.43	

Tec. I. Franklin Rivas S.  
INGENIERO DE LAS BUNOS

Franklin Marino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82496

CIVIL

CALICATA 01 +  
10% (0.75 CAL +  
0.25 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAS SUZLOS

  
  
Franklin Morino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82408

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoria Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 53 de 90  
Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Cantera :  
 Distrito: **TAMBURCO** Región: **APURIMAC** Humedad Óptima(%): **9.49**  
 Muestreo: **FR5** Material: **SN + 10%(0.75 CAL)** Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.940**  
 Cantera: **95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.843**  
 Calicata: **1**

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
			15.24	11.44	182.42	15.24	11.44	182.42	15.24	11.44	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56			
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR	SATURADA	SIN MOJAR	SATURADA	SIN MOJAR	SATURADA	SIN MOJAR	SATURADA	SATURADA	
Peso del molde(gr).			8457		8645		8015					
Volumen de la Muestra(cc).			2124		2124		2124					
Muestra Humeda + Molde(gr).			12230	12648	12750	12945	12467	12710				
Muestra Humeda(gr).			3773	4191	4105	4300	4452	4695				
Densidad Humeda(g/cm3).			1.78	1.97	1.93	2.02	2.10	2.21				
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO				
Peso de la capsula(gr).			89.00	80.00	90.00	95.00	128.00	90.00				
Muestra Humeda + Capsula(gr).			600.00	625.70	500.00	510.00	635.00	500.00				
Muestra Seca + Capsula(gr).			558.00	561.00	467.00	468.00	595.00	465.00				
Muestra Seca(gr).			469.00	481.00	377.00	373.00	467.00	375.00				
Contenido de Agua(gr)			42.00	64.70	33.00	42.00	40.00	35.00				
Contenido de Humedad(%)			8.96	13.45	8.75	11.26	8.57	9.33				
Densidad Seca(g/cm3).			1.630	1.739	1.777	1.820	1.931	2.022				
DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. EXPANSION			LECT. EXPANSION			LECT. EXPANSION			
			DEFOR.	PULGS	%	DEFOR.	PULGS	%	DEFOR.	PULGS	%	
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4849		0.8748			0.3548			
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0629	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178
	5.00	12:58	4.00	0.5186	0.0150	0.3272	0.9010	0.0054	0.1178	0.3742	0.0030	0.0654
PENETRA CION "PULGADA"	CARG. PATRON "MPa"	FACTOR CARGA	CBR			CBR			CBR			
			DIAL	MPa	12	FACTOR CARGA	CBR	25	FACTOR CARGA	CBR	56	
ENSAYO DE PENETRACION	0		0	0.00		0	0.00		0	0.00		
	0.025		0	0.22		0	0.23		7	0.37		
	0.050		1	0.24		3	0.28		11	0.45		
	0.075		2	0.27		5	0.32		14	0.51		
	0.100	6.90	3	0.29	4.15	6	0.35	5.04	16	0.55	8.03	
	0.125		4	0.31		8	0.39		18	0.60		
	0.150		5	0.33		11	0.45		22	0.68		
	0.200	10.3	6	0.35	3.38	13	0.49	4.78	24	0.72	6.99	
	0.300		8	0.39		15	0.53		28	0.80		
	0.400		9	0.41		20	0.64		31	0.86		
0.500		10	0.43		24	0.72		34	0.93			

Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS



Franklin Merino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 82488

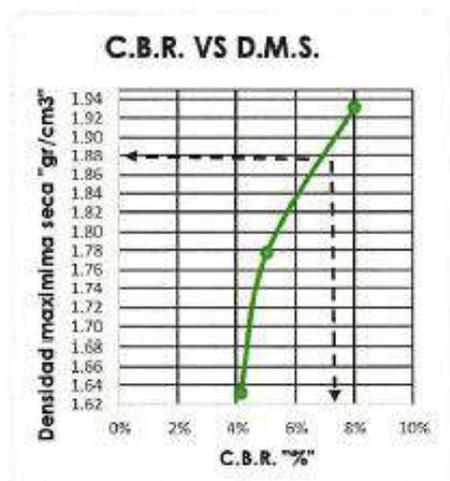
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL. CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**  
 Distrito: **TAMBURCO**  
 Muestreo: **FRS**

Provincia: **ABANCAY**  
 Region: **APURIMAC**  
 Material: **SN + 10%(0.75 CAL + 0.25 LUTITA)**  
 Canteras: **\_**  
 Calicata: **1**  
 Fecha: **ABRIL 2022.**

Solicitante: **BERMAC**



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%
12	8.96	1.63	0.33	4.15	C.B.R. - 95% <b>7.50</b>
25	8.75	1.78	0.12	5.04	C.B.R. - 100% <b>8.03</b>
56	8.57	1.93	0.07	8.03	

Tec. Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB. SUSLOS



Franklin Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82408

CIVIL

CALICATA 01 +  
10% (0.33 CAL +  
0.67 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUFLOS



  
Franklin Moreno Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 56 de 90  
Rev. E

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).

ASTM 1833 - 73

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Cantera :  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURÍMAC Humedad Óptima(%): 9.86  
 Muestra: FRS Material: SN + 10%(0.33 CAL) Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.962  
 Calicata: 1 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.864

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE														
			Diámetro			Altura			Área					
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA			12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde[gr].			8461			8315			8314					
Volumen de la Muestra[cc].			2124			2124			2124					
Muestra Humeda + Molde[gr].			12571			12847			12695			12994		
Muestra Humeda[gr].			4110			4386			4224			4680		
Densidad Humeda[g/cm3].			1.94			2.06			1.99			2.06		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO		
Peso de la capsula[gr].			91.00			130.00			128.00			130.00		
Muestra Humeda + Capsula[gr].			651.00			355.00			458.00			452.00		
Muestra Seca+ Capsula[gr].			602.00			321.00			429.00			357.00		
Muestra Seca[gr].			511.00			191.00			301.00			227.00		
Contenido de Agua[gr]			49.00			34.00			29.00			28.00		
Contenido de Humedad[%].			9.59			17.80			9.63			13.84		
Densidad Seca[g/cm3].			1.766			1.753			1.814			1.811		
			1.963			1.961								
		DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS	%	
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4869				0.8748			0.3548			
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938		0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156	
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876		0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243	
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829		0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178	
	5.00	12:58	4.00	0.5181	0.0145	0.3163		0.9004	0.0048	0.1047	0.3735	0.0023	0.0502	
		PENETRACION "PULGADA"	CARG. PATRON "MPa"	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	
		0	0	0.00				0	0.00		0	0.00		
		0.025	0	0.22				1	0.23		7	0.37		
		0.050		3	0.29			6	0.34		12	0.47		
		0.075		9	0.41			12	0.46		18	0.60		
		0.100	6.90	13	0.50	7.19		16	0.54	7.88	22	0.68	9.83	
		0.125		16	0.56			19	0.61		25	0.74		
		0.150		18	0.60			21	0.65		27	0.78		
		0.200	10.3	25	0.74	7.23		28	0.79	7.69	34	0.93	9.00	
		0.300		31	0.87			34	0.92		40	1.05		
		0.400		34	0.93			37	0.98		43	1.11		
		0.500		36	0.97			39	1.02		45	1.16		

Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB SUELOS



Franklin Merino Cherez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82408

Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
 Consultoría Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

**INFORME TECNICO**  
 Página 57 de 90  
 Rev. E

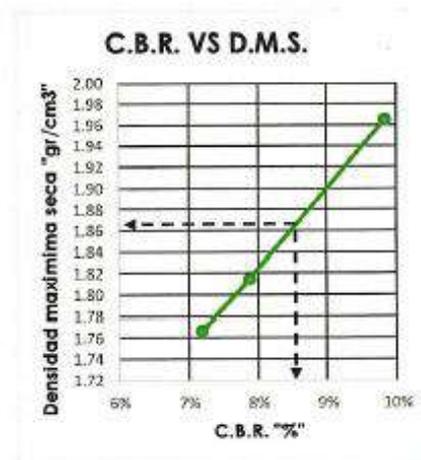
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**  
 Distrito: **TAMBURCO**  
 Muestreo: **FR3**

Provincia: **ABANCAY**  
 Region: **APURIMAC**  
 Material: **SN + 10%(0.33 CAL + 0.67 LUTITA)**  
 Cantero: **\_**  
 Calicata: **1**  
 Fecha: **ABRIL 2022.**

Solicitante: **BERMAC**



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	9.59	1.77	0.32	7.19	C.B.R. - 95%	8.50
25	9.63	1.81	0.10	7.88	C.B.R. - 100%	9.83
56	9.15	1.96	0.05	9.83		

*Tec. Franklin Rivas S*  
 JEFE DE LAS SUJOS



*Franklin Merino Chavez*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP/02496

CIVIL

CALICATA 01 +  
10% (067 CAL +  
0.33 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
Franklin Moreno Chevar  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR),**  
**ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LÚTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Carretera :  
Distrito: **TAMBURCO** Región: **APURIMAC** Humedad Óptima(%): **9.86**  
Muestra: **FR5** Material: **SN + 10%(0.67 CAL)** Densidad Seca Máxima(g/cm<sup>3</sup>): **1.962**  
Contera : 95% Densidad Seca Máxima(g/cm<sup>3</sup>): **1.864**  
Calificator: 1

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE:																
		Diámetro		Altura	Área		Diámetro		Altura	Área						
		15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24					
N° DE GOLPES POR CAPA		12			25			56								
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA						
Peso del molde(gr).		8461			8315			8314								
Volumen de la Muestra(cc).		2124			2124			2124								
Muestra Humeda + Molde(gr).		12571		12847	12539		12695	12865		12994						
Muestra Humeda(gr).		4110		4386	4224		4380	4552		4680						
Densidad Humeda(g/cm <sup>3</sup> ).		1.94		2.06	1.99		2.06	2.14		2.20						
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA		MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO						
Peso de la capsula(gr).		91.00		130.00	126.00		128.00	130.00		130.00						
Muestra Humeda + Capsula(gr).		451.00		355.00	458.00		636.00	452.00		385.00						
Muestra Seca+ Capsula(gr).		602.00		321.00	429.00		576.00	425.00		357.00						
Muestra Seca(gr).		511.00		191.00	301.00		448.00	293.00		227.00						
Contenido de Agua(gr)		49.00		34.00	29.00		62.00	27.00		28.00						
Contenido de Humedad(%).		9.59		17.80	9.63		13.84	9.15		12.33						
Densidad Seca(g/cm <sup>3</sup> ).		1.766		1.753	1.814		1.811	1.963		1.961						
		DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS.	%	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS.	%	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN PULGS.	%			
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4869		0.0938	0.8748		0.2378	0.3601	0.0053	0.1156				
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243				
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178				
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0629	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178				
5.00	12:58	4.00	0.5181	0.0145	0.3163	0.9004	0.0048	0.1047	0.3735	0.0023	0.0502					
ENSAYO DE PENETRACION	PENETRACION PULGADAS		CARGA PATRON MPa		FACTOR CARGA DIAL MPa		CBR 12		FACTOR CARGA DIAL MPa		CBR 25		FACTOR CARGA DIAL MPa		CBR 56	
	0		0		0.00		0		0.00		0		0.00		0	
	0.025		0		0.22		1		0.23		7		0.37		12	
	0.050		3		0.29		6		0.34		12		0.47		18	
	0.075		9		0.41		12		0.46		18		0.60		25	
	0.100		6.90		0.50		7.19		0.54		7.88		0.68		9.83	
	0.125		16		0.56		19		0.61		25		0.74		30	
	0.150		18		0.60		21		0.65		27		0.78		34	
	0.200		10.3		0.74		7.23		0.79		7.69		0.93		9.00	
	0.300		31		0.87		34		0.92		40		1.05		12.5	
0.400		34		0.93		37		0.98		43		1.11		14.0		
0.500		36		0.97		39		1.02		45		1.16		15.0		

  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
JEFE DE LAB. SUELOS

  
**Franklin Medina Cueva**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
 Consultoría Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

**INFORME TECNICO**  
 Página 60 de 90  
 Rev. E

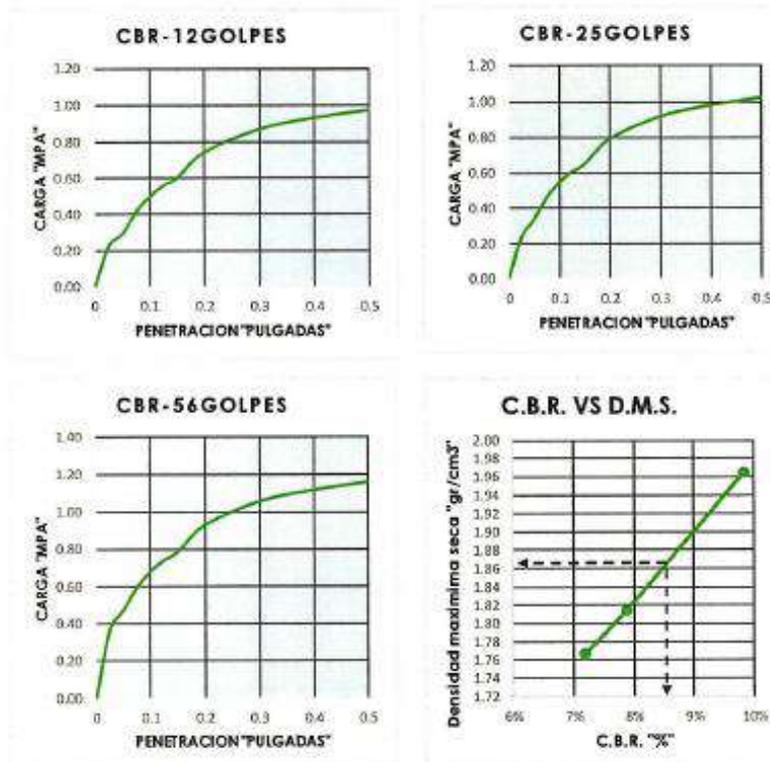
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SN + 10%(0.67 CAL + 0.33 LUTITA)  
 Cantero: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLFES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	9.59	1.77	0.32	7.19	C.B.R. - 95%	8.50
25	9.63	1.81	0.10	7.88	C.B.R. - 100%	9.83
56	9.15	1.96	0.05	9.83		

*[Signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

*[Signature]*  
**Franklin Marino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406

CALICATA 01 +  
15% (0.25 CAL +  
0.75 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
Franklin Morino Chaves  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 82408

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL. CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Cantera: **\_**  
 Distrito: **TAMBURCO** Region: **APURIMAC** Humedad Optima(%): **8.60**  
 Muestreo: **FRS** Material: **SN + 5%(0.25 CAL +** Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.928**  
 Cantera: **\_** 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.832**  
 Calicata: **1**

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE												
		Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area		
		15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42		
N° DE GOLPES POR CAPA		12			25			56				
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA		
Peso del molde(gr).		8475			8647			8469				
Volumen de la Muestra(cc).		2124			2124			2124				
Muestra Humeda + Molde(gr).		12236		12648	12578		12945	12845		12989		
Muestra Humeda(gr).		3761		4173	3931		4298	4376		4520		
Densidad Humeda(g/cm3).		1.77		1.96	1.85		2.02	2.06		2.13		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA		MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO		
Peso de la capsula(gr).		90.00		90.00	130.00		130.00	130.00		95.00		
Muestra Humeda + Capsula(gr).		487.00		628.00	522.00		526.00	548.00		652.00		
Muestra Seca + Capsula(gr).		451.00		549.00	489.00		476.00	513.00		584.00		
Muestra Seca(gr).		361.00		459.00	359.00		346.00	383.00		489.00		
Contenido de Agua(gr)		36.00		79.00	33.00		50.00	35.00		68.00		
Contenido de Humedad(%)		11.40		18.70	11.30		15.69	11.20		14.20		
Densidad Seca(g/cm3).		1.710		1.700	1.800		1.790	1.930		1.927		
		LECT.		EXPANSIÓN	LECT.		EXPANSIÓN	LECT.		EXPANSIÓN		
		DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	DEFOR.	PULGS	%	DEFOR.	PULGS	%		
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4869			0.8748		0.3548			
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0043	0.0938	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178
	5.00	12:58	4.00	0.5186	0.0150	0.3272	0.9010	0.0054	0.1178	0.3742	0.0030	0.0654
		PENETRA DOR "PULGADA"	CARGA PATRON "MPa"	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	FACTOR CARGA	CBR	
				DIAL	MPa	12	DIAL	MPa	25	DIAL	MPa	56
ENSAYO DE PENETRACION		0		0	0.00		0	0.00		0	0.00	
		0.025		0	0.12		0	0.16		0	0.22	
		0.050		0	0.19		2	0.27		3	0.28	
		0.075		1	0.21		5	0.33		8	0.38	
		0.100	6.90	1	0.24	3.55	11	0.45	6.53	15	0.52	7.58
		0.125		4	0.30		13	0.49		18	0.59	
		0.150		7	0.37		17	0.57		22	0.67	
		0.200	10.3	11	0.45	4.38	22	0.68	6.58	27	0.77	7.49
		0.300		18	0.59		29	0.82		33	0.90	
0.400		22	0.67		32	0.89		36	0.96			
0.500		26	0.76		33	0.91		38	1.00			

  
**Tec. Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
**Franklin Herme Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 82405

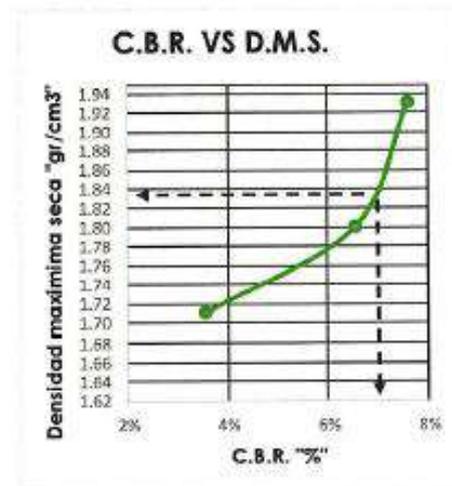
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**  
Distrito: **TAMBURCO**  
Muestreo: **FR5**

Provincia: **ABANCAY**  
Region: **APURIMAC**  
Material: **SN + 5%(0.25 CAL + 0.75 LUTITA)**  
Cantera: **\_**  
Calicata: **1**  
Fecha: **ABRIL 2022.**

Solicitante: **BERMAC**



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%
12	11.40	1.71	0.33	3.55	C.B.R. - 95% 7.00
25	11.30	1.80	0.12	6.53	C.B.R. - 100% 7.58
56	11.20	1.93	0.07	7.58	

Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB SUELOS

Franklin Merino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIV-02406

CIVIL

---

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

**INFORME TÉCNICO**  
Página 64 de 90  
Rev. E

---

CALICATA 01 +  
15% (0.75 CAL +  
0.25 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB SUFLOS

  
  
Franklin Merino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
C.P. 82208

---

CIVIL

---



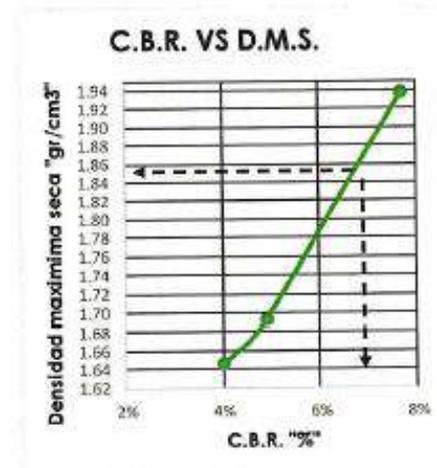
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FR5

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SN + 5%(0.75 CAL + 0.25 LUTITA)  
 Cantera: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	11.40	1.65	0.33	4.00	C.B.R. - 95%	7.00
25	11.30	1.69	0.12	4.89	C.B.R. - 100%	7.70
56	11.20	1.94	0.07	7.70		

Tec. *Franklin Rivas S*  
 JEFE DE LAB. SUELOS



*Franklin Merino Alvarado*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 42466

CIVIL

CALICATA 01 +  
15% (0.33 CAL +  
0.67 LUTITA)

  
Tec. Wilin Rivas S  
INGENIERO EN GEOMETRIA Y TOPOGRAFIA

  
  
Franklin Manolo Chevez  
INGENIERO CIVIL  
C.P. 22406

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 68 de 90  
Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).**

**ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Cantera :  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC Humedad Optima(%): 10.12  
 Muestreo: FRS Material: SN + 15%(0.67 CAL) Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.945  
 Cantera: 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.848  
 Calicata: 1

Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE:																		
	Diametro			Altura			Area			Area								
	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42						
N° DE GOLPES POR CAPA	12						25						56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA																		
	SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Peso del molde(gr).	8369						8247						8311					
Volumen de la Muestra(cc).	2124						2124						2124					
Muestra Humeda + Molde(gr).	12569			12784			12584			12726			12921			13056		
Muestra Humeda(gr).	4200			4415			4337			4479			4610			4745		
Densidad Humeda(g/cm3).	1.98			2.08			2.04			2.11			2.17			2.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA																		
	MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO		
Peso de la capsula(gr).	130.00			128.00			130.00			128.00			128.00			128.00		
Muestra Humeda + Capsula(gr).	517.00			284.00			358.00			487.00			387.00			478.00		
Muestra Seca+ Capsula(gr).	481.00			263.00			336.00			441.00			362.00			436.00		
Muestra Seca(gr).	351.00			135.00			206.00			313.00			234.00			308.00		
Contenido de Agua(gr)	36.00			21.00			22.00			46.00			25.00			42.00		
Contenido de Humedad(%)	10.26			15.56			10.68			14.70			10.68			13.64		
Densidad Seca(g/cm3).	1.793			1.799			1.845			1.839			1.946			1.966		
MEDICION DE LA EXPANSION																		
	DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS %							
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4871			0.8748			0.3548								
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0041	0.0894	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156						
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243						
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178						
	5.00	12:58	4.00	0.5172	0.0136	0.2967	0.8988	0.0032	0.0698	0.3735	0.0023	0.0502						
ENSAYO DE PENETRACION																		
	PENETRA CION "PULGADA"		CARGA PATRON "MPa"	FACTOR DIAL	CARGA MPa	CBR 12	FACTOR DIAL	CARGA MPa	CBR 25	FACTOR DIAL	CARGA MPa	CBR 56						
ENSAYO DE PENETRACION	0			0	0.00		0	0.00		0	0.00							
	0.025			0	0.22		1	0.24		2	0.26							
	0.050			2	0.27		4	0.31		7	0.36							
	0.075			4	0.31		8	0.39		13	0.48							
	0.100		6.90	5	0.33	4.74	12	0.47	6.77	17	0.56	8.18						
	0.125			8	0.39		15	0.53		20	0.63							
	0.150			10	0.43		17	0.57		22	0.67							
	0.200		10.3	17	0.57	5.58	24	0.72	6.95	29	0.81	7.89						
	0.300			23	0.70		30	0.84		35	0.94							
	0.400			26	0.76		33	0.90		38	1.00							
0.500			28	0.80		35	0.94		40	1.04								

Tec.   
 Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB. SUELOS

   
 Franklin Marino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 22486

Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
 BER MAC

Investigación  
 Consultoria Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
 Página 69 de 90  
 Rev. E

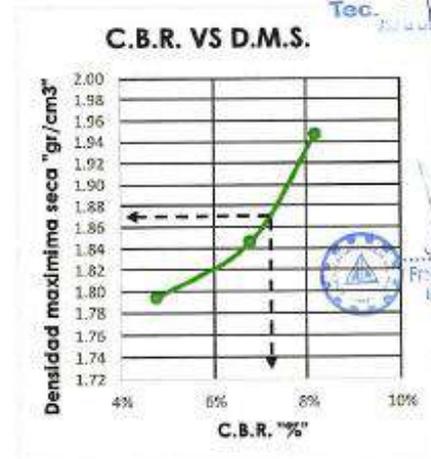
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL. CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestra: FR5

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SN + 15%(0.67 CAL + 0.33 LUTITA)  
 Cantera: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



Tec. *[Signature]* Rivas S.  
 INGENIERO CIVIL

*[Signature]*  
 Francisco Manzo Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 QP. 52406

GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C. B. R. 95% - 100%	
12	10.26	1.79	0.30	4.74	C. B. R. - 95%	7.60
25	10.68	1.84	0.07	6.77	C. B. R. - 100%	8.18
56	10.68	1.95	0.05	8.18		

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 70 de 90  
Rev. E

CALICATA 01 +  
15% (0.67 CAL +  
0.33 LUTITA)

  
Tec. Franklin Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
Franklin Morino Chavez  
Ingeniero Civil  
CIP. 82406

CIVIL

Nombre de Cliente Investigación  
 Nombre de Proyecto Consultoría Mejor  
 Número de Proyecto PR-GEN-EMS-045897  
 BER MAC

INFORME TECNICO  
 Página 71 de 90  
 Rev. E

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA Provincia: ABANCAY Cantera :  
 Distrito: TAMBURCO Region: APURIMAC Humedad Óptima(%): 10.12  
 Muestra: FRS Material: SN + 15% (0.47 CAL) Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.745  
 Cantera: 1 75% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.847  
 Calicata: 1  
 Solicitante: BERMAC Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE:			Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area						
			15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42						
Nº DE GOLPES POR CAPA			12			25			56								
CONDICIONES DE LA MUESTRA			SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA					
Peso del molde(Gr.)			8369			8247			8311								
Volumen de la Muestra(cc)			2124			2124			2124								
Muestra Humeda + Molde(Gr.)			12569			12584			12726			13056					
Muestra Humeda(Gr.)			4200			4415			4479			4745					
Densidad Humeda(g/cm3)			1.95			2.08			2.11			2.23					
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO					
Peso de la capsula(Gr.)			130.00			128.00			130.00			128.00					
Muestra Humeda + Capsula(Gr.)			517.00			284.00			358.00			487.00					
Muestra Seca+ Capsula(Gr.)			481.00			263.00			336.00			441.00					
Muestra Seca(Gr.)			351.00			135.00			206.00			313.00					
Contenido de Agua(Gr.)			36.00			21.00			22.00			46.00					
Contenido de Humedad(%)			10.26			15.56			10.68			14.70					
Densidad Seca(g/cm3)			1.793			1.799			1.845			1.839					
DIA		HORA		INTERVAL O (DIAS)		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS.		%		LECT. DEFOR.		EXPANSION PULGS.		%	
MEDICION		DE LA		EXPANSION		1.00		13:05		0.00		0.4571		0.0041		0.0894	
2.00		13:02		1.00		0.4912		0.0041		0.0894		0.8857		0.0109		0.2378	
3.00		13:10		2.00		0.4998		0.0086		0.1876		0.8902		0.0045		0.0982	
4.00		13:04		3.00		0.5036		0.0038		0.0829		0.8956		0.0054		0.1178	
5.00		12:58		4.00		0.5172		0.0136		0.2967		0.8988		0.0032		0.0698	
PENETRACION CON PULGADOR		CARGA PATRON MPa		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR		FACTOR CARGA		CBR			
0		0		0		0.00		0		0.00		0		0.00			
0.025		0		0		0.22		1		0.24		5		0.38			
0.050		3		0.29				6		0.34		13		0.48			
0.075		7		0.37				12		0.47		19		0.61			
0.100		6.90		11		0.45		6.53		16		0.55		7.97		23	
0.125				14		0.51				19		0.61				26	
0.150				16		0.55				21		0.65				28	
0.200		10.3		23		0.70		6.79		28		0.80		7.75		35	
0.300				29		0.82				34		0.92				41	
0.400				32		0.89				37		0.99				44	
0.500				34		0.93				39		1.03				46	

Tec.   
 KIM RIVAS S  
 INGENIERO DE LAS SUERLOS



  
 Frenilia Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 62406

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 72 de 90  
Rev. E

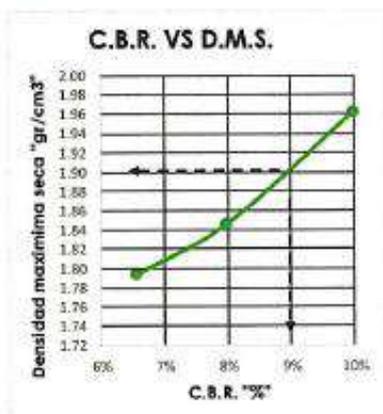
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
Distrito: TAMBURCO  
Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
Región: APURIMAC  
Material: SN + 15%(0.67 CAL + 0.33 LUTITA)  
Cantera: ...  
Calicata: 1  
Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	10.26	1.79	0.30	6.53	C.B.R. - 95%	9.00
25	10.68	1.84	0.07	7.97	C.B.R. - 100%	9.98
56	10.68	1.96	0.05	9.98		

Tec. *[Signature]*  
in Rivas S  
DE INGENIEROS DE SUELOS

*[Signature]*  
Franklin Marino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 62406

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

**INFORME TECNICO**  
Página 73 de 90  
Rev. E

CALICATA 01 +  
20% (0.25 CAL +  
0.75 LUTITA)

Tec.  Rivas S  
JEFE DE LAB. SURLOS



  
Franklin Meléndez Cheyre  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82466

CIVIL

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
Consultoria Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 74 de 90  
Rev. E

**ASTM 1833 - 73**

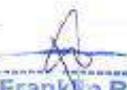
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Cantera: **\_**  
 Distrito: **TAMBURCO** Region: **APURIMAC** Humedad Optima(%): **10.40**  
 Muestreo: **FRS** Material: **SN + 20%(0.33 CAL -** Densidad Seca Maxima(g/cm3): **1.900**  
 Cantera: **\_** 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.805**  
 Calicata: **1**

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE:										Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area			
										15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42			
N° DE GOLPES POR CAPA										12			25			56					
CONDICIONES DE LA MUESTRA										SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA		
Pesa del molde( gr.)										8369			8247			8311					
Volumen de la Muestra(cc.)										2124			2124			2124					
Muestra Humeda + Molde( gr.)										12300			12366			12480			12848		
Muestra Humeda( gr.)										3931			4111			4233			4419		
Densidad Humeda( gr/cm3)										1.85			1.94			1.99			2.08		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA										MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO		
Pesa de la capsula( gr.)										0.00			0.00			0.00			0.00		
Muestra Humeda + Capsula( gr.)										500.00			500.00			502.00			501.00		
Muestra Seca+ Capsula( gr.)										456.00			430.00			456.00			438.00		
Muestra Seca( gr.)										456.00			430.00			456.00			438.00		
Contenido de Agua( gr)										44.00			70.00			46.00			63.00		
Contenido de Humedad(%)										9.65			16.28			10.09			14.38		
Densidad Seca( gr/cm3)										1.688			1.665			1.762			1.742		
										1.693			1.680			1.680					
		DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS.	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS.	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS.	%								
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4871				0.8748			0.3548										
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0041	0.0694		0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156								
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876		0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243								
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0629		0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178								
	5.00	12:58	4.00	0.5172	0.0136	0.2967		0.8988	0.0032	0.0698	0.3735	0.0023	0.0502								
		PENETRACION PULGADA	CARGA PATRON "MPa"	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 12	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 25	FACTOR CARGA DIAL	CARGA MPa	CBR 56									
ENSAYO DE PENETRACION			0		0	0.00		0	0.00		0	0.00									
			0.025		0	0.22		1	0.24		6	0.35									
			0.050		3	0.28		5	0.32		9	0.41									
			0.075		5	0.33		9	0.41		11	0.45									
			0.100	6.90	8	0.39	5.64	12	0.47	6.83	13	0.49	7.13								
			0.125		10	0.43		16	0.55		16	0.55									
			0.150		13	0.49		19	0.62		19	0.62									
			0.200	10.3	15	0.53	5.18	24	0.72	6.99	22	0.68	6.58								
			0.300		17	0.57		30	0.84		25	0.74									
			0.400		22	0.68		33	0.91		28	0.80									
		0.500		24	0.72		38	1.01		31	0.86										

  
**Tec. Franklin Rivas S**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

  
  
**Franklin Merino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 82420

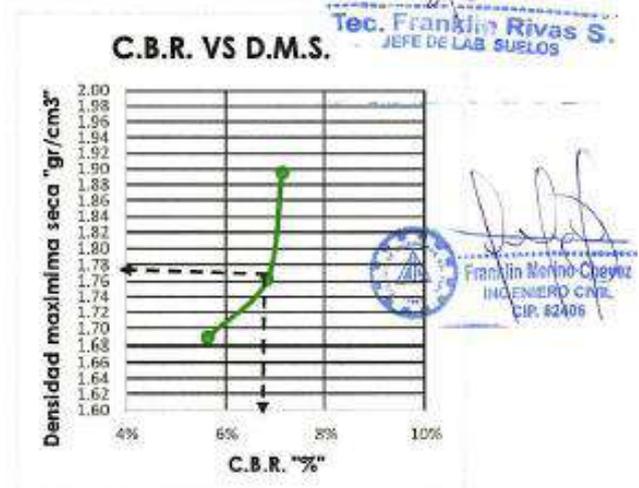
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA**  
Distrito: **TAMBURCO**  
Muestreo: **FRS**

Provincia: **ABANCAY**  
Region: **APURIMAC**  
Material: **SN + 20%(0.33 CAL + 0.67 LUTITA)**  
Cantera: **\_**  
Calicata: **1**  
Fecha: **ABRIL 2022.**

Solicitante: **BERMAC**



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	9.65	1.69	0.30	5.64	C.B.R. - 95%	<b>6.50</b>
25	10.09	1.76	0.07	6.83	C.B.R. - 100%	<b>7.13</b>
56	9.89	1.89	0.05	7.13		

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 76 de 90  
Rev. E

CALICATA 01 +  
20% (0.75 CAL +  
0.25 LUTITA)

  
Tec. Cecilia Rivas S  
JEFE DE LAB SUELOS

  
  
Franklin Menéndez Chávez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 02400

CIVIL



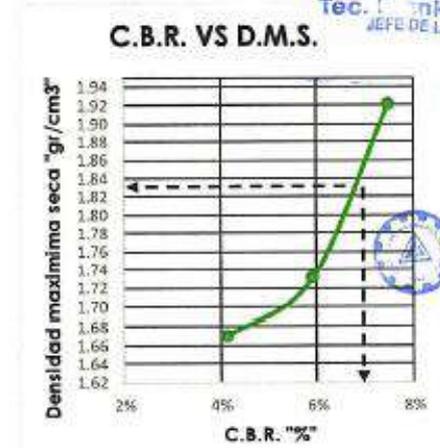
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Región: APURIMAC  
 Material: SN + 20%(0.75 CAL + 0.25 LUTITA)  
 Canteras: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: **BERMAC**



Tec. **Franklin Rivas S.**  
 JEFE DE LAB. SUELOS

**Francisco Javier Quiroz**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 82486

GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	12.50	1.67	0.34	4.15	C.B.R. - 95%	7.20
25	12.30	1.73	0.14	5.91	C.B.R. - 100%	7.46
56	12.60	1.92	0.09	7.46		

CALICATA 01 +  
20% (0.33 CAL +  
0.67 LUTITA)

Tec  
Rivas S.  
LAB SUELOS

Franklin Merino Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP 32406

Nombre de Cliente  
Nombre de Proyecto  
Número de Proyecto  
BER MAC

Investigación  
Consultoría Mejor  
PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
Página 80 de 90  
Rev. E

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
ASTM 1833 - 73**

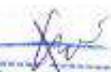
Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA    Provincia: ABANCAY    Cantera: \_  
Distrito: TAMBURCO    Region: APURIMAC    Humedad Óptima(%): 11.00  
Muestra: FR5    Material: SN + 20%(0.33 CAL    Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.920  
Cantera: \_    95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): 1.824  
Calicata: 1

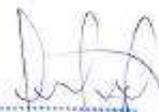
Solicitante: BERMAC

Fecha: ABRIL 2022.

DIMENSIONES DE MOLDE:										
	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	
	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	15.24	11.64	182.42	
N° DE GOLPES POR CAPA		12			25			56		
CONDICIONES DE LA MUESTRA										
	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	SIN MOJAR		SATURADA	
Peso del molde(gr).	8369			8247			8311			
Volumen de la Muestra(cc).	2124			2124			2124			
Muestra Humeda + Molde(gr).	12569			12584			12921			
Muestra Humeda(gr).	4200			4415			4479			
Densidad Humeda(g/cm3).	1.98			2.08			2.11			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA										
	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	MEDIO		MEDIO	
Peso de la capsula(gr).	0.00			0.00			0.00			
Muestra Humeda + Capsula(gr).	500.00			500.00			501.00			
Muestra Seca+ Capsula(gr).	450.00			430.00			451.00			
Muestra Seca(gr).	450.00			430.00			450.00			
Contenido de Agua(gr)	50.00			70.00			51.00			
Contenido de Humedad(%).	11.11			16.28			11.31			
Densidad Seca(g/cm3).	1.780			1.788			1.834			
	1.844		1.953	1.984						
MEDICION DE LA EXPANSION										
	DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	LECT. DEFOR.	EXPANSION PULGS	%	
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4871			0.8748			
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0041	0.0894	0.8857	0.0109	0.2378	
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0829	0.8956	0.0054	0.1178	
	5.00	12:58	4.00	0.5172	0.0136	0.2967	0.8988	0.0032	0.0698	
				0.3548			0.3601	0.0053	0.1156	
				0.3658	0.0057	0.1243	0.3712	0.0054	0.1178	
				0.3735	0.0023	0.0502				
ENSAYO DE PENETRACION										
	PENETRA CION "PULGADA"	CARG. PATRON "MPa"	FACTOR	CARGA DIAL	MPa	CBR 12	FACTOR	CARGA DIAL	MPa	
						25				
	0	0.00		0	0.00		0	0.00		
	0.025			0	0.22		1	0.24		
	0.050			3	0.28		5	0.33		
	0.075			5	0.33		12	0.47		
	0.100	6.90		8	0.39	5.64	15	0.53	7.73	
	0.125			11	0.45		19	0.61		
	0.150			13	0.49		21	0.65		
	0.200	10.3		15	0.53	5.18	25	0.74	7.19	
	0.300			18	0.60		31	0.86		
	0.400			22	0.68		35	0.95		
	0.500			24	0.72		40	1.05		
							25	0.78	7.59	
							31	0.86		
							33	0.91		
							34	0.93		

  
Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
Franklin Rivas S.  
ING. CIVIL  
DIR. 30398

CIVIL

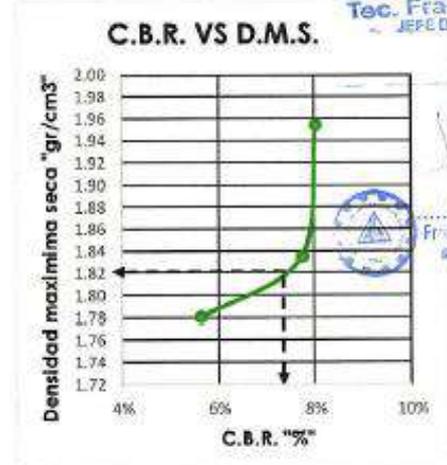
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO – KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SN + 20%(0.33 CAL + 0.67 LUTITA)  
 Cantera: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: **BERMAC**



Tec. Franklin Rivas S  
 JEFE DE LAB. SUELOS

Franklin Antonio Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82496

GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C.B.R. 95% - 100%	
12	11.11	1.78	0.30	5.64	C.B.R. - 95%	7.50
25	11.31	1.83	0.07	7.73	C.B.R. - 100%	8.03
56	11.11	1.95	0.05	8.03		

CALICATA 01 +  
20% (0.67 CAL +  
0.33 LUTITA)

  
Tec. Erick Rivas S  
JEFE DE LAB. SUELOS



  
Franklin Moreno Chavez  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82408

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: **TAMBURCO - KARKATERA** Provincia: **ABANCAY** Cantón: **...**  
 Distrito: **TAMBURCO** Región: **APURIMAC** Humedad Óptima(%): **12.56**  
 Muestra: **FR5** Material: **SN + 20%(0.47 CAL)** Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.935**  
 Cantón: **...** 95% Densidad Seca Máxima(g/cm3): **1.838**  
 Calicata: **1**

Solicitante: **BERMAC**

Fecha: **ABRIL 2022.**

DIMENSIONES DE MOLDE																	
	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area	Diametro	Altura	Area								
	15.24	11.44	182.42	15.24	11.44	182.42	15.24	11.44	182.42								
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56										
CONDICIONES DE LA MUESTRA																	
	SIN MOJAR			SATURADA			SIN MOJAR			SATURADA							
Peso del molde(gr).	8369			8247			8310										
Volumen de la Muestra(cc).	2124			2124			2124										
Muestra Humeda + Molde(gr).	12569			12784			12604			12666							
Muestra Humeda(gr).	4200			4415			4357			4419							
Densidad Humeda(g/cm3).	1.98			2.08			2.05			2.08							
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA																	
	MEDIO			MEDIO			MEDIO			MEDIO							
Peso de la capsula(gr).	130.00			128.00			130.00			128.00							
Muestra Humeda + Capsula(gr).	517.00			284.00			358.00			487.00							
Muestra Seca+ Capsula(gr).	477.00			263.00			332.00			441.00							
Muestra Seca(gr).	347.00			135.00			202.00			313.00							
Contenido de Agua(gr)	40.00			21.00			26.00			46.00							
Contenido de Humedad(%)	11.53			15.56			12.87			14.70							
Densidad Seca(g/cm3).	1.773			1.799			1.817			1.814							
EXPANSIÓN																	
	DIA	HORA	INTERVAL O (DIAS)	LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN FULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN FULGS %		LECT. DEFOR.	EXPANSIÓN FULGS %						
MEDICION DE LA EXPANSION	1.00	13:05	0.00	0.4871			0.8748			0.3548							
	2.00	13:02	1.00	0.4912	0.0041	0.0894	0.8857	0.0109	0.2378	0.3601	0.0053	0.1156					
	3.00	13:10	2.00	0.4998	0.0086	0.1876	0.8902	0.0045	0.0982	0.3658	0.0057	0.1243					
	4.00	13:04	3.00	0.5036	0.0038	0.0629	0.8956	0.0054	0.1178	0.3712	0.0054	0.1178					
	5.00	12:58	4.00	0.5172	0.0136	0.2967	0.8988	0.0032	0.0698	0.3735	0.0023	0.0502					
ENSAYO DE PENETRACION																	
	PENETRACION "PULGADA"	CARGA PATRON "MPa"	FACTOR CARGA	CBR	DIAL	MPa	12	FACTOR CARGA	CBR	DIAL	MPa	25	FACTOR CARGA	CBR	DIAL	MPa	56
	0		0	0.00				0	0.00				0	0.00			
	0.025		0	0.22				1	0.24				2	0.27			
	0.050		3	0.29				4	0.31				7	0.37			
	0.075		7	0.37				10	0.43				13	0.50			
	0.100	6.90	9	0.41	5.94			14	0.51	7.46			17	0.58	8.39		
	0.125		12	0.47				17	0.58				20	0.64			
	0.150		14	0.51				19	0.62				22	0.68			
	0.200	10.3	21	0.66	6.38			26	0.76	7.41			29	0.83	8.03		
	0.300		27	0.78				32	0.89				35	0.95			
	0.400		30	0.84				35	0.95				38	1.01			
	0.500		32	0.89				37	0.99				40	1.06			

**Tec Edwin Rivas S**  
 JEFE DE LAB SUELOS

**Franklin Merino Chavez**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 62496

Nombre de Cliente  
 Nombre de Proyecto  
 Número de Proyecto  
**BER MAC**

Investigación  
 Consultoria Mejor  
 PR-GEN-EMS-045897

INFORME TECNICO  
 Página 84 de 90  
 Rev. E

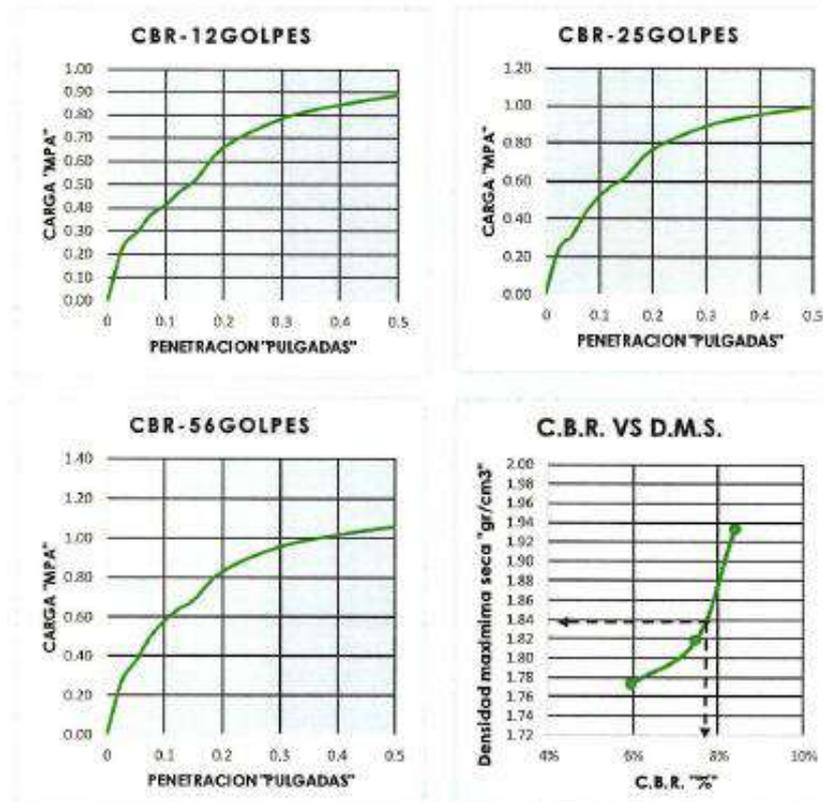
**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).  
 ASTM 1833 - 73**

Proyecto : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA  
 TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."

Lugar: TAMBURCO - KARKATERA  
 Distrito: TAMBURCO  
 Muestreo: FRS

Provincia: ABANCAY  
 Region: APURIMAC  
 Material: SN + 20%(0.47 CAL + 0.33 LUTITA)  
 Cartera: \_  
 Calicata: 1  
 Fecha: ABRIL 2022.

Solicitante: BERMAC



GOLPES	W%	MDS	EXPANS. %	C.B.R. %	C. B. R. 95% - 100%	
12	11.53	1.77	0.30	5.94	C.B.R. - 95%	7.70
25	12.87	1.82	0.07	7.46	C.B.R. - 100%	8.39
56	12.61	1.93	0.05	8.39		

Tec. *[Signature]*  
 Jefe de Lab. SUELOS

*[Signature]*  
 Franklio Merino Chavez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82406

CIVIL

**BER MAC**

mejorías en sus propiedades mecánicas es la proporción de 0.67 de CAL mas 0.33 de LUTITAS es así que se proseguirá con las adiciones siguientes como son al 10%, 15% y 20 % sucesivamente.

Tabla 20 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.25CAL+075LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	OBSERVACIÓN
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.92	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.01	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	5.8	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 21 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.75CAL+025LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	OBSERVACIÓN
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.93	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	9.0	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	5.9	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 22 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.33CAL+067LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	OBSERVACIÓN
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.938	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.50	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	5.8	-

Fuente: elaboración propia



Franklin Berlingo Chevez  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 82466

Tec. In Rivas S  
 JERÓNIMO LAGOS

Tabla 23 Resultados de los ensayos con adición de SN+5%(0.67CAL+0.33LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.94	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.8	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	0	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 24 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.25CAL+0.75LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.93	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.3	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 25 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.75CAL+0.25LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.94	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	9.5	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7.5	-

Fuente: elaboración propia



Francisco Merino Chávez  
 Ingeniero Civil  
 CIP. 82488

Tec. Edin Rivas S  
 JEFE DE LAS SUZLOS

Tabla 26 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.33CAL+0.67LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.95	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.6	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	8.3	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 27 Resultados de los ensayos con adición de SN+10%(0.67CAL+0.33LUTITAS)

Características	calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	9.01	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	8.5	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 28 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.25CAL+0.75LUTITAS)

Características	calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.928	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	8.6	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7.0	-

Fuente: elaboración propia



Franklin Medina Chavez  
INGENIERO CIVIL  
C.P.R. 82486

Tec. Franklin Rivas S.  
JEFE DE LAS SUELOS

Tabla 29 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.75CAL+0.25LUTITAS)

Características	calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.935	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	11	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7.5	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 30 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.33CAL+0.67LUTITAS)

Características	calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.945	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	10.6	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7.7	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 31 Resultados de los ensayos con adición de SN+15%(0.67CAL+0.33LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.96	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	10.6	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	9	-

Fuente: elaboración propia



Tabla 32 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.25CAL+0.75LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.91	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	10.4	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	6.5	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 33 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.75CAL+0.25LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.92	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	12.8	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7.2	-

Fuente: elaboración propia

Tabla 34 Resultados de los ensayos con adición de SN+20%(0.33CAL+0.67LUTITAS)

Características	Calicata	
	C-01	Observación
Clasificación SUCS	CL	-
Clasificación AASHTO	A-4	-
Límite líquido (%)	27.44	-
Límite plástico (%)	20.32	-
Índice de plasticidad	7.123	-
Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.925	-
Contenido Óptimo de Agua (COA) (%)	11	-
California Bearing Ratio (CBR) – al 95%	7.5	-

Fuente: elaboración propia



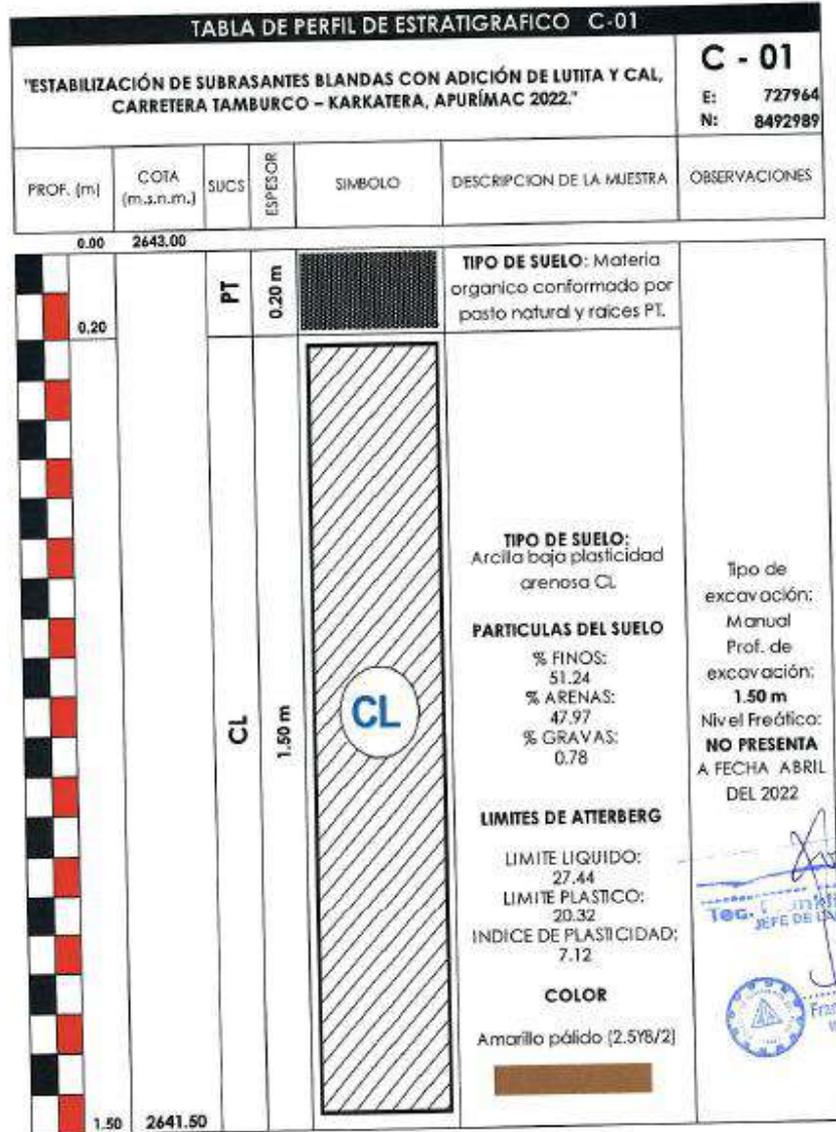
Francisco Medina Chaves  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 92406

Tec. **En Rivas 9**  
LAB. SUELOS

**3.4 PERFIL ESTRATIGRAFICO**

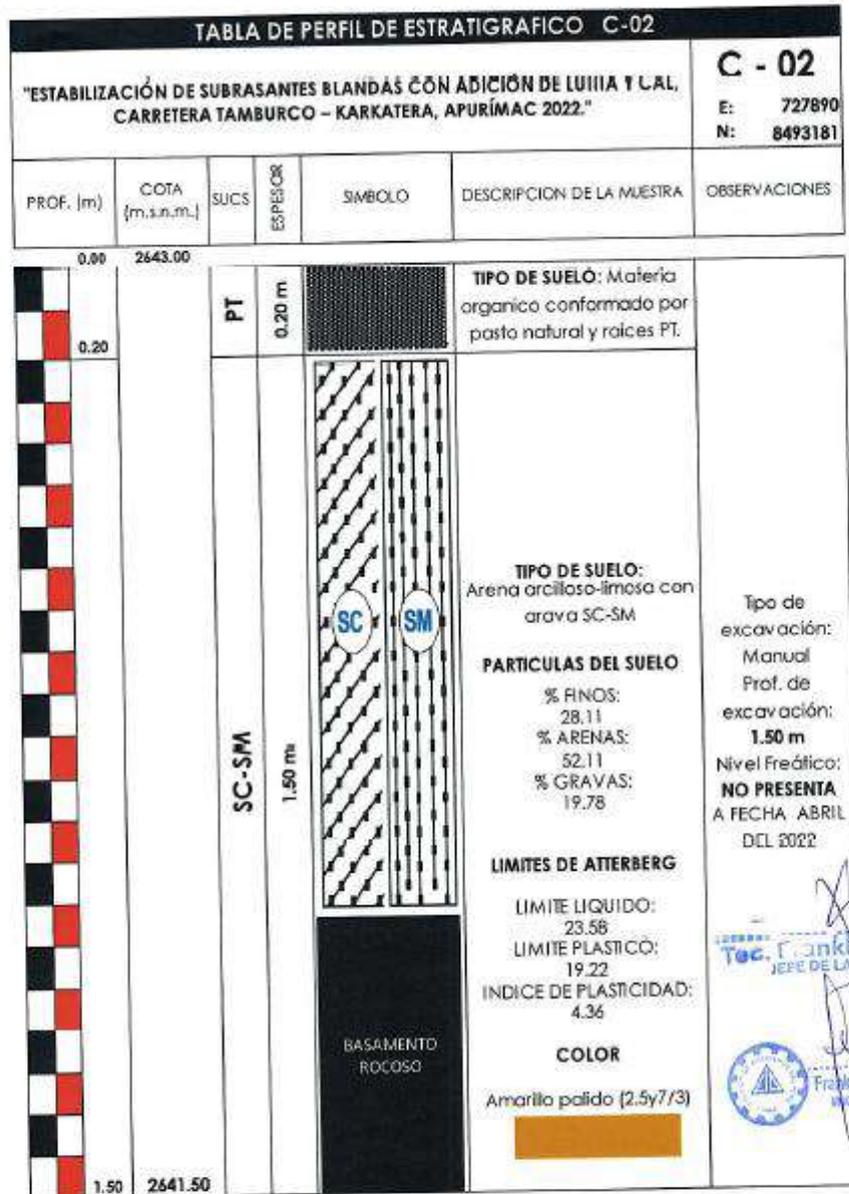
Según los resultados obtenidos de los estratos de las calicatas el perfil del suelo registrado en las calicatas hasta la profundidad de investigación está conformado de la siguiente forma:

Tabla 6 Perfil Estratigráfico C-01



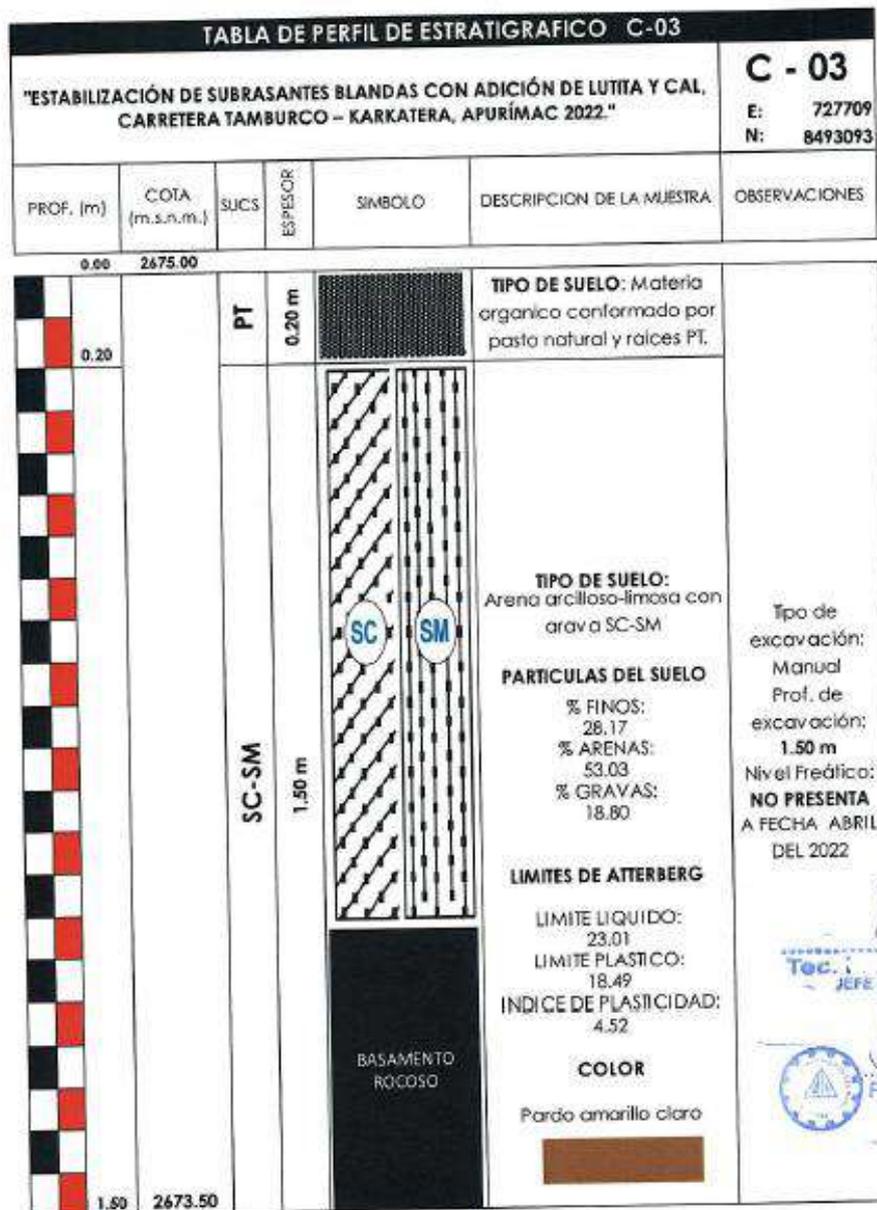
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7 Perfil Estratigráfico C-02



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Perfil Estratigráfico C-03



Fuente: Elaboración propia

*[Handwritten signature]*  
**Tec. Franklin Rivas S**  
JEFE DE LAB. SUELOS

*[Handwritten signature]*  
**Franklin Melino Chever**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 82406

Tabla 8 Perfil Estratigráfico C-03

TABLA DE PERFIL DE ESTRATIGRAFICO C-04						C - 04
"ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTES BLANDAS CON ADICIÓN DE LUTITA Y CAL, CARRETERA TAMBURCO - KARKATERA, APURÍMAC 2022."						
PROF. (m)	COTA (m.s.n.m.)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
0.00	2681.00					
0.20		PT	0.20 m		TIPO DE SUELO: Materia orgánica conformada por pasto natural y raíces PT.	
1.50	2679.50	SC	1.50 m		TIPO DE SUELO: Arena arcillosa con grava SC  PARTICULAS DEL SUELO % FINOS: 49.81 % ARENAS: 38.48 % GRAVAS: 11.71  LIMITES DE ATTERBERG LIMITE LIQUIDO: 27.47 LIMITE PLASTICO: 20.20 INDICE DE PLASTICIDAD: 7.27  COLOR Pardo oscuro amarillo [10yR4/6]	Tipo de excavación: Manual Prof. de excavación: 1.50 m Nivel Freático: NO PRESENTA A FECHA ABRIL DEL 2022

Tec. *Andrés Rivas S*  
 JEFE DE LAS SUEROS  


Fuente: Elaboración propia

## Anexo 4: Memoria de cálculos

Puntos del levantamiento topográfico

<i>PUNTO</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>DESCRIPCION</i>
1	727477.5666	8493038.464	2663.606	
2	727469.8715	8493034.242	2663.606	
3	727470.6116	8493033.47	2663.6195	PR
4	727492.4008	8493045.439	2662.3321	PR
5	727478.6824	8493036.633	2662.4952	PR
6	727478.6824	8493036.633	2662.4953	PT
7	727546.962	8493059.57	2658.9652	PT
8	727525.2445	8493052.12	2660.7803	PT
9	727462.7417	8493033.796	2663.1496	RELL
10	727462.6191	8493037.984	2662.8337	RELL
11	727458.5424	8493037.978	2663.0057	RELL
12	727458.5414	8493037.979	2663.0057	RELL
13	727452.9603	8493032.233	2663.6526	BOR
14	727452.8587	8493036.929	2663.3857	BOR
15	727460.392	8493037.82	2662.9505	BOR
16	727464.3593	8493038.514	2662.647	BOR
17	727462.7407	8493033.739	2663.1621	BOR
18	727438.1975	8493034.367	2664.2264	BOR
19	727441.8448	8493035.267	2663.9823	BOR
20	727447.0078	8493036.451	2663.7884	BOR
21	727453.3184	8493036.901	2663.3561	BOR
22	727444.9404	8493030.995	2664.097	BOR
23	727451.5225	8493032.17	2663.7293	BOR
24	727464.3901	8493032.553	2663.289	CASA
25	727471.0039	8493033.828	2662.7665	CASA
26	727459.436	8493031.631	2663.3499	CASA
27	727431.5675	8493030.758	2664.6263	CASA
28	727431.5766	8493030.759	2664.626	PISTA
29	727426.9363	8493028.066	2664.8639	PISTA
30	727422.2742	8493041.904	2676.8295	RELL
31	727409.095	8493018.257	2667.9352	BM
32	727411.6591	8493022.45	2665.813	BM
33	727409.0903	8493018.25	2666.3351	BM
34	727417.537	8493023.5	2663.9597	CARR
35	727419.9211	8493024.005	2663.7966	CARR
36	727434.4157	8493025.554	2663.2055	CARR
37	727432.4977	8493024.781	2663.3312	CARR
38	727430.989	8493023.801	2663.4907	CARR
39	727425.6815	8493021.698	2663.9071	CARR
40	727422.4563	8493020.682	2664.0105	CARR
41	727417.0697	8493019.551	2664.3111	CARR
42	727413.6402	8493018.948	2664.5559	CARR

43	727409.1688	8493018.279	2664.9305	CARR
44	727408.5456	8493017.915	2664.9609	PT
45	727398.3381	8493018.736	2665.4804	CARR
46	727399.4169	8493023.025	2665.3704	CARR
47	727395.8819	8493023.383	2665.6121	CARR
48	727392.8203	8493019.654	2665.9989	CARR
49	727391.7992	8493024.017	2665.8546	CARR
50	727388.4037	8493024.494	2666.1027	CARR
51	727384.7546	8493024.594	2666.3646	CARR
52	727382.2043	8493024.586	2666.5383	CARR
53	727378.2397	8493025.328	2666.7124	CARR
54	727385.4929	8493019.795	2666.6153	CARR
55	727381.537	8493019.762	2666.7397	CARR
56	727374.5431	8493020.267	2667.2949	CARR
57	727365.4487	8493021.219	2668.1502	CARR
58	727357.237	8493020.181	2668.624	CARR
59	727384.1725	8493018.149	2666.8659	CASA
60	727378.6022	8493018.321	2667.1545	CASA
61	727343.0815	8493023.886	2669.4321	RELL
62	727337.8333	8493022.263	2669.9928	RELL
63	727333.7157	8493022.11	2670.3171	RELL
64	727317.4584	8493022.333	2671.4358	RELL
65	727318.3689	8493021.489	2671.4044	RELL
66	727384.6317	8493003.284	2659.6756	RELL
67	727413.6918	8492963.403	2643.2327	RELL
68	727390.389	8493015.554	2663.8329	RELL
69	727391.6898	8493016.086	2663.3593	RELL
70	727394.1991	8493028.679	2669.5796	RELL
71	727387.7547	8493028.275	2669.32	RELL
72	727382.9437	8493027.44	2670.7829	RELL
73	727346.9054	8493036.237	2677.8329	RELL
74	727341.0358	8493041.118	2682.5657	RELL
75	727383.7991	8493004.528	2659.836	RELL
76	727397.1259	8493007.336	2661.0254	RELL
77	727277.0298	8493019.982	2675.8284	BM
78	727283.7375	8493021.448	2675.3381	BM
79	727283.7836	8493021.484	2675.3329	BM
80	727277.0364	8493020.016	2675.8163	BM
81	727293.1283	8493031.308	2680.1738	RELL
82	727293.1293	8493031.308	2681.7741	RELL
83	727336.0608	8493017.807	2671.8926	RELL
84	727329.0028	8493017.449	2672.316	RELL
85	727320.2152	8493017.017	2672.8776	RELL
86	727312.5425	8493016.675	2673.379	RELL
87	727304.2098	8493016.285	2674.0765	RELL
88	727294.8451	8493016.335	2674.6209	RELL

89	727320.3366	8493022.012	2671.2663	RELL
90	727320.3417	8493022.013	2672.8658	CARR
91	727299.3949	8493016.975	2674.2319	CARR
92	727302.4189	8493022.207	2673.9747	CARR
93	727310.8021	8493021.829	2673.452	CARR
94	727290.3656	8493021.077	2674.9469	CARR
95	727283.5695	8493020.807	2675.4055	CARR
96	727277.9928	8493019.884	2675.9147	CARR
97	727278.4206	8493020.659	2675.8697	CARR
98	727276.1334	8493019.961	2675.9516	CARR
99	727273.3113	8493018.981	2676.0629	CARR
100	727281.3606	8493015.844	2675.5194	CARR
101	727272.4008	8493013.217	2676.2269	CARR
102	727269.5649	8493011.957	2676.5447	CARR
103	727264.9791	8493009.597	2676.842	CARR
104	727269.9912	8493017.641	2676.2807	CARR
105	727267.6112	8493016.826	2676.4211	CARR
106	727264.2532	8493015.152	2676.6453	CARR
107	727263.6131	8493013.604	2676.7784	CARR
108	727260.0153	8493011.698	2676.8811	CARR
109	727288.9153	8493028.605	2681.3468	BM
110	727255.802	8493007.6	2677.0845	RELL
111	727254.3656	8493005.997	2677.1901	RELL
112	727252.9199	8493004.637	2677.2646	RELL
113	727251.5658	8493003.579	2677.3411	RELL
114	727249.5443	8493002.111	2677.4779	RELL
115	727246.9609	8493000.663	2677.5639	RELL
116	727236.3147	8492994.687	2678.2897	RELL
117	727223.0134	8492986.396	2679.3822	RELL
118	727214.9717	8492981.424	2680.1731	RELL
119	727203.6405	8492974.421	2681.1785	RELL
120	727198.3365	8492970.356	2681.7343	RELL
121	727197.8655	8492969.176	2681.8101	RELL
122	727195.1192	8492965.687	2682.1796	RELL
123	727265.3156	8493008.576	2677.0211	RELL
124	727258.5637	8493004.279	2677.194	RELL
125	727232.4027	8492987.734	2678.9344	RELL
126	727223.5022	8492982.424	2679.6181	RELL
127	727214.1249	8492976.379	2680.4095	RELL
128	727264.7837	8493008.088	2676.9664	RELL
129	727264.7837	8493008.088	2676.9664	BM
130	727286.6914	8493016.188	2675.2328	BM
131	727288.7548	8493029.758	2679.586	RELL
132	727260.2273	8493017.588	2678.6098	RELL
133	727185.3399	8492979.984	2694.8724	RELL
134	727185.0631	8492978.947	2694.9494	RELL

135	727184.2113	8492968.706	2692.1217	RELL
136	727333.3454	8493004.536	2666.3003	RELL
137	727307.3698	8492999.928	2667.0802	RELL
138	727475.2358	8493040.803	2663.519	CORDE
139	727476.4116	8493036.507	2663.781	CORDE
140	727478.2987	8493036.459	2663.606	PUT
141	727476.6221	8493040.908	2663.44	CANRDE
142	727489.1281	8493038.444	2662.986	CANRDE
143	727487.4551	8493043.505	2662.973	CANRDE
144	727494.1481	8493039.484	2662.73	CANRDE
145	727492.1004	8493045.008	2662.42	CANRDE
146	727505.865	8493048.109	2661.569	CALLE
147	727507.1265	8493044.536	2661.756	CALLE
148	727514.5296	8493050.994	2661.157	CALLE
149	727515.861	8493048.394	2661.271	CALLE
150	727524.3186	8493052.983	2660.84	CALLE
151	727534.8369	8493060.946	2660.234	CALLE
152	727489.9651	8493036.068	2660.762	RELLENO
153	727478.2409	8493031.827	2661.673	RELLENO
154	727463.2848	8493041.697	2668.804	RELLENO
155	727465.697	8493047.784	2672.08	RELLENO
156	727472.1492	8493043.106	2668.53	RELLENO
157	727473.7479	8493043.465	2669.134	RELLENO
158	727473.5219	8493048.511	2671.636	RELLENO
159	727481.467	8493044.187	2666.653	RELLENO
160	727480.3874	8493047.726	2670.024	RELLENO
161	727487.5787	8493048.867	2668.963	RELLENO
162	727487.5775	8493048.866	2668.962	RELLENO
163	727494.1698	8493038.543	2662.836	RELLENO
164	727534.7126	8493061.075	2660.231	PC1
165	727533.5425	8493056.731	2660.168	PR2
166	727474.8707	8493040.57	2663.55	RELLENO
167	727471.3737	8493039.691	2663.661	RELLENO
168	727471.1279	8493034.877	2664.128	RELLENO
169	727465.5258	8493038.47	2663.961	RELLENO
170	727463.254	8493038.292	2664.072	RELLENO
171	727513.8449	8493051.052	2661.072	RELLENO
172	727516.3849	8493052.407	2661.029	RELLENO
173	727491.5908	8493034.069	2661.465	RELLENO
174	727501.942	8493054.064	2668.029	RELLENO
175	727498.8745	8493051.83	2667.799	RELLENO
176	727542.3326	8493060.698	2659.696	CANRDE
177	727518.3622	8493054.526	2660.996	REp
178	727525.0772	8493052.042	2660.904	REp
179	727542.6463	8493055.01	2659.672	REp
180	727546.7124	8493058.856	2659.669	REp

181	727550.5825	8493050.259	2659.504	REp
182	727528.691	8493054.048	2660.549	BASE
183	727517.8126	8493053.862	2661.001	BASE
184	727525.3052	8493058.486	2660.708	BASE
185	727531.7019	8493055.043	2660.31	BASE
186	727536.6021	8493061.218	2660.059	BASE
187	727527.8562	8493062.663	2661.508	CASA
188	727516.0539	8493053.121	2661.032	BASE
189	727548.1939	8493057.583	2659.394	BASE
190	727559.5732	8493051.218	2658.587	BASE
191	727570.2863	8493044.046	2658.002	BASE
192	727884.7695	8493187.385	2655.381	RELLENO
193	727882.8359	8493180.694	2654.528	RELLENO
194	727887.413	8493183.865	2654.79	BASE
195	727887.1046	8493173.845	2653.812	BASE
196	727891.4321	8493174.143	2653.359	BASE
197	727891.2843	8493162.06	2652.308	BASE
198	727897.8439	8493162.716	2652.01	BASE
199	727894.5341	8493152.237	2651.385	BASE
200	727899.0316	8493151.311	2650.924	BASE
201	727896.3496	8493140.205	2650.344	BASE
202	727901.8846	8493138.314	2649.702	BASE
203	727898.8839	8493130.207	2649.369	BASE
204	727905.0144	8493127.393	2648.666	BASE
205	727902.2604	8493118.129	2648.411	BASE
206	727909.3999	8493116.296	2647.49	BASE
207	727911.0722	8493101.001	2646.42	BASE
208	727917.0676	8493100.683	2646.094	BASE
209	727916.8511	8493086.423	2645.173	BASE
210	727923.2525	8493087.437	2644.954	BASE
211	727922.0725	8493074.02	2644.125	BASE
212	727927.9847	8493074.336	2643.81	BASE
213	727891.4086	8493140.208	2647.57	RELLENO
214	727889.979	8493152.819	2649.14	RELLENO
215	727873.614	8493165.388	2648.17	RELLENO
216	727899.5097	8493111.745	2645.38	RELLENO
217	727905.5123	8493148.238	2654.965	RELLENO
218	727909.3861	8493134.503	2655.311	RELLENO
219	727903.9764	8493173.138	2657.867	RELLENO
220	727891.8774	8493190.082	2659.045	RELLENO
221	727912.9658	8493124.117	2654.696	RELLENO
222	727929.9921	8493092.467	2652.319	RELLENO
223	727910.5384	8493088.942	2642.748	RELLENO
224	727921.5193	8493056.618	2640.4	RELLENO
225	727938.0735	8492998.01	2639.052	TAJEA
226	727927.4382	8493046.836	2642.266	BASE

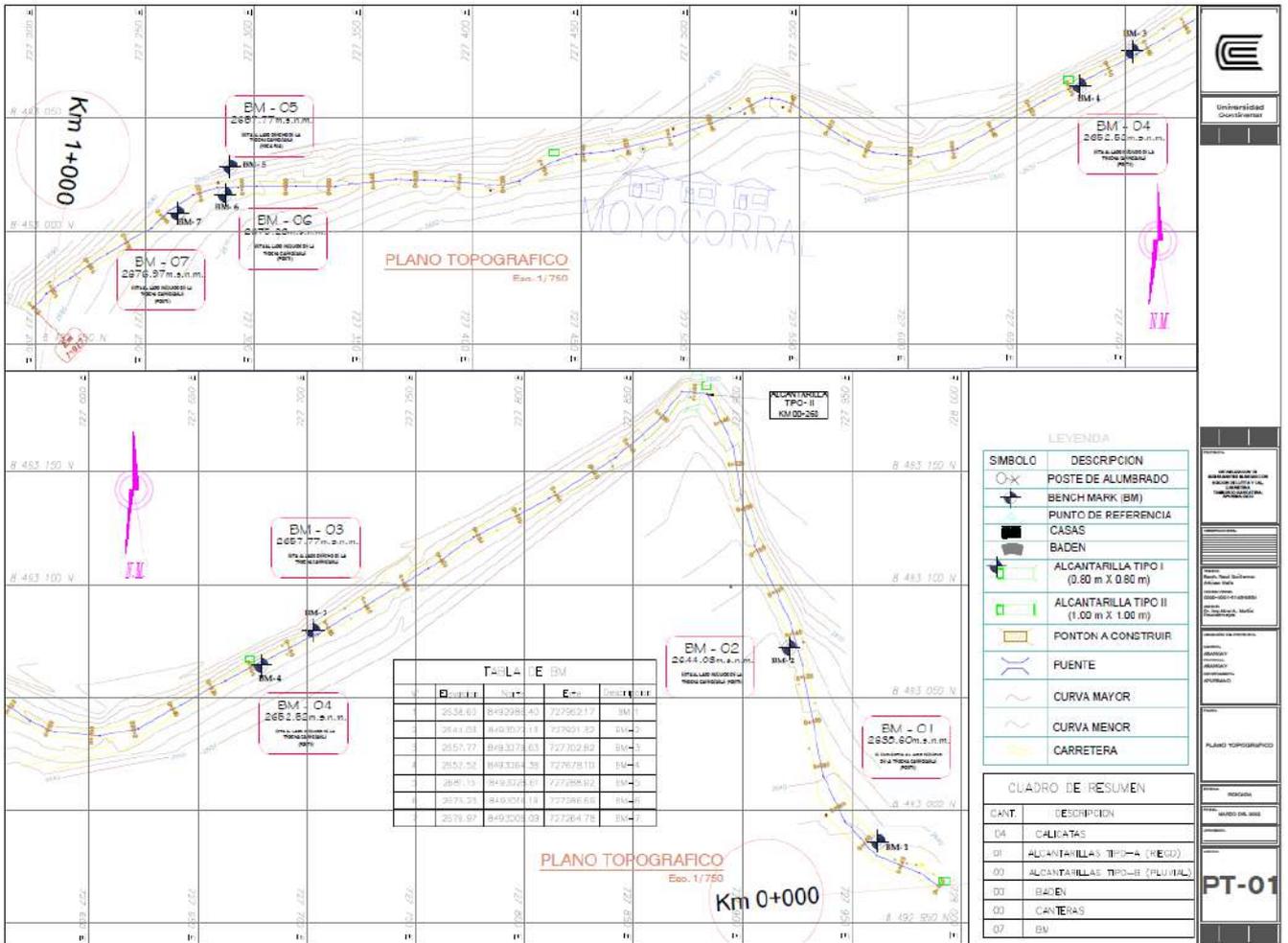
227	727930.9347	8493056.12	2642.545	BASE
228	727937.4969	8493027.907	2640.638	BASE
229	727933.9418	8493012.573	2640.022	BASE
230	727941.8169	8493011.789	2639.461	BASE
231	727935.3942	8493005.496	2639.629	BASE
232	727939.4966	8492998.193	2638.942	BASE
233	727940.827	8492995.438	2638.91	BASE
234	727946.2522	8492999.625	2638.36	BASE
235	727949.3261	8492994.614	2637.971	BASE
236	727953.1908	8492990.331	2637.679	BASE
237	727945.133	8492991.006	2638.55	BASE
238	727958.3217	8492979.491	2637.442	BASE
239	727967.6379	8492973.984	2636.829	BASE
240	727975.2361	8492971.722	2636.295	BASE
241	727978.7847	8492971.208	2636.1	BASE
242	727984.7772	8492967.647	2636.107	BASE
243	727987.4289	8492965.054	2636.187	BASE
244	727964.9843	8492980.352	2636.705	BASE
245	727956.5933	8492986.208	2637.363	BASE
246	727948.9764	8492996.048	2638.972	PUENTE
247	727948.521	8493004.829	2639.262	CASA
248	727951.4321	8493002.717	2639.192	CASA
249	727948.9347	8492999.831	2639.01	CASA
250	727952.7268	8492996.569	2638.837	CASA
251	727962.1719	8492986.396	2638.407	CASA
252	727944.7625	8493013.363	2639.796	CASA
253	727943.5658	8493016	2640.025	CASA
254	727941.2967	8493019.578	2640.312	CASA
255	727988.3677	8493053.912	2654.34	RELLENO
256	727935.5887	8492986.606	2636.926	RELLENO
257	727941.9895	8492992.316	2639.091	PUENTE
258	727579.5721	8493038.151	2657.661	BASE
259	727582.1059	8493033.144	2657.943	BASE
260	727580.4718	8493034.276	2657.688	BASE
261	727566.95	8493041.169	2658.227	BASE
262	727552.8465	8493050.532	2659.081	BASE
263	727563.3663	8493043.414	2658.474	BASE
264	727548.779	8493052.982	2659.337	BASE
265	727545.6378	8493054.28	2659.688	BASE
266	727529.7905	8493075.314	2668.822	RELLENO
267	727517.1138	8493061.18	2667.939	RELLENO
268	727521.199	8493065.047	2668.226	RELLENO
269	727584.4387	8493034.306	2657.477	Pc3
270	727581.3168	8493037.093	2657.584	Pc3
271	727619.2276	8493032.953	2656.479	T
272	727596.7567	8493031.301	2657.076	BASE

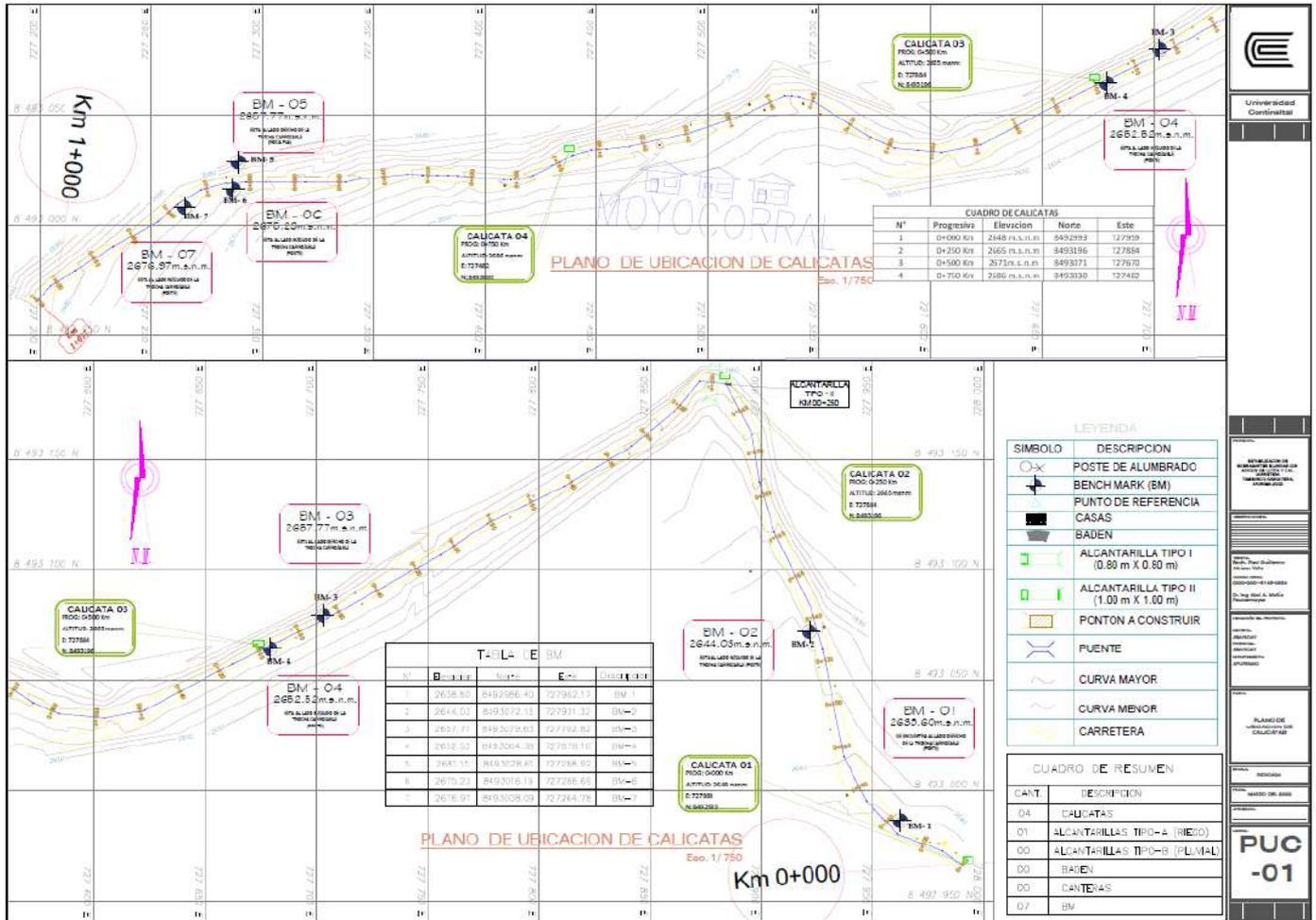
273	727610.4082	8493032.427	2656.657	BASE
274	727593.3735	8493035.858	2657.127	BASE
275	727601.7866	8493035.19	2656.772	BASE
276	727608.5699	8493036.521	2656.7	BASE
277	727612.1704	8493032.407	2656.559	BASE
278	727614.1698	8493037.632	2656.711	BASE
279	727619.463	8493039.217	2656.489	BASE
280	727623.6307	8493040.354	2656.665	BASE
281	727628.6619	8493043.026	2656.87	BASE
282	727629.459	8493036.678	2656.874	BASE
283	727623.8104	8493032.251	2656.696	BASE
284	727639.7486	8493042.994	2657.426	BASE
285	727648.4924	8493048.194	2657.651	BASE
286	727651.6393	8493054.321	2657.655	BASE
287	727644.5084	8493050.93	2657.528	BASE
288	727637.5314	8493047.792	2657.276	BASE
289	727630.2128	8493044.047	2656.963	BASE
290	727624.1955	8493041.022	2656.606	BASE
291	727617.0742	8493027.444	2656.248	BASE
292	727612.2874	8493025.779	2655.858	BASE
293	727608.5219	8493025.403	2655.466	BASE
294	727601.2739	8493023.435	2654.842	BASE
295	727594.3296	8493021.357	2654.146	BASE
296	727608.2264	8493029.076	2655.607	BASE
297	727583.3247	8493017.621	2652.519	BASE
298	727612.0673	8493031.966	2656.313	RELLENO
299	727611.1471	8493042.147	2659.938	RELLENO
300	727609.3863	8493043.704	2662.363	RELLENO
301	727604.564	8493043.638	2664.923	RELLENO
302	727599.4267	8493040.941	2661.31	RELLENO
303	727567.405	8493018.795	2651.247	RELLENO
304	727548.3348	8493005.818	2648.349	RELLENO
305	727625.8601	8493049.781	2661.781	RELLENO
306	727616.9359	8493048.871	2661.596	RELLENO
307	727613.5844	8493048.79	2662.542	RELLENO
308	727639.4009	8493053.461	2661.879	RELLENO
309	727654.6264	8493063.362	2664.685	RELLENO
310	727674.5395	8493071.51	2662.595	RELLENO
311	727653.606	8493062.403	2663.762	RELLENO
312	727654.4466	8493057.036	2659.124	RELLENO
313	727692.5128	8493080.875	2663.838	RELLENO
314	727702.8168	8493079.631	2657.766	Pcx3
315	727678.9959	8493064.384	2657.611	Pcx3
316	727744.7434	8493098.753	2657.686	CORDE
317	727675.0079	8493062.465	2657.548	BASE
318	727698.2111	8493076.926	2657.316	BASE

319	727706.5556	8493082.405	2657.456	BASE
320	727707.092	8493077.175	2657.638	BASE
321	727697.0258	8493076.592	2657.298	BASE
322	727736.2747	8493094.217	2657.627	BASE
323	727740.2586	8493095.543	2657.649	BASE
324	727729.1127	8493097.197	2657.495	BASE
325	727733.8687	8493100.774	2657.965	BASE
326	727736.4391	8493104.693	2658.38	BASE
327	727739.3454	8493107.732	2658.79	BASE
328	727742.5515	8493103.632	2658.565	BASE
329	727745.6517	8493112.016	2659.832	BASE
330	727745.5675	8493105.829	2659.335	BASE
331	727749.3929	8493108.813	2660.228	BASE
332	727751.757	8493110.757	2660.779	BASE
333	727754.1724	8493118.794	2661.642	BASE
334	727754.1724	8493118.794	2661.642	BASE
335	727748.2082	8493105.19	2657.564	BASE
336	727742.2116	8493102.666	2658.211	BASE
337	727749.1449	8493100.091	2657.666	BASE
338	727755.7755	8493103.902	2657.669	BASE
339	727765.4685	8493110.884	2657.714	BASE
340	727755.6316	8493109.555	2657.45	BASE
341	727760.5979	8493112.961	2657.449	BASE
342	727768.8913	8493118.904	2657.385	BASE
343	727774.1732	8493117.254	2657.294	BASE
344	727785.3495	8493127.476	2657.137	BASE
345	727777.3821	8493123.895	2657.25	BASE
346	727782.4583	8493121.935	2657.19	BASE
347	727817.4926	8493145.156	2656.138	BASE
348	727807.0504	8493138.37	2656.625	BASE
349	727728.3011	8493102.684	2661.921	RELLENO
350	727712.4764	8493095.834	2665.062	RELLENO
351	727693.5415	8493082.549	2665.501	RELLENO
352	727745.6762	8493092.143	2652.932	RELLENO
353	727845.6777	8493160.227	2655.957	Pc4
354	727844.7135	8493157.716	2655.95	Pc4
355	727927.2035	8493072.029	2644.041	Pc5
356	727921.3241	8493072.128	2644.03	Pc5
357	727861.8464	8493169.791	2656.262	
358	727847.741	8493157.327	2655.983	BASE
359	727833.6866	8493148.13	2656.111	BASE
360	727822.1221	8493142.33	2656.265	BASE
361	727811.177	8493135.654	2656.47	BASE
362	727799.9673	8493129.064	2656.796	BASE
363	727838.511	8493156.529	2655.99	BASE
364	727846.4861	8493163.324	2655.961	BASE

365	727851.5052	8493168.218	2655.983	BASE
366	727857.055	8493173.04	2656.191	BASE
367	727863.5925	8493179.556	2656.38	BASE
368	727867.4448	8493176.721	2656.34	BASE
369	727869.8742	8493186.439	2656.486	BASE
370	727874.7531	8493188.604	2656.317	BASE
371	727877.0822	8493188.757	2656.089	BASE
372	727870.7515	8493181.211	2656.283	BASE
373	727867.3418	8493176.633	2656.336	RELLENO
374	727872.8899	8493192.724	2662.975	RELLENO
375	727858.2663	8493177.983	2660.349	RELLENO
376	727848.496	8493173.742	2662.974	RELLENO
377	727838.733	8493166.317	2661.001	RELLENO
1111	727930.4721	8493027.203	2640.638	BASE
1112	727855.2587	8493163.608	2655.983	BASE
1113	727841.285	8493151.911	2655.99	BASE
1114	727830.6362	8493152.615	2656.111	BASE
1115	727797.722	8493133.949	2656.796	BASE
1116	727787.9486	8493123.339	2657.137	BASE
1117	727653.4845	8493050.785	2657.655	BASE
1118	727991.1856	8492968.387	2636.187	BASE
1119	727987.7754	8492971.723	2636.107	BASE
1120	727980.519	8492976.137	2636.1	BASE
1121	727976.0023	8492976.992	2636.295	BASE
1122	727969.9732	8492979.075	2636.829	BASE
1123	727933.7933	8493047.301	2642.266	BASE
1124	727925.2599	8493055.449	2642.545	BASE
1125	727699.6825	8493073.693	2657.316	BASE
1126	727672.8347	8493065.826	2657.548	BASE
1127	727720.2089	8493084.762	2657.638	BASE
1128	727716.93	8493089.321	2657.638	BASE
1130	727471.0714	8493028.968	2664.8	PC
1131	727470.0316	8493034.051	2663.3	PR
1132	727467.1001	8493032.83	2664.557	CORDE
1133	727466.2917	8493038.555	2663.904	CORDE
1134	727356.8374	8493023.857	2668.624	CARR
1135	727365.8483	8493025.134	2668.1502	CARR
1136	727199.3595	8492963.257	2682.1796	RELL
1137	727206.8348	8492970.833	2681.1785	RELL
1138	727238.699	8492991.254	2678.2897	RELL
1139	727252.252	8492998.977	2677.4779	RELL
1140	727248.899	8492997.073	2677.5639	RELL
1141	727256.1976	8493001.959	2677.2646	RELL
1142	727648.9764	8493025.829	2650.1	RELL
1143	727740.0865	8493070.955	2650	RELL

# Anexo 5: Planos





## Anexo 6: Registros fotográficos



Figura 01: CBR calicata 02



Figura 02: Proctor modificado calicata 02

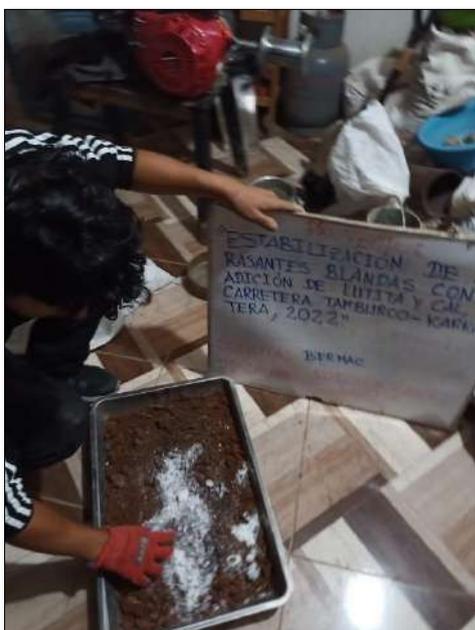


Figura 03: Proctor modificado con adiciones



Figura 04: Proctor modificado con adiciones



Figura 05: Proctor modificado con adiciones

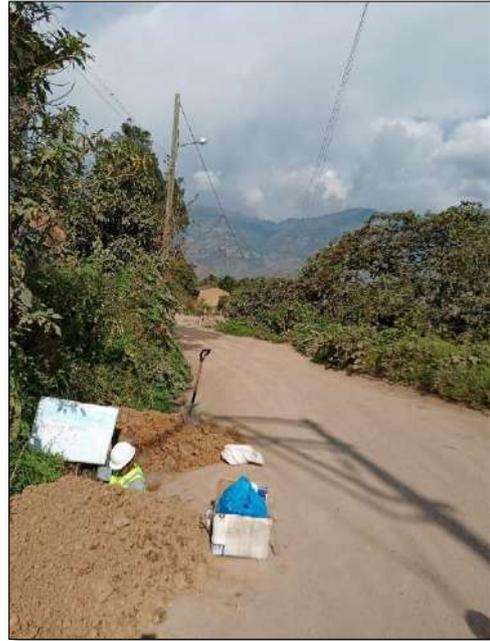


Figura 06: calicata 01



Figura 07: calicata 01



Figura 08: calicata 03



Figura 10: límite plástico calicata 02

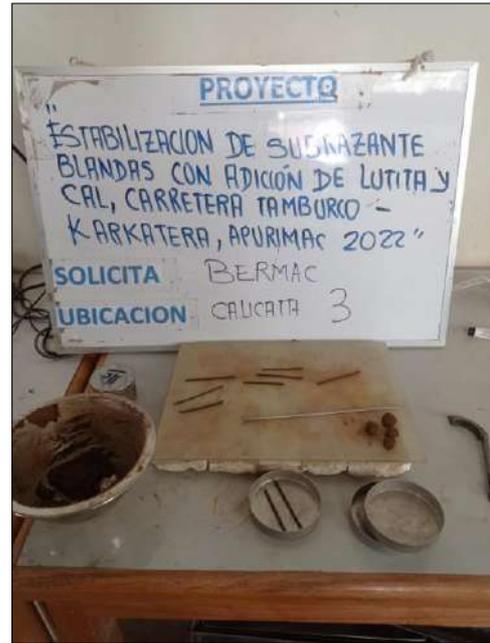


Figura 11: límite plástico calicata 3



Imagen 12: límite plástico calicata 04

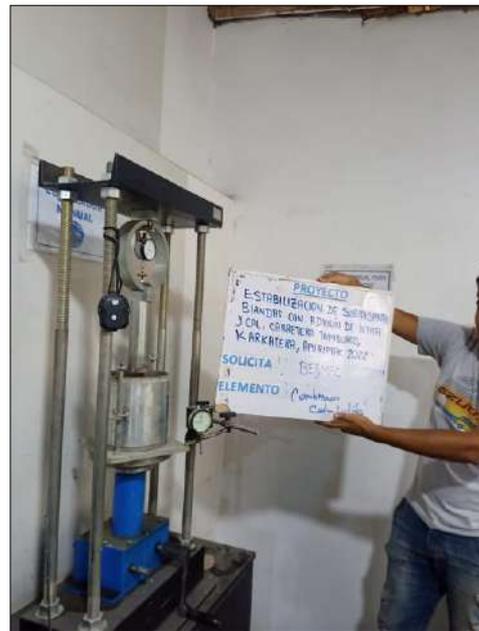


Figura 13: CBR con adiciones