

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y
CIVIL**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**Estabilización de suelos arcillosos con polímero y organosilano
incorporados con cemento, para mejorar la resistencia del
suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. Ronald CARITAS BARRIENTOS

ASESOR:

MSc. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis amados padres, Teodosia y Roberto:

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento por todo lo que han hecho por mí a lo largo de los años. Su amor incondicional, su sacrificio y su constante apoyo han sido el faro que ha iluminado mi camino en los momentos más complejos.

AGRADECIMIENTO

Al M.Sc. Ing. Hemerson Lizarbe Alarcón, de su invaluable orientación y apoyo continuo durante el desarrollo de esta investigación. Su asesoramiento experto fue fundamental para abordar la factibilidad del estudio y para la formulación integral de este proyecto de investigación.

A mis jurados el Ing. Hugo Ángel Vilchez Peña y al Ing. Alex Sander Ircañaupa Huamani por su dedicado respaldo y valiosas recomendaciones durante la revisión exhaustiva de este proyecto.

Al Ing. Willhner Aquisé Janampa por brindarme acceso a los laboratorios para llevar a cabo los ensayos de esta investigación.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis compañeros y amigos de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga por su colaboración en la realización de experimentos y su apoyo constante a lo largo de la elaboración de este estudio han sido invaluable para su éxito

RESUMEN

En diversas regiones del mundo, los suelos arcillosos representan un desafío importante para la construcción de infraestructura vial debido a sus propiedades indeseables, como baja capacidad de carga, hinchamiento y contracción. En el Perú, la variedad de climas y topografías contribuye a la formación de suelos inestables con baja capacidad de soporte, lo que los hace inadecuados para su uso directo tanto como en subrasante en pavimentos o en la capa de rodadura. Por ello, la estabilización de suelos arcillosos es un tema clave para mejorar la resistencia de estos materiales y garantizar la viabilidad de carreteras afirmadas en zonas rurales.

Esta investigación evalúa la estabilización de suelos arcillosos utilizando polímero (Megasoil) y organosilano (Terrasil), incorporados con cemento, para mejorar la resistencia del suelo y la rentabilidad en carreteras afirmadas de bajo volumen de tránsito, ubicadas en Ayacucho. El estudio se alinea con los requisitos establecidos en el “Documento Técnico de Soluciones Básicas” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Se utilizó suelo arcilloso en su estado natural con un CBR inicial del 9.3%, estabilizándose con polímero y organosilano en dosificaciones recomendadas por los fabricantes, combinados con un contenido de cemento en proporciones de 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%. Las muestras fueron sometidas a ensayos de granulometría, contenido de humedad, límites de Atterberg, compactación Proctor, capacidad de soporte (CBR) y expansión. Los resultados indicaron que ambos estabilizantes mezclados con cemento al 1%, cumplieron los parámetros normativos, alcanzando un CBR de 103% (Megasoil + cemento) y 113% (Terrasil + cemento). Además, la expansión de las muestras fue menor al 0.5%, en cumplimiento con los estándares requeridos para estabilizantes químicos.

El análisis de rentabilidad demostró que la estabilización con Polímero junto con el cemento representa una solución más económica a largo plazo, al reducir significativamente los costos de mantenimiento en comparación con el uso de suelo natural sin estabilizar.

Se concluye que la estabilización con Megasoil y Terrasil, en combinación con cemento, no solo mejora notablemente las propiedades físico-mecánicas del suelo arcilloso, sino que también constituye una alternativa económica y sostenible para el desarrollo de carreteras rurales no pavimentadas.

Palabras clave: Polímeros, organosilano, rentabilidad, cemento, estabilización, CBR, arcilla, cantera, carretera.

ABSTRAC

In various regions of the world, clay soils represent a major challenge for the construction of road infrastructure due to their undesirable properties, such as low bearing capacity, swelling and shrinkage. In Peru, the variety of climates and topographies contribute to the formation of unstable soils with low bearing capacity, which makes them unsuitable for direct use as subgrade in pavements or in the wearing course. Therefore, the stabilization of clayey soils is a key issue to improve the strength of these materials and ensure the viability of paved roads in rural areas. This research evaluates the stabilization of clayey soils using Megasoil polymer and organosilane (Terrasil), incorporated with cement, to improve soil strength and cost-effectiveness in low traffic volume paved roads located in Ayacucho. The study is aligned with the requirements established in the “Documento Técnico de Soluciones Básicas” of the Ministry of Transport and Communications.

Clayey soil with an initial CBR of 9.3% was used, stabilized with Megasoil polymer and organosilane in dosages recommended by the manufacturers, combined with cement in proportions of 0.25%, 0.5%, 0.75% and 1%. The samples were tested for particle size, moisture content, Atterberg limits, Proctor compaction, bearing capacity (CBR) and expansion. The results indicated that both stabilizers, combined with 1% cement, met the normative parameters, reaching a CBR of 103% (Megasoil + cement) and 113% (Terrasil + cement). In addition, the expansion of the samples was less than 0.5%, in compliance with the standards required for chemical stabilizers.

The profitability analysis demonstrated that stabilization with Megasoil and cement represents a more cost-effective long-term solution, significantly reducing maintenance costs compared to the use of natural, un-stabilized soil.

It is concluded that stabilization with Megasoil and Terrasil, combined with cement, not only significantly improves the geotechnical properties of clayey soil, but also constitutes an economical and sustainable alternative for the development of rural unpaved roads.

Keywords: Polymers, organosilane, profitability, cement, stabilization, CBR, clay, quarry, road.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRAC	v
ÍNDICE GENERAL	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xii
1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.1.2 Delimitación del problema	2
1.1.2.1 Espacial	2
1.1.2.2 Temporal	2
1.1.2.3 Temática y unidad de Análisis	2
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1 Problema principal	3
1.2.2 Problemas secundarios	3
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 Objetivo general	4
1.5.2 Objetivos específicos	4
1.6 HIPÓTESIS	4
1.6.1 Hipótesis global	4
1.6.2 Hipótesis específicas	4
2 CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.1.1 Investigaciones Internacionales	5
2.1.2 Investigaciones Nacionales	7

2.1.3	Investigaciones Locales	9
2.2	BASES TEORICAS	10
2.2.1	Suelos arcillosos	10
2.2.2	Caminos de bajo volumen de tránsito	16
2.2.2.1	Carreteras no pavimentadas	16
2.2.2.2	Problemática de los caminos no pavimentados	16
2.2.2.3	Caminos no pavimentados en el Perú	17
2.2.3	Estabilización de suelos	18
2.2.4	Estabilización de suelos con polímeros	20
2.2.4.1	Concepto de Polímero	20
2.2.4.2	Tipos de polímeros	22
2.2.4.3	Polímeros como estabilizador	23
2.2.4.4	Polímeros comerciales	23
2.2.5	Estabilización de suelos con Organosilano	25
2.2.5.1	Concepto de Organosilano	25
2.2.5.2	Tipos de Organosilano	27
2.2.5.3	Organosilanos como estabilizador de suelos	28
2.2.5.4	Organosilano comerciales	29
2.2.6	Caracterización de las muestras de suelo	30
2.2.6.1	Granulometría por tamizado	30
2.2.6.2	Límites de Atterberg	32
2.2.6.3	Proctor modificado	34
2.2.6.4	California Bearing Ratio (CBR)	36
2.3	MARCO CONCEPTUAL	37
3	CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1	DISEÑO METODOLÓGICO	42
3.1.1	Tipos de investigación	42
3.1.2	Nivel de investigación	42
3.1.3	Diseño de investigación	42
3.1.4	Población y muestra	42
3.1.5	Técnicas e instrumentos	43
3.1.5.1	Técnicas	43
3.1.5.2	Instrumentos	43

3.1.5.3	Trabajos de gabinete	44
3.1.6	Técnica de procesamiento y análisis de estudios	44
3.1.7	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	45
3.2	MATERIAL DE INVESTIGACION	46
3.2.1	Extracción de material de la Subrasante	46
3.2.2	Ensayos de laboratorio en muestras de suelo natural	47
3.2.2.1	Granulometría de suelos por tamizado MTC E 107	48
3.2.2.2	Límites de Consistencia MTC E 110, MTC E 111	50
3.2.2.3	Ensayo Proctor Modificado MTC E 115	51
3.2.2.4	Relación de Soporte de Californiana (CBR) MTC E 132	52
3.2.3	Ensayo de laboratorio (CBR) de las muestras con la aplicación de estabilizantes químicos	55
3.2.3.1	Ensayo de la muestra con el polímero (Homopolímero) incorporado con cemento	56
3.2.3.2	Ensayo de la muestra con el Organosilano incorporado con cemento	58
4	CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1	RESULTADOS	61
4.1.1	Resultados laboratorios	61
4.1.1.1	Análisis granulométrico	61
4.1.1.2	Límites de consistencia	64
4.1.1.3	Proctor modificado	65
4.1.1.4	Ensayo CBR	66
4.1.2	Diseño de espesor de afirmado	72
4.1.3	Análisis de Precios unitarios	74
4.2	CONTRASTACION DE HIPOTESIS	78
4.2.1	Contrastación de hipótesis general	78
4.2.2	Contrastación de las hipótesis específicas	82
4.3	ANALISIS E INTERPRETACION	88
5	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	93
6	CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	95
7	CAPITULO VII: TRABAJOS FUTUROS	97

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99
LISTA DE ABREVIATURAS	106
GLOSARIO	107
ANEXOS	109

LISTA DE TABLAS

1	<i>Red vial del SINAC, clasificada por tipo de superficie de rodadura</i>	18
2	<i>Estadística de la Infraestructura de transporte en Ayacucho</i>	18
3	<i>Especificaciones técnicas de estabilizadores</i>	20
4	<i>Características del polímero (Megasoil)</i>	25
5	<i>Características del Organosilano</i>	30
6	<i>Valores recomendados de CBR según AASTHO</i>	37
7	<i>Operacionalización de variables</i>	45
8	<i>Cantidad de muestras para ensayo de CBR</i>	47
9	<i>Granulometría de la calicata 1(C-1), Km 9+400</i>	61
10	<i>Granulometría de la calicata 2(C-2), Km 3+000</i>	62
11	<i>Resultados de los límites de consistencia</i>	64
12	<i>Clasificación de suelos SUCS y AASHTO</i>	64
13	<i>Resultados del ensayo CBR del suelo natural de la cantera</i>	67
14	<i>Resultados del ensayo CBR de las muestras M-2, M-3, M-4 y M-5</i>	69
15	<i>Resultados del ensayo CBR de las muestras M-6, M-7, M-8 y M-9</i>	71
16	<i>Análisis de costos unitarios de material granular de prestamos</i>	74
17	<i>Análisis de costos unitarios del material arcilloso estabilizado (Polímero + Cemento)</i>	75
18	<i>Análisis de costos unitarios del material arcilloso estabilizado (Organosilano + Cemento)</i>	75
19	<i>Presupuesto por Kilómetro según el tipo de estabilización aplicado al material granular de la cantera y del suelo sin estabilizar.</i>	76
20	<i>Análisis económico del costo de mantenimiento en caminos no pavimentado con una vida útil de 10 años</i>	77
21	<i>Análisis de resistencia de suelo mediante Cemento - Polímero</i>	78
22	<i>Prueba de normalidad a la resistencia de suelo mediante Cemento - Polímero</i>	78
23	<i>Comparación de media de la resistencia de suelo mediante cemento - Polímero</i>	79
24	<i>Análisis de resistencia de suelo mediante cemento - Organosilano</i>	79
25	<i>Prueba de normalidad a la resistencia de suelo mediante cemento - Organosilano</i>	79
26	<i>Comparación de media de la resistencia de suelo mediante cemento - Organosilano</i>	80

27	<i>Prueba de homogeneidad de varianza de la resistencia de suelo mediante Polímero y Organosilano</i>	80
28	<i>Comparación de medias de la resistencia de suelo mediante Polímero - Organosilano</i>	81
29	<i>Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con polímero - cemento</i>	82
30	<i>Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con polímero - cemento</i>	82
31	<i>Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con Organosilano - cemento</i>	84
32	<i>Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con Organosilano - cemento</i>	84
33	<i>Cuantificación de material requerido</i>	87
34	<i>Costo total por cada propuesta</i>	87
35	<i>Parametros de calidad del material de Calicata 2</i>	90

LISTA DE FIGURAS

1	<i>Afirmado de la vía</i>	2
2	<i>Agrupaciones moleculares de las arcillas</i>	11
3	<i>Laminas compuestas de distintos tipos de arcillas</i>	12
4	<i>Identificación de minerales comunes de arcilla</i>	13
5	<i>Algunos posibles mecanismos de absorción de agua por superficies arcillosas.</i>	14
6	<i>Problemas en caminos no pavimentados</i>	17
7	<i>Estructura química de un polímero</i>	21
8	<i>Suelo sin tratar y suelo tratado con organosilano</i>	26
9	<i>Diferentes tipos de curvas granulométricas</i>	31
10	<i>Límites de atterberg</i>	32
11	<i>Carta de Plasticidad</i>	34
12	<i>Granulometría de afirmado según IMD</i>	38
13	<i>Características del material afirmado</i>	39
14	<i>Diagrama de la metodología para la estabilización de suelo</i>	46
15	<i>Visita a la vía para la recolección de material</i>	47
16	<i>Preparación de la muestra natural para tamizado</i>	48
17	<i>Procedimiento para el análisis granulométrico</i>	50
18	<i>Ensayo de Límites de Atterberg</i>	51
19	<i>Ensayo Proctor Modificado, método A</i>	52
20	<i>Preparación de la muestra natural para el ensayo CBR</i>	53
21	<i>Compactación en moldes y sumergido</i>	54
22	<i>Prueba de penetración a 0.1" (CBR)</i>	55
23	<i>Uso de los estabilizantes en laboratorio</i>	56
24	<i>Preparación del suelo y dosificación del Polímero con cemento</i>	57
25	<i>Ensayo CBR del suelo estabilizado con el polímero 3 y cemento</i>	58
26	<i>Ensayo en la prensa CBR con Polímero incorporado el cemento</i>	58
27	<i>Preparación de la muestra con Organosilano y cemento</i>	59
28	<i>Ensayo CBR del suelo estabilizado con el Organosilano junto con cemento</i>	59
29	<i>Ensayo en la prensa CBR con Organosilano junto con cemento</i>	60
30	<i>Ensayos en Laboratorio AKHISE</i>	60
31	<i>Curva granulométrica de la calicata(C-1)</i>	62

32	<i>Curva granulométrica de la calicata 2 (C-2)</i>	63
33	<i>Diagrama de fluidez</i>	64
34	<i>Curva de compactacion del proctor modificado de la calicata C-1</i>	65
35	<i>Curva de compactacion del proctor modificado de la calicata C-2</i>	66
36	<i>Curva densidad vs CBR de la muestra M-2 con el polímero + 0.25% cemento</i>	67
37	<i>Curva densidad vs CBR de la muestra M-3 con el polímero + 0.5% cemento</i>	68
38	<i>Curva densidad vs CBR de la muestra M-4 con el polímero + 0.75% cemento</i>	68
39	<i>Curva densidad vs CBR de la muestra M-5 con el polímero + 1.00% cemento</i>	69
40	<i>Valores de CBR vs cantidades de cemento (polímero)</i>	69
41	<i>Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 0.25% cemento</i>	70
42	<i>Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 0.50% cemento</i>	70
43	<i>Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 0.75% cemento</i>	71
44	<i>Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 1.00% cemento</i>	71
45	<i>Valores de CBR vs cantidades de cemento (organosilano)</i>	72
46	<i>Diseño de espesor según Usace)</i>	73
47	<i>Boxplot de la resistencia de suelo mediante Polímero - Organosilano)</i> . . .	81
48	<i>Parámetros para suelos estabilizados con productos químicos</i>	82
49	<i>Comparación de gráficos CBR entre muestra natural y estabilizado con Megasoil + cemento 1%)</i>	83
50	<i>Parámetros para suelos estabilizados con productos químicos)</i>	83
51	<i>Comparacion de gráficos CBR entre muestra natural y estabilizado con Terrasil + cemento)</i>	84
52	<i>Curvas de % de cemento vs CBR</i>	85
53	<i>Curvas de % de cemento vs expansión</i>	86
54	<i>Clasificación de suelos gruesos SUCS</i>	89

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 Descripción de la realidad problemática

En la ingeniería de carreteras del Perú, el mejoramiento de suelos arcillosos para la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales es un desafío crítico. Los suelos arcillosos, debido a su alta plasticidad y contenido de finos, presentan limitaciones significativas en términos de estabilidad y capacidad de soporte, lo que puede resultar en deformaciones y pérdida de resistencia bajo cargas vehiculares. Para garantizar la durabilidad y seguridad de las carreteras, es fundamental cumplir con los estándares y reglamentos establecidos por los organismos gubernamentales pertinentes (MTC, 2014). En el Perú, existen normativas específicas que regulan las propiedades físico-mecánicas de los suelos utilizados en la construcción de carreteras estabilizadas, incluyendo el índice CBR (California Bearing Ratio), la expansión en ensayos de laboratorio, entre otros parámetros. El incumplimiento de estos estándares puede comprometer la integridad estructural de las carreteras y aumentar los costos de mantenimiento (MTC, 2015).

Además, la extracción excesiva de material de canteras para el mejoramiento de suelos puede tener un impacto negativo en el medio ambiente, incluyendo la degradación del paisaje, la pérdida de biodiversidad y la alteración de los ecosistemas locales. Este problema se agrava aún más en regiones donde la disponibilidad de canteras adecuadas es limitada, lo que obliga a realizar largos desplazamientos para obtener material de calidad, aumentando así los costos y la huella ambiental asociada con la construcción de carreteras (Trujillo, 2007).

Por lo tanto, es fundamental buscar soluciones que no solo cumplan con los estándares técnicos y reglamentos establecidos, sino que también sean ambientalmente sostenibles y económicamente viables (Trujillo, 2007). En este contexto, el uso de aditivos como polímeros y organosilanos en combinación con el cemento, surge como una posible estrategia para mejorar las propiedades de los suelos arcillosos, reduciendo así la dependencia de material de canteras y minimizando el impacto ambiental asociado con la construcción y mantenimiento de carreteras. Esta investigación se enfoca en comparar el rendimiento de suelos arcillosos mejorados con polímero y cemento versus suelos arcillosos mejorados con organosilano y cemento, con el objetivo de identificar la combinación más efectiva para el mejoramiento de carreteras no pavimentadas en el tramo de la vía Huambo-Alcamenca.

1.1.2 Delimitación del problema

1.1.2.1 Espacial

El estudio se llevará a cabo utilizando el material obtenido de la subrasante del camino vecinal Huambo-Alcamenca del km 3+000 y km 9+400, situado en el distrito de Alcamenca, provincia de Fajardo, departamento de Ayacucho.

Figura 1.

Afirmado de la vía



Nota. Elaboración propia

1.1.2.2 Temporal

La recopilación de datos para esta investigación se llevó a cabo durante el año 2024.

1.1.2.3 Temática y unidad de Análisis

Temática. El tema de la investigación es comparar el efecto de la adición de un polímeros y cemento frente a organosilano y cemento en el posible mejoramiento de las propiedades de resistencia de los suelos arcillosos.

Unidad de análisis. Sobre la cual se aplicarán los instrumentos de medición, está conformada por las muestras o testigos que serán elaborados utilizando 02 estabilizantes diferentes (Polímero y organosilano) incluyendo el cemento. Estas muestras se prepararán combinando aditivos químicos (polímero u organosilano) junto con el cemento en diversas proporciones, con el fin de llevar a cabo los ensayos correspondientes

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema principal

¿La estabilización los suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, mejorará la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024?

1.2.2 Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las características físico-mecánicas en la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del polímero con cemento, Ayacucho - 2024?
- ¿Cuáles son las características físico-mecánicas en la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del organosilano con cemento, Ayacucho - 2024?
- ¿El uso de estos productos contribuirá con la rentabilidad en la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del polímero-cemento y organosilano-cemento, Ayacucho - 2024?

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se justifica la investigación por la necesidad de proponer una alternativa efectiva para el mejoramiento de suelos en carreteras no pavimentadas, especialmente en zonas de la sierra donde estas son predominantes. Actualmente, la búsqueda constante de canteras adecuadas para cumplir con las normativas de construcción aumenta los costos de transporte de materiales de préstamo y contribuye a la degradación del medio ambiente local. La explotación de canteras no solo representa una carga económica, sino que también amenaza los hábitats naturales y la biodiversidad de la flora y fauna locales.

Frente a esta problemática, surge la necesidad de buscar soluciones innovadoras que permitan aprovechar los suelos existentes en el lugar, mejorándolos mediante técnicas menos invasivas y más eficientes desde el punto de vista técnico y económico. En ese sentido, la combinación de cemento con polímeros y organosilanos representa una alternativa prometedora, ya que estos aditivos químicos han mostrado potencial en investigaciones recientes para mejorar las propiedades mecánicas de suelos de baja calidad, aunque su aplicación conjunta aún es escasa en el contexto nacional. Esta alternativa no solo busca resolver los problemas de mejoramiento de las carreteras, sino también mitigar el impacto ambiental negativo asociado con la extracción de materiales de préstamo. Al reducir la necesidad del uso de canteras y así mitigar la perturbación de los ecosistemas locales, nuestra propuesta busca promover prácticas de construcción más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

También se han documentado casos en los que, a pesar de los esfuerzos de estabilización,

no se logró satisfacer plenamente los requisitos establecidos en el documento técnico de soluciones básicas ($CBR > 100$) (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2015).

1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Durante la investigación se tuvo ciertas limitaciones, el costo elevado de los ensayos estándar y especiales para evaluar las propiedades de los suelos sin estabilizar y estabilizados, la ausencia de normativas específicas sobre el uso de polímeros y organosilanos en la estabilización de suelos a nivel nacional, regional y vecinal dificulta la estandarización de la metodología y puede limitar la aceptación y aplicación de estos métodos en futuros proyectos.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Evaluar si la estabilización de suelos arcillosos mediante la incorporación de polímero y organosilano junto con el cemento, permite mejorar la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho, 2024

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar las características físico-mecánicas en la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del polímero con cemento, Ayacucho, 2024.
- Determinar las características físico-mecánicas en la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del organosilano con cemento, Ayacucho, 2024.
- Cuantificar el producto más rentable en la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del polímero y organosilano con cemento, Ayacucho, 2024.

1.6 HIPÓTESIS

1.6.1 Hipótesis global

Se logrará estabilizar suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, mejorando la resistencia del suelo y la rentabilidad, Ayacucho, 2024

1.6.2 Hipótesis específicas

- La estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del polímero con cemento incrementará las características físico-mecánicas del suelo, Ayacucho, 2024
- La estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del organosilano con cemento incrementará las características físico-mecánicas del suelo, Ayacucho, 2024
- El uso del polímero con cemento será el producto más rentable económicamente con respecto al uso del organosilano con cemento en la estabilización de suelos arcillosos, Ayacucho, 2024

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Los datos recopilados indican que tanto el polímero como el organosilano demuestran ser eficaces como estabilizadores químicos para realzar las características de los suelos arcillosos. Sin embargo, en ciertas circunstancias, esta mejora puede resultar insuficiente según el tipo de suelo, especialmente para cumplir con los estándares requeridos por las normativas en lo que respecta a la capa de rodadura. Por consiguiente, es necesario combinar el estabilizador con un agente conglomerante, como el cemento, para potenciar las propiedades físico-mecánicas del suelo.

2.1.1 Investigaciones Internacionales

[García \(2015\)](#) realizó un estudio cuyo objetivo principal fue analizar experimentalmente el impacto de nuevos métodos de estabilización de subrasantes en arcillas de Bogotá, comparándolos con un método tradicional basado en el uso de cal. Este trabajo se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y experimental. La población estudiada incluyó suelos arcillosos, y la muestra correspondió al suelo recolectado en la intersección de la calle 116 con la autopista norte, en la ciudad de Bogotá. Los instrumentos utilizados consistieron en materiales y equipos de medición propios del laboratorio de mecánica de suelos. Los resultados indicaron que las muestras estabilizadas con el polímero TX-85 mostraron una mejora significativa en comparación con las estabilizadas mediante cal. En este caso, la relación de soporte se incrementó notablemente a medida que aumentaba la deformación. Los valores de CBR experimentaron un aumento promedio del 465% respecto al suelo en estado natural, del 212% en comparación con el suelo estabilizado con cal, y del 395% frente a las muestras estabilizadas con Terrasil. En conclusión, las arcillas de Bogotá presentan una baja relación de soporte CBR, según los estándares de clasificación de suelos basados en esta propiedad. Por ello, resulta esencial emplear métodos de estabilización para mejorar sus características. En este contexto, el polímero TX-85 demostró ser el método más efectivo, incrementando la relación de soporte en un 573,22%.

[Zambrano y Casanova \(2016\)](#) llevaron a cabo una investigación con el objetivo de estabilizar suelos arcillosos y gravas arcillosas utilizando polímeros. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo y experimental. La población estudiada incluyó suelos arcillosos y gravas arcillosas, mientras que las muestras se obtuvieron a partir de la recolección de estos materiales. Los instrumentos empleados consistieron en los equipos y materiales utilizados en el laboratorio. Los resultados mostraron que, en el caso de la grava arcillosa, el CBR

inicial en estado natural fue de 25,7, alcanzándose un incremento al 52% al aplicar 0,7% de polímero M y 0,17% de polímero L, en relación al peso del suelo. Por otro lado, para el suelo arcilloso, el CBR en estado natural, que inicialmente era de 17,44%, se incrementó hasta 39% al incorporar 1,25% de polímero M y 0,17% de polímero L, también respecto a la masa del suelo.

En conclusión, el uso de los polímeros L y M permitió estabilizar ambos tipos de suelo, mejorando tanto su resistencia CBR como su resistencia a la compresión simple, partiendo de sus condiciones naturales.

(Llano, 2022) realizó un estudio denominado “Efecto del intemperismo sobre las propiedades fisicoquímicas, el desempeño y la durabilidad de suelos viales aditivados con productos químicos”; En este trabajo de investigación se estudió el efecto del intemperismo acelerado en el comportamiento y la durabilidad de un suelo tratado con estabilizantes químicos de distinta composición. El objetivo fue analizar el desempeño y la respuesta de estos materiales a lo largo del tiempo bajo condiciones de intemperie. La muestra a emplear en los ensayos fue un suelo arcilloso CL. Se emplearon productos comerciales representativos de diferentes tipos químicos de estabilizantes de suelos, como polímeros, aceites sulfonados, organosilanos, puzolanas y enzimas; además, también se evaluaron la cal y el cemento. Se concluyó que el análisis fisicoquímico y la evaluación del comportamiento mecánico del suelo tratado con los aditivos químicos estudiados, utilizando diversas técnicas analíticas e instrumentales, demostraron una mejora significativa en sus propiedades ingenieriles. Del mismo modo, la evaluación mediante condiciones de intemperismo acelerado permitió anticipar el rendimiento a largo plazo y la durabilidad de estos materiales, así como establecer una correlación entre las variaciones en las propiedades fisicoquímicas y texturales con el comportamiento mecánico de los sistemas tratados a través del tiempo. Además, El monitoreo continuo de suelos estabilizados durante períodos más prolongados podría revelar interacciones químicas que provoquen alteraciones en las características de los suelos tratados, así como variaciones en su comportamiento mecánico.

De acuerdo con Ayala (2015), en su artículo titulado “Mejoramiento de la vía terciaria San Rafael en el municipio de La Calera mediante la aplicación de Probase Road System”, se demostró que el mantenimiento del sistema vial alcanza un rendimiento óptimo al utilizar estabilizadores como el polímero X-85, que incluye componentes químicos como silicatos y cloruro de calcio, entre otros, junto con selladores elaborados a partir de derivados del caucho natural. El proceso se desarrolló de la forma siguiente: se llevaron a cabo pruebas de laboratorio adaptadas al tipo de camino con el fin de evaluar la calidad del suelo antes

y después de la intervención. Posteriormente, los resultados de rendimiento se compararon con las normativas aplicables al tratamiento de pavimentos bicapa en Colombia, con el objetivo de establecer una herramienta práctica para la utilización de estos productos. Finalmente, los resultados del estudio sugieren que la aplicación de este sistema podría representar, a mediano plazo, una solución práctica para el mejoramiento de las vías secundarias del país, destacando la sencillez del diseño recomendado.

2.1.2 Investigaciones Nacionales

[Barahona \(2019\)](#) tuvo como objetivo principal realizar un análisis comparativo entre los estabilizantes químicos Terrazyme y Polycom, evaluando su eficacia en la mejora de la densidad y el CBR (California Bearing Ratio) de la trocha carrozable Pomacucho - Pacaypampa. Fue un estudio de tipo aplicada y experimental. La muestra del suelo fue conformada por el tipo de suelo arena arcillosa (SC) la cual fue extraída de la trocha carrozable. Al realizar la respectiva comparación, el estudio determinó que el estabilizante químico Terrazyme supera al Polycom en un 1.56% en la mejora de la densidad y en un 123.96% en el incremento del CBR, cuando se aplica a suelos del tipo arena arcillosa (SC) de la trocha carrozable Pomacucho - Pacaypampa. Se concluyó que Terrazyme proporciona efectos más favorables en la optimización de la densidad y el CBR de este tipo de suelo en la mencionada trocha carrozable, que conecta Pomacucho, Pacaypampa, Santa María del Valle y Huánuco.

En la investigación de [Salas \(2018\)](#). El estudio tuvo como objetivo principal evaluar las propiedades de los agregados utilizados en la construcción de la carretera Puno-Tiquillaca - Mañazo, la cual presentaba un alto grado de deterioro en ese momento. En primer lugar, se evaluaron los agregados sin estabilizar, determinándose un CBR de 39.58% al 100% de la máxima densidad seca (MDS), valor inferior al mínimo establecido por las normas técnicas. Este resultado clasifica el suelo como un material de calidad regular. Posteriormente, se analizó el efecto del aditivo Terrasil en los agregados, observándose que su uso reduce el óptimo contenido de humedad entre un 1% y 2%, además de incrementar la densidad del suelo. Sin embargo, la investigación enfatiza que los materiales que serán tratados deben tener un límite líquido inferior al 30% para garantizar resultados adecuados.

En cuanto a las estrategias de estabilización, los mejores resultados se obtuvieron con la adición de 4% de cemento un CBR de 64.87% al 100% MDS, cuando se usó 10 g de Terrasil por kilo de suelo, se alcanzó un CBR de 61.37% al 100% MDS. Se concluye que la combinación de cemento y Terrasil permite estabilizar los materiales y mejorar significativamente el CBR del suelo hasta en un 55%, demostrando la viabilidad de su uso

para optimizar el desempeño estructural de la vía.

El objetivo de [Nesterenko \(2018\)](#) fue desarrollar un método constructivo para la estabilización de suelos mediante el uso de poliacrilamida, diseñado específicamente para adaptarse a las condiciones y necesidades del contexto peruano. Se consideraron variables contextuales, como tipos de equipos y rendimientos constructivos. Este estudio fue de naturaleza aplicada y experimental. Las muestras analizadas incluyeron suelos de varios proyectos en Perú, a partir de gravas limosas hasta arcillas rojizas de poca plasticidad, categorizadas como Suelos A, B, C, D y E. utilizadas incluyeron equipos especializados para realizar ensayos de CBR (California Bearing Ratio). Los resultados mostraron que en todos los suelos ensayados, el incremento porcentual del CBR después de un proceso de curado de 28 días comparado con 4 días, superó el 45%. Los suelos B y C mostraron un aumento notable en el CBR al 95% de MDS (de 56.99% a 63.12%) y al 100% de MDS (de 50.56% a 58.30%). El suelo A presentó el mayor incremento al 95% de MDS [65.25%] y 100% de MDS [59.36%]. En conclusión, la poliacrilamida (PAM) se presenta como una alternativa factible para mejorar caminos con baja capacidad portante ($CBR < 30\%$), ya que aumenta el CBR en más del 20% en promedio en comparación con el suelos en su estado natural.

[Salazar \(2019\)](#) planteó como objetivo analizar el efecto de la adición del polímero Mega Soil en material de cantera destinado a afirmados, empleando porcentajes de adición del 2%, 4% y 6%, y determinar su influencia en el valor del CBR en relación con la resistencia mecánica. El estudio fue de tipo descriptivo y experimental. La investigación se llevó a cabo sobre un suelo granular proveniente de la cantera Bazán, considerando como muestra los 12 especímenes utilizados en el análisis. Los instrumentos consistieron en los materiales y equipos de laboratorio empleados durante los ensayos. En cuanto a los resultados, el CBR obtenido para la densidad seca máxima (DSM) a 0.1" de penetración fue del 72% en la muestra sin aditivo (patrón), 86% con la adición del 2% de Mega Soil, 98% con el 4% y alcanzó un valor del 105% al incorporar el 6% del polímero. Se concluyó que el CBR aumenta significativamente en comparación con la muestra sin aditivo, evidenciando una relación directa entre el incremento del porcentaje de Mega Soil y la mejora en la capacidad portante del material, lo que confirma lo planteado en la hipótesis inicial.

[Villanueva \(2017\)](#) planteó como objetivo principal identificar la mejor opción para que el suelo de la vía de bajo volumen de tránsito del tramo Poncos – Kochayoc (Ancash) sea estabilizado, situado en una zona de sierra a más de 2,000 msnm. Esto se llevó a cabo mediante estudios experimentales en laboratorio, evaluando las dosificaciones necesarias de estabilizantes como poliacrilamida aniónica, derivados de organosilano y compuestos

sulfonatados, de acuerdo con la composición natural del material de cantera, buscando además minimizar los costos. El estudio, de tipo experimental, utilizó como instrumentos los equipos de laboratorio necesarios para los ensayos correspondientes. Entre los resultados más destacados, se escogieron dos canteras previas tales canteras 1 y 2, sin estabilizar, presentaban un CBR de 25% y 27%, respectivamente. Al ser estabilizadas con los tres productos evaluados, se lograron valores de CBR superiores al 40% —el mínimo requerido para afirmados en caminos— alcanzando aproximadamente un 80%. Se concluyó que, al comparar los estabilizantes, la opción más eficiente en términos de comportamiento físico-mecánico y costos fue la poliacrilamida aniónica, con una dosificación de 0.02% en peso (4 g/m^2).

2.1.3 Investigaciones Locales

Ruiz (2021) se propuso evaluar la aplicación de cemento tipo I y tipo IP como agente aglomerante en la estabilización de suelos granulares tratados con organosilano, específicamente para su uso en capas de rodadura. La investigación adoptó un enfoque tanto correlacional como experimental, utilizando herramientas mecánicas como balanzas y tamices, entre otros equipos. Entre los principales resultados, se observó que la aplicación de organosilano en una dosificación de 0.5 kg/m^3 , sin la adición de cemento como conglomerante, solo logró aumentar el valor del CBR del material granular de la cantera Condoray en un 9.7%. Además, se señaló que un incremento en la dosificación del organosilano implicaría un mayor costo. En conclusión, la aplicación de organosilano en una proporción de 0.5 kg/m^3 no logra mejorar el CBR lo suficiente para alcanzar el valor mínimo exigido por el Documento Técnico de Soluciones Básicas, ya que únicamente incrementa el CBR en un 9.7%. Como resultado, el CBR del material de la cantera Condoray tratado con organosilano alcanzó un 66.7%. Para obtener valores adecuados, se realizó una interpolación combinando la estabilización con cemento, determinándose como dosificaciones óptimas 0.5 kg/m^3 de organosilano con 0.71% (14.2 kg/m^3) de cemento tipo I, y 0.5 kg/m^3 de organosilano con 0.66% (13.2 kg/m^3) de cemento tipo IP.

Curitomay (2018) llevó a cabo un estudio con el objetivo de evaluar y mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo en carreteras de mediano tránsito con características arcillosas, utilizando polímeros. Este estudio cuantitativo y experimental se enfocó en muestras de suelo de calicatas obtenidas en la carretera Pucaloma Yanayacu, en el distrito de Socos. Se emplearon equipos de laboratorio para realizar los ensayos. Los resultados mostraron que, tras evaluar las muestras con y sin polímero, hubo una mejora notable en la resistencia del suelo, su grado de expansión y contracción, así como una disminución en su permeabilidad,

todo esto con las dosificaciones óptimas del aditivo polimérico. Entre las conclusiones, se destacó que se consiguió aumentar la capacidad de soporte CBR y la resistencia del suelo-polímero. Así mismo, las mezclas con porcentajes intermedios de polímero demostraron tener el mejor comportamiento mecánico.

[Pantigozo \(2023\)](#) tuvo como objetivo evaluar en qué medida hay un aumento de la capacidad de soporte en suelos del tipo grava arcillosa mediante el empleo del estabilizante polímeros y cemento, con aplicación en la capa de rodadura de carreteras sin pavimentar. La investigación se desarrolló bajo un enfoque correlacional y experimental. La población de estudio se enfocó en el material granular extraído de la cantera Huambo, el cual fue empleado para el mantenimiento de la capa de rodadura en forma de afirmado dentro del proyecto del camino vecinal Huambo. El volumen total de material utilizado fue de 3,216 metros cúbicos. Para el análisis, se emplearon instrumentos mecánicos como balanzas, tamices, entre otros. Los resultados más relevantes indicaron que las muestras que se estabilizaron con polímeros cumplieron con los requisitos mínimos establecidos en el Documento Técnico de Soluciones Básicas del MTC ($CBR \geq 100\%$). En consecuencia, se concluyó que solo era necesario añadir un 0.5% de cemento en las muestras iniciales, ya que se obtuvieron valores de CBR de 163%, 133% y 151%.

2.2 BASES TEORICAS

2.2.1 Suelos arcillosos

- **Definición**

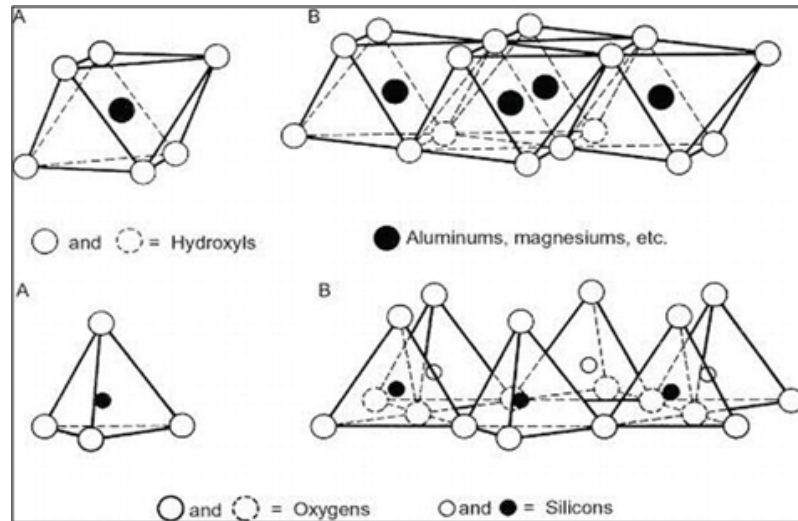
Los suelos arcillosos se caracterizan por estar formados por partículas con un diámetro menor a 0.005 mm, las cuales adquieren una consistencia plástica al combinarse con agua. Están compuestos principalmente por silicatos de alúmina hidratados, aunque en ciertas ocasiones pueden contener silicatos de hierro o magnesio hidratados (Crespo, 2004). Asimismo, [Juárez y Rico \(2005\)](#) afirman que los agentes de descomposición química producen arcilla a partir de diversos minerales, principalmente silicatos presentes en rocas ígneas y metamórficas. Dejando de lado los suelos gruesos, las propiedades mecánicas de las arcillas están fuertemente determinadas por su estructura general y su composición mineralógica específica.

La estructura de la arcilla es generalmente, cristalina y complicada, y sus átomos están dispuestos en forma laminar y Según Crespo(2004) hay dos tipos de laminas, donde uno de ellos del tipo silícico y el otro del tipo aluminico. además señala acerca de esas laminas que una lámina de tipo silícico está compuesta por un átomo de silicio rodeado por cuatro átomos de oxígeno, organizados en una estructura tetraédrica. Estos tetraedros se

conectan entre sí para formar una unidad hexagonal, la cual se repite de manera continua, dando lugar a una red laminar. La conexión entre dos tetraedros se realiza a través de un átomo de oxígeno compartido. Según algunos criterios, se considera arcilla a las partículas con un tamaño inferior a 0.002 mm (Das, 2015).

Figura 2.

Agrupaciones moleculares de las arcillas



Nota. Adaptado de (Gitari Mudzielwana, 2018)

• Clasificación

Según su estructura reticular, los minerales arcillosos se dividen en tres grupos principales, que son:

A) **El caolínítico**, La caolinita es un mineral arcilloso perteneciente al grupo de los minerales industriales, con una composición química de $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Se clasifica como un silicato en capas, donde una lámina de tetraedros se encuentra unida a una lámina de octaedros de alúmina mediante átomos de oxígeno. Las formaciones rocosas con un alto contenido de caolinita se conocen como caolín o arcilla de China.

Se presenta en forma de hojuelas hexagonales con una (1:1), resultado de la disposición repetitiva de láminas de alúmina y sílice. La estructura bilaminar, unión entre sus partículas es extremadamente fuerte, lo que impide la penetración de moléculas de agua.

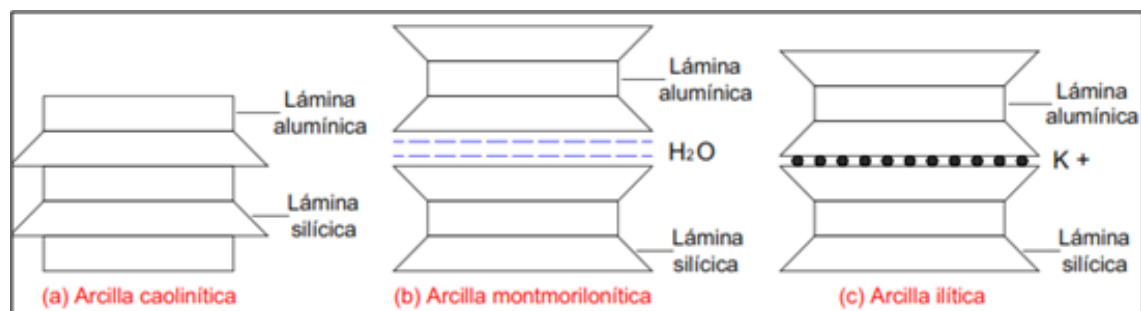
B) **Illitas**, Su fórmula química es $(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$. Se originan a partir de su modificación o meteorización de la moscovita y el feldespato en condiciones de intemperismo hídrico y térmico. Son minerales comunes en sedimentos, suelos, rocas arcillosas sedimentarias y rocas metamórficas. Su estructura se basa en la disposición repetitiva de una lámina de alúmina intercalada entre dos láminas de sílice

(2:1). A nivel interno, tienden a formar agregados compactos de material, lo que reduce la superficie expuesta al agua por unidad de volumen. Debido a esta característica, su expansividad es menor en comparación con las montmorillonitas, lo que hace que las arcillas illíticas presenten un comportamiento más favorable desde el punto de vista ingenieril.

C) **Montmorilonítico**, La estructura es similar al del Illitas $[(1/2Ca,Na)_{0.7}(Al,Mg,Fe)_4(Si,Al)_8O_{20}(OH)_{47}nH_2O]$, es un mineral de arcilla esméctica que se caracteriza por su capacidad de expansión al entrar en contacto con el agua. Su formación ocurre debido a la variación de minerales de silicato en entornos alcalinos, especialmente en rocas ígneas básicas, así también en la ceniza volcánica que se deposita en los océanos. Este mineral es un componente esencial de la bentonita y se emplea principalmente en fluidos de perforación. Está clasificado dentro de los silicatos, dentro del subgrupo filosilicatos, y se clasifica dentro de las arcillas. Su composición química incluye hidrosilicatos de magnesio y aluminio, junto con otros elementos en menor proporción.

Figura 3.

Laminas compuestas de distintos tipos de arcillas



Nota. Adaptado de (Crespo, 2004)

- **Identificación de los minerales de arcilla**

Holtz et al. (2011) argumentan que, debido al reducido tamaño de los minerales de arcilla, su identificación mediante las técnicas ópticas mineralógicas convencionales utilizadas en geología no es viable, por lo que resulta necesario recurrir a otros métodos más especializados. Los materiales que presentan estructuras cristalinas regulares o repetitivas tienen la capacidad de difractar rayos X, y cada mineral en función de su estructura cristalina específica genera un patrón de difracción único que permite su identificación preliminar. No obstante, se presentan dificultades cuando se analizan suelos compuestos por mezclas de minerales arcillosos, suelos con materiales orgánicos o con otros minerales no arcillosos, así como suelos que contienen minerales de capas mixtas. En general, es imposible realizar un

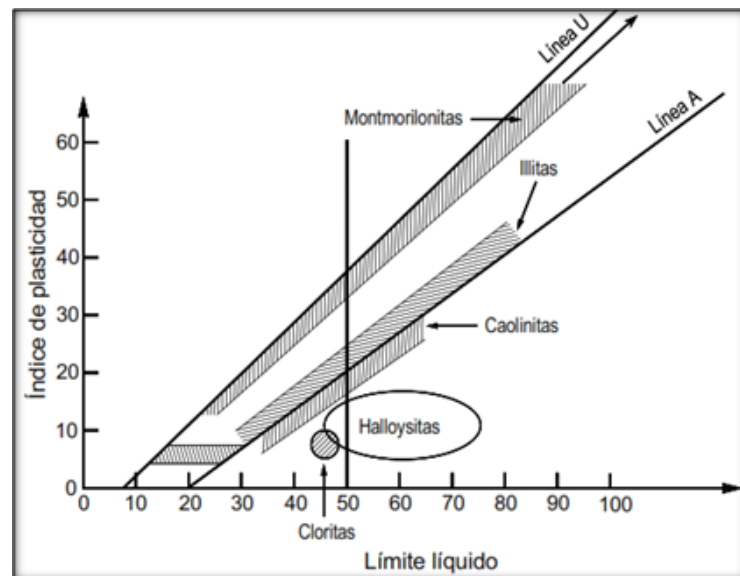
análisis cuantitativo preciso, por lo que solo es posible determinar qué minerales están presentes y estimar de manera aproximada sus proporciones.

Asimismo, señalan que el análisis térmico diferencial (DTA) es otra técnica utilizada ocasionalmente para la identificación de minerales arcillosos. Este procedimiento consiste en calentar una muestra de suelo de composición desconocida junto con un material de referencia inerte en un horno eléctrico, manteniendo una tasa de calentamiento constante que alcanza varios cientos de grados, mientras se monitorea la variación térmica entre ambas sustancias. Como las pérdidas de agua y las transiciones de fase se dan a temperaturas específicas características de ciertos minerales arcillosos, estos datos pueden compararse con los de minerales previamente identificados. De manera similar, el análisis gravimétrico térmico (TGA) es un procedimiento relacionado que se enfoca en medir la pérdida de masa de la muestra a medida que se calienta.

Finalmente, mencionan un método sencillo propuesto por Arthur Casagrande guiándonos de la carta de plasticidad, que, aunque menos complejo que los análisis avanzados como la difracción de rayos X y los métodos DTA-TGA, puede proporcionar una estimación aproximada de la estructura mineralógica de un suelo tipo arcilla, al menos desde una perspectiva de ingeniería. Este enfoque se ilustra en la figura siguiente.

Figura 4.

Identificación de minerales comunes de arcilla



Nota. Adaptado de Holtz et al. (2011)

- **Arcillas expansivas**

Los suelos expansivos, según [Montejo \(2002\)](#), son aquellos que experimentan cambios significativos en su volumen al variar su contenido de humedad, lo que puede generar

deficiencias en estructuras como pavimentos, requiriendo su adecuada identificación y tratamiento. Por su parte, [Crespo \(2004\)](#) explica que estas arcillas se expanden notablemente al absorber agua y se contraen de forma considerable al secarse. Además, señala que suelen tener un elevado índice de plasticidad y un alto límite líquido debido a su elevada cantidad de minerales activos.

[Das \(2012\)](#) añade que, generalmente, las expansivas arcillas poseen un límite líquido superior a 40 y un índice de plasticidad mayor a 15. También menciona que la profundidad del suelo donde pueden producirse cambios periódicos de humedad se conoce como zona activa.

- **Interacción arcilla-agua**

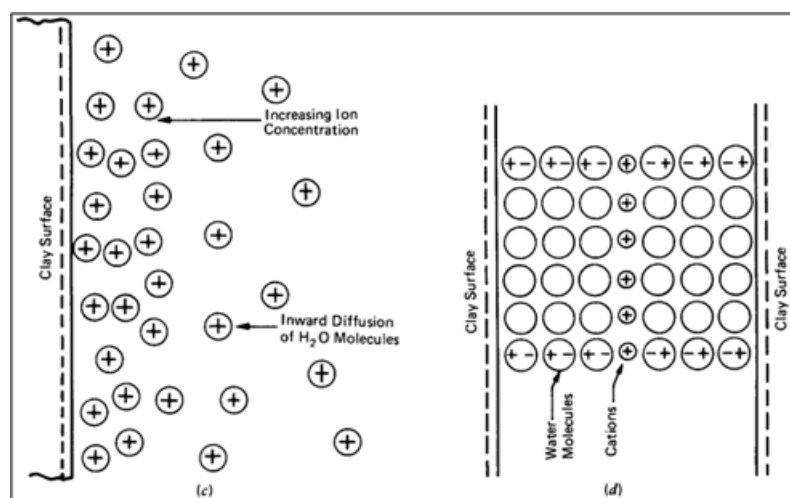
Los suelos finos granulares, especialmente las arcillas, están fuertemente influenciados por la presencia de agua [Holtz et al. \(2011\)](#)

Los minerales de arcilla al ser relativamente pequeños, tienen superficies específicas grandes; esto se correlaciona muy bien con la actividad, descubierta por Skempton en 1953. Dado que la actividad de la arcilla está relacionada con el tamaño de partícula, es posible llegar a la conclusión de que hay minerales más activos que otros. Existen campos de fuerza balanceados en las superficies de los minerales de arcilla, que responden al comportamiento previamente descrito [Holtz et al. \(2011\)](#); esto es la base para la interacción físico-química entre arcillas, el agua y los iones disueltos en esta.

Las arcillas en medio acuoso presentan cambios de volumen debido a la formación de la doble capa difusa en la superficie de las partículas de arcilla haciendo que se expandan

Figura 5.

Algunos posibles mecanismos de absorción de agua por superficies arcillosas.



Nota. Adaptado de (Mitchell, 2005)

- **Efectos de suelo suelos arcillosos sobre construcciones**

Los suelos arcillosos son conocidos por sus propiedades únicas, que pueden tener efectos significativos en la estabilidad y durabilidad de las construcciones. Entre los principales factores que afectan las edificaciones están la expansión y la contracción, fenómenos derivados de los cambios en el contenido de humedad del suelo (Craig, 2004). Este comportamiento puede ocasionar grietas en cimientos, deformaciones en estructuras y problemas de asentamientos diferenciales.

La alta expansividad de ciertos tipos de arcillas, como las montmorillonitas, es uno de los principales desafíos para la ingeniería civil. Según Mitchell (2005), estas arcillas pueden experimentar incrementos volumétricos de hasta un 20-30% al absorber agua, generando presiones de hinchamiento que comprometen la estabilidad de las cimentaciones. Este efecto es especialmente crítico en regiones donde los suelos arcillosos están expuestos a variaciones estacionales significativas de humedad.

Por otro lado, la contracción que ocurre al secarse el suelo puede provocar vacíos en la subrasante y fisuras en los pavimentos. Estas deformaciones afectan la integridad estructural de las construcciones, incrementando los costos de mantenimiento y reparación (Holtz, Kovacs Sheahan, 2011).

Además, los suelos arcillosos presentan una baja capacidad portante y una alta compresibilidad, lo que los hace inadecuados para soportar cargas pesadas sin estabilización previa (Das, 2010). En construcciones de gran envergadura, como edificios y puentes, es necesario realizar estudios geotécnicos detallados para determinar las propiedades del suelo y considerar la implementación de métodos de mejoramiento, como la estabilización con cemento, polímeros u organosilanos.

En términos de interacción suelo-estructura, las arcillas también afectan el comportamiento de los pilotes y otros sistemas de cimentación profunda. La adhesión y la resistencia al corte del suelo pueden variar dependiendo del contenido de humedad y la mineralogía del material, lo cual influye en el diseño de los sistemas de soporte (Lambe Whitman, 1969). Finalmente, el impacto de las arcillas sobre las construcciones no se limita a los cimientos. Problemas como la filtración de agua, la pérdida de soporte lateral y la deformación del terreno pueden extenderse a otras áreas del diseño y mantenimiento estructural (Craig, 2004).

2.2.2 Caminos de bajo volumen de tránsito

2.2.2.1 Carreteras no pavimentadas

Se define como aquellas vías cuya superficie de rodadura está compuesta por elementos granulares y estos han recibido tratamientos en tal superficie, tras realizarse preliminarmente trabajos de alineación, conformando una sección transversal y longitudinal adecuada, junto con un sistema de drenaje eficiente. También incluye aquellas que no han recibido ningún tipo de tratamiento, como los caminos de herradura o trochas, construidos para facilitar el acceso a zonas remotas (Curitomay, 2018, pág. 41) .

Según el Glosario de Términos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2018, pág. 7), las carreteras no pavimentadas son aquellas que tienen una superficie de rodadura formada por materiales como grava, afirmado, suelos estabilizados o el terreno natural sin tratamiento adicional.

Según el manual MTC (2008, pág. 17), las carreteras sin pavimentar con un índice medio diario (IMD) inferior a 200 vehículos por día se clasifican como de bajo volumen de tránsito. De acuerdo con el manual MTC (2008, pág. 17), se considera que las carreteras no pavimentadas tienen un bajo volumen de tránsito cuando su Índice Medio Diario (IMD) no supera los 200 vehículos por día.

2.2.2.2 Problemática de los caminos no pavimentados

El diseño, la construcción y el mantenimiento son cruciales para la gestión de las carreteras no pavimentadas, ya que estas fases enfrentan problemas debido al desgaste de estas vías. Por lo tanto, los inconvenientes más importantes en estas carreteras son:

- **Corrugaciones.** Ondulaciones que se forman con crestas y valles perpendiculares al sentido del tránsito.
- **Irregularidades elevadas.** Se manifiestan debido a las variaciones en la uniformidad de la superficie de la carretera.
- **Desprendimiento de agregados.** Ocurre cuando los materiales de la capa superficial se separan, quedando sueltos sobre la vía.
- **Ahuellamiento.** Se genera de manera continua a lo largo de las huellas dejadas por el tránsito vehicular.
- **Acumulación de agua.** La infiltración de agua en la estructura de un camino de terracería causa daños, ya que disminuye la cohesión del material y genera erosión.
- **Reducción del grosor de la capa superficial.** El desgaste progresivo provoca una disminución del espesor de la capa, ya sea de grava o tierra.

Figura 6.

Problemas en caminos no pavimentados



Nota. Elaboración propia

Es importante destacar que la diferenciación entre caminos pavimentados y no pavimentados resulta esencial tanto para el mantenimiento rutinario como para el mantenimiento regular y sistemático. Esta distinción es clave para alcanzar el nivel más alto posible de conservación, ya que está directamente relacionada con las actividades de mantenimiento que se lleven a cabo.

2.2.2.3 Caminos no pavimentados en el Perú

De la tabla 1, la red vial del Perú (nacional, departamental y vecinal) suman 176,936.3km de carreteras según el MTC (2025), Su administración de la red vial nacional de los 27,679.8km corresponde a PROVIAS, entidad del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Su administración de la red vial regional de los 27,828.5km corresponde a los Gobiernos Regionales, Su administración de la red vial vecinal de los 121,428.1km corresponde a los Gobiernos Locales. Estas vías se clasifican en autopistas, carreteras asfaltadas y caminos no pavimentados.

De acuerdo con los datos estadísticos de la infraestructura de transporte vial del MTC (2025), de los 121,428.1 km de la red vial vecinal el 96.75% según el SINAC está conformado por carreteras no pavimentadas. Incluso cuando están afirmadas, la rodadura se deteriora con rapidez por el tránsito y la climatología, generando baches, ahuellamientos y polvo, especialmente durante la temporada de lluvias en la costa, Sierra y Selva. Las carreteras no pavimentadas dentro de la cual se dividen en tres tipos: los que pertenecen a la red nacional, los caminos secundarios y vecinales, y las trochas carrozables.

Como señala la Tabla 2, de los 9111.7 km de la red vial vecinal el 96.75 % según el SINAC está conformado por carreteras no pavimentadas. Aún existen más de 6537.4 km de vías vecinales no afirmadas de la infraestructura de transporte de Ayacucho, que requieren

algún tipo de tratamiento, ya sea con afirmado o solución básica.

Tabla 1.

Red vial del SINAC, clasificada por tipo de superficie de rodadura

INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE VIAL, JUNIO 2025					
	Nacional	Departamental	Vecinal		Total
			Registrada	No Registrada	
Total	29 451.5	32 371.5	105 981.9	15 553.4	183 358.4
1. Carretera existente	27 679.8	27 828.5	105 874.7	15 553.4	176 936.3
Pavimentada	22 875.1	7 700.2	3 700.3	244.7	34 520.3
Asfaltada	15 460.9	3 675.9	2 835.8	173.8	22 146.4
Asfaltada con solución básica	714.3	4 024.3	864.5	70.8	12 373.9
No pavimentada	4 804.6	20 128.2	102 174.4	15 308.8	142 416.0
Afirmada	2742.0	13 681.5	30 747.9	5 236.5	52 344.9
Sin afirmar	710.9	2 811.4	25 942.4	3 990.1	33 485.4
Trocha	1 351.8	3 698.3	45 484.1	6 082.2	56 616.3
2. Carretera proyectada	1 771.7	4 543.1	107.2	-	6 422.1

Nota. SINAC(D.S.N°011-2016-MTC), datos actualizados al 28 septiembre 2025

Tabla 2.

Estadística de la Infraestructura de transporte en Ayacucho

INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE VIAL, AYACUCHO, JUNIO 2025					
	Nacional	Departamental	Vecinal		Total
			Registrada	No registrada	
Total	1 805.1	1 870.2	9 111.7	-	12 786.9
1. Carretera existente					
Pavimentada	1 706.3	633.7	145.3	-	2 485.4
Asfaltada	711.2	68.8	61.2	-	841.1
Solución básica	995.1	565	84.1	-	1 644.2
No pavimentada	98.7	1 140.3	8 917.4	-	10 156.5
Afirmada	98.7	1 113	2 380	-	3 591.7
Sin afirmar	-	27.4	2 622.7	-	2 650
Trocha	-	-	3 914.7	-	3 914.7
2. Carretera proyectada	-	96.1	48.9	-	145.1

Nota. SINAC(D.S.N°011-2016-MTC), datos actualizados al 28 septiembre 2025

2.2.3 Estabilización de suelos

Definición y factores de aplicación

La estabilización de suelos es un proceso que consiste en modificar las características físicas, químicas o biológicas de un suelo para mejorar su comportamiento y su resistencia. La finalidad es obtener un suelo más homogéneo, compacto, estable y duradero, que pueda servir de base para la construcción de infraestructuras como carreteras, edificios, puentes, presas, y más Connar(2023). La estabilización mejora las propiedades físico-mecánicas del camino al aumentar la cohesión entre las partículas finas. Esto contribuye a reducir la disgregación, incrementar la resistencia, disminuir la permeabilidad y minimizar la

contaminación por polvo. Estos efectos se concentran principalmente en la fracción del suelo que pasa por la malla N° 4, con especial énfasis en los limos y arcillas (Brazzini, 2005).

Los materiales más comunes para estabilizar bases granulares incluyen cemento, asfalto y cal. No obstante, en la actualidad se están explorando métodos y materiales no convencionales que ofrezcan soluciones de estabilización más eficientes desde los puntos de vista técnico, económico y ambiental. Estos enfoques buscan disminuir los costos asociados al transporte, extender la vida útil de los yacimientos de materiales pétreos y evitar la necesidad de explotar nuevos recursos.

Tipos de estabilizadores

Existen algunas alternativas en cuanto a la estabilización de suelos:

- **Estabilización física y mecánica.** Este método de estabilización se emplea para aumentar la capacidad de soporte y resistencia de los suelos mediante modificaciones físicas, sin generar reacciones químicas (MTC, 2014).
- **Estabilización por compactación.** Este procedimiento se lleva a cabo en etapas, determinando el grosor de las capas y la cantidad de pasadas necesarias. Posteriormente, el suelo se compacta con un nivel específico de humedad, lo que disminuye el porcentaje de vacíos y mejora la fricción interna, incrementando así su capacidad de carga (MVCS, 2012).
- **Estabilización química.** Implica el empleo de compuestos químicos patentados que provocan la sustitución de iones metálicos y modificaciones en la estructura del suelo. Entre los estabilizadores químicos más utilizados en la construcción de carreteras se encuentran la cal, el cemento Portland, los productos asfálticos, el cloruro de sodio y las escorias, entre otros (MVCS, 2012).
- **Estabilización geosintética.** Los geosintéticos son capaces de ofrecer resistencia a la tracción y optimizar el rendimiento en la construcción de carreteras. Además, desempeñan funciones de anticontaminación y drenaje, incrementan la capacidad de carga del suelo al distribuir la carga sobre una superficie más amplia y disminuyen la tensión de corte en suelos blandos naturales (GeoFanTex, 2024).

Normativa para suelos estabilizados (soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas)

En el año 2015, en el Perú, se aprobó un nuevo manual denominado “Documento Técnico en Carreteras No Pavimentadas”, MTC (2015). Este documento tiene como objetivo mejorar la vida útil y el nivel de servicio de las superficies de rodadura de las carreteras

no pavimentadas, las cuales suelen deteriorarse rápidamente debido al tránsito y las condiciones climáticas, generando problemas como baches, encalaminados, desprendimiento de agregados y emisión de polvo. El manual propone soluciones básicas que buscan reducir el grado de deterioro de estas capas, minimizar la generación de polvo, disminuir la necesidad de mantenimiento periódico y garantizar el tránsito vehicular durante todo el año. Además, incluye las especificaciones técnicas de los diferentes tipos de estabilizadores de suelos, así como los parámetros máximos y mínimos que deben cumplir los suelos estabilizados, tanto en la etapa de diseño como en la ejecución de las obras.

Tabla 3.
Especificaciones técnicas de estabilizadores

SUELO ESTABILIZADO CON	PARÁMETROS
Cemento	<ol style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión simple = 1,8 MPa (MTC E 1103) Humedecimiento-secado (MTC E 1104) <ul style="list-style-type: none"> Para suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A3 = 14 % de pérdida máxima Para suelos A-2-6; A-2-7; A-4; A5 = 10 % de pérdida máxima Para suelos A-6; A-7 = 7 % de pérdida máxima
Emulsión asfáltica	<ol style="list-style-type: none"> Estabilidad Marshall = 230 Kg mínimo (MTC E 504) Perdida de estabilidad después de saturado = 50 % máximo Porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla debe estar entre 50 % y 100 %
Cal	<ol style="list-style-type: none"> CBR = 100 % mínimo (MTC E 115, MTC E 132) Expansión \leq 0.5 %
Sales	<ol style="list-style-type: none"> CBR = 100 % mínimo (MTC E 115, MTC E 132)
Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)	<ol style="list-style-type: none"> CBR = 100 % mínimo (MTC E 115, MTC E 132) Expansión \leq 0,5 %

Nota. MTC (2015, pág. 4)

Según lo indicado en la tabla 1, al estabilizar un suelo con un producto químico, el valor del CBR debe ser, al menos del 100 %. Asimismo, en la prueba de expansión, las muestras compactadas no deben superar un porcentaje de expansión del 0,5 %.

2.2.4 Estabilización de suelos con polímeros

2.2.4.1 Concepto de Polímero

La palabra polímero tiene sus raíces en el vocabulario griego antiguo: polys (πολυς), que significa “muchos”, y meros (μερος), que se traduce como “partes” o “segmentos”.

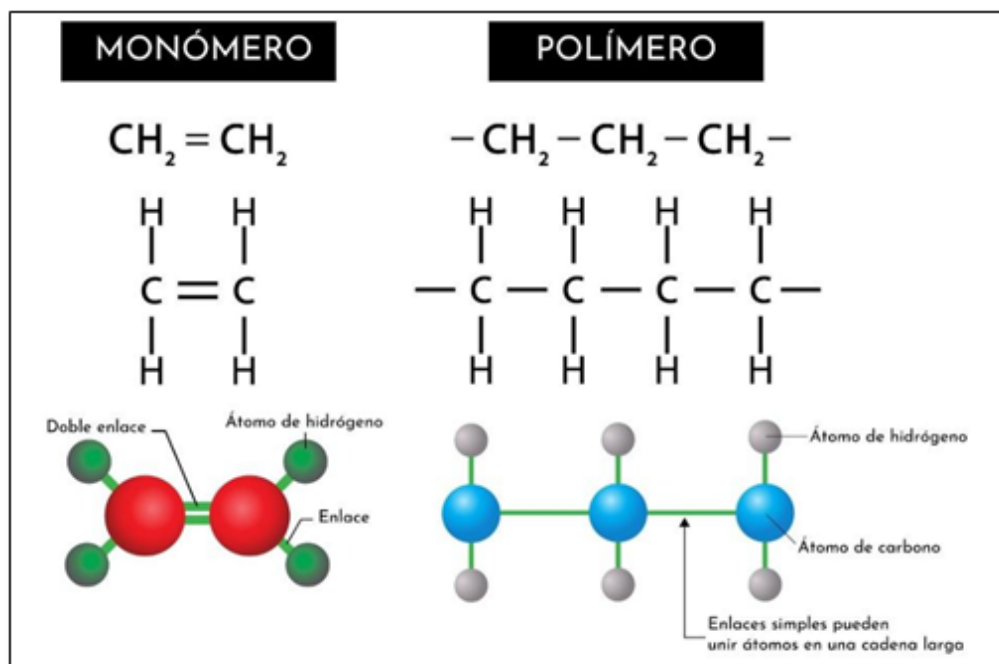
Este término describe perfectamente su esencia, ya que los polímeros son estructuras formadas por la unión de muchas unidades repetitivas. En la naturaleza, existen moléculas gigantes conocidas como macromoléculas, las cuales están compuestas por cientos de miles de átomos. Debido a su enorme tamaño, estas moléculas poseen pesos moleculares extremadamente altos, lo que las distingue de otras sustancias más simples.

Un polímero es una macromolécula distintiva compuesta por unidades repetitivas a lo largo de su estructura. Las moléculas más pequeñas que se unen mediante un proceso químico denominado polimerización para formar polímeros se conocen como monómeros. La combinación de estas moléculas genera una estructura con una disposición reiterativa, donde la unidad que se repite a lo largo de toda la molécula se denomina unidad constitucional repetitiva (UCR) o unidad monomérica. (Lopez, 2004, pág. 1).

En términos simples, los polímeros son macromoléculas formadas por unidades más pequeñas llamadas monómeros. La manera en que estas unidades se organizan, los distintos tipos de cadenas que pueden sintetizarse y su estructura determinan una categoría de materiales con una gran diversidad de propiedades. Algunas de estas características son exclusivas de los polímeros, como la elasticidad del caucho, y resultan directamente de su tamaño y su estructura en forma de cadena. (Painter et al., 2019, p. 1).

Figura 7.

Estructura química de un polímero



Nota. Adaptado de (Lifeder, 2022)

2.2.4.2 Tipos de polímeros

Los polímeros pueden clasificarse de diversas maneras según distintos criterios.

Por su modo de obtención u origen:

- **Naturales.** Su origen es biológico. Ejemplos: Polisacáridos, proteínas, ácidos nucleicos, caucho, lignina.
- **Artificiales o semisintéticos.** Son el resultado de cambios de ciertos polímeros naturales causados por procesos químicos. Ejemplo: nitrocelulosa, etonita, etc.
- **Sintéticos.** Se producen a partir de materias primas de bajo peso molecular mediante procesos de polimerización controlados por el hombre. Ejemplo: nylon, polietileno, cloruro de polivinilo, polimetano, etc.

Por sus propiedades físicas ante el Calor:

- **Elastómeros.** Son materiales que se deforman con el aumento de la temperatura, pero recuperan su forma original una vez que cesa la fuerza aplicada. Ejemplos de estos incluyen cauchos, siliconas y poliuretanos.
- **Termoplásticos.** Se ablandan o funden con el calor y recuperan sus propiedades originales al enfriarse. Algunos ejemplos son los derivados del polietileno, las poliamidas (nylon), las sedas artificiales y el celofán.
- **Termoestables.** Al aumentar su temperatura, experimentan una descomposición química en lugar de fundirse. No se deforman ni fluyen y, por lo general, son insolubles en disolventes orgánicos. Ejemplos comunes incluyen la baquelita y la ebonita.

Por la cantidad de unidades de monómeros:

- **Homopolímeros.** Estos polímeros están constituidos por la repetición de un solo tipo de monómero, como es el caso del polietileno y el polipropileno. Aunque su estructura es uniforme, pueden presentar ligeras irregularidades en los extremos de las cadenas o en las ramificaciones.
- **Copolímeros.** A diferencia de los homopolímeros, estos están formados por la combinación de dos o más monómeros diferentes, lo que da lugar a una estructura con múltiples unidades repetitivas. Un ejemplo común son los copolímeros que incorporan estireno en su composición.

Por su composición, podemos distinguir entre:

- **Polímeros orgánicos.** Están compuestos principalmente por cadenas de átomos de carbono que forman su estructura central.
- **Polímeros orgánicos vinílicos.** Estos comparten características con los polímeros

orgánicos, pero se distinguen por la presencia de enlaces dobles entre átomos de carbono. En este grupo se encuentran materiales como las poliolefinas, los polímeros estirénicos, los vinílicos halogenados y los acrílicos.

- **Polímeros orgánicos no vinílicos.** En su estructura principal, además de carbono, incorporan átomos de oxígeno y/o nitrógeno. Ejemplos de este tipo son los poliésteres, las poliamidas y los poliuretanos.
- **Polímeros inorgánicos.** A diferencia de los orgánicos, estos no se basan en cadenas de carbono, sino en otros elementos como el azufre (en el caso de los polisulfuros) o el silicio (como en las siliconas).

2.2.4.3 Polímeros como estabilizador

Los aditivos a base de polímeros tienen ya una larga tradición en los EEUU, estos se desarrollaron por los años de 1970. Inicialmente, su formulación estuvo asociado a la investigación militar pues el propósito fue conseguir aditivos que servirán en su diseño y realización en obras de pistas de aterrizaje de aviones y helicópteros(aeronaves). Diversas investigaciones han demostrado que la mayoría de los compuestos químicos empleados como estabilizadores actúan de dos maneras en el suelo: a través de una reacción química directa con sus partículas o proporcionando una estabilización física mediante agentes aglutinantes. En este sentido, los polímeros forman parte del segundo grupo.

(Tingle et al., 1989) señala que: Los polímeros utilizados con mayor frecuencia en la estabilización de suelos son los copolímeros basados en acetato de vinilo o acrílico.

(Li et al., 2011), Señalan que el polímero orgánico sintético Poliacrilamida (PAM), tiene monómeros de cadena larga que se unen a las partículas del suelo, lo que lleva a un aumento del porcentaje de partículas de más de 4 mm en los agregados, propiedad importante porque refuerza el esqueleto de agregado grueso en la estructura del pavimento. De esta manera, se determinó que los polímeros se adhieren a los agregados, generando una mayor resistencia del suelo frente a la erosión, la dispersión, el colapso y las fuerzas de corte.

2.2.4.4 Polímeros comerciales

Las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en Perú no detallan un procedimiento constructivo para el uso de polímeros. Las empresas que producen polímeros recomiendan adecuarse a los procedimientos de construcción utilizados en otros países, que son aplicados en suelos y con rendimientos constructivos distintos a los de las obras viales peruanas. de Pantigozo(2023) se identificaron 7 marcas disponibles en el mercado peruano. Estas recomendaciones generalmente ofrecen datos amplios sobre las características estructurales de los suelos estabilizados. En la actualidad, predominan empresas extranjeras que

distribuyen una variedad de productos químicos para la estabilización de suelos en Perú. La mayoría de estos distribuidores son de origen internacional y en el estudio realizado por Pantigozo (2023), se lograron identificar 7 marcas presentes en el mercado peruano:

- **Innovations:** con sucursal en el Perú (Soil Technologies S.A.C) Corporation con sede en el Peru (Enviroseal Lima S.A.C)
- **Polímero Aggrebind:** Producto estadounidense de la empresa Aggrebind Inc con Representante oficial en el Peru (Age Ecovias Peru S.A.C)
- **Estabilizador Z con Polímeros:** Producto Peruano de la empresa Z aditivos.
- **Polímero Polycom:** Desarrollado en Australia por la empresa Austatin, con presencia en Perú (roadmaker, 2024) (Aggrebind, 2025).
- **Polímero Sika Dust Seal:** Fabricado en Suecia por Sika AG, con oficinas en Perú (Sika Perú).
- **Soil Stabilization Plus:** Proveniente de Estados Unidos, producido por Soil Stabilization (Soiltechno, 2024).
- **Polímero Megasoil:** De origen peruano, creado por la empresa Bittuper S.A.C (Coovias, 2025).
- **Polímero M10+50tm:** Fabricado en Estados Unidos por Enviroseal Corporation, con representación en Perú (Enviroseal Lima S.A.C).
- **Estabilizador Z con Polímeros:** De fabricación peruana, desarrollado por la empresa Z Aditivos (z-aditivos, 2025).

En este estudio se seleccionó un producto específico de la amplia variedad disponible en Perú, optando por uno que es ampliamente reconocido y con una larga trayectoria en el mercado. Además, se tuvo en cuenta que los productos elegidos no fueran costosos y fueran de fácil acceso, ya que ofrecen muestras gratuitas para pruebas de laboratorio. El polímero utilizado es de fabricación peruana, concretamente el producto polímeros Megasoil. Salazar (2019) compara distintas dosificaciones del Polímero Megasoil con un porcentaje de Megasoil al 2%,4% y 6% sin cemento donde en los resultados hubo pequeñas diferencias en el valor de su CBR.

Las características más relevantes de este producto, extraídas de sus características específicas y propiedades según fabricante, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 4.
Características del polímero (Megasoil)

Características	Descripción
Descripción química	Homopolímero no tóxico
Estado de presentación	Sólido granular
Color	Verde claro
Dosificación recomendada	2 kg por 100 tn de suelo seco
Campo de aplicación según fabricante	Es aplicable a una amplia variedad de suelos, ya sean plásticos o no plásticos, incluyendo desde gravas limpias hasta suelos orgánicos con alta capacidad de expansión.
Norma MTC E 1109-2004	Sí
Tiempo de curado	Reposo de 2 horas antes de la compactación

Nota. Elaboración Propia

En esta investigación se mantiene la dosificación recomendada del polímero (1 kg por 50tn de suelo seco); sin embargo, esta dosificación no necesariamente es la más adecuada para todo tipo de suelo, ya que cada suelo presenta características distintas que pueden afectar su comportamiento. No se modificará dicha dosificación del Polímero debido a limitaciones de presupuesto, centrándose la investigación en evaluar distintas proporciones de cemento combinadas con el polímero.

2.2.5 Estabilización de suelos con Organosilano

2.2.5.1 Concepto de Organosilano

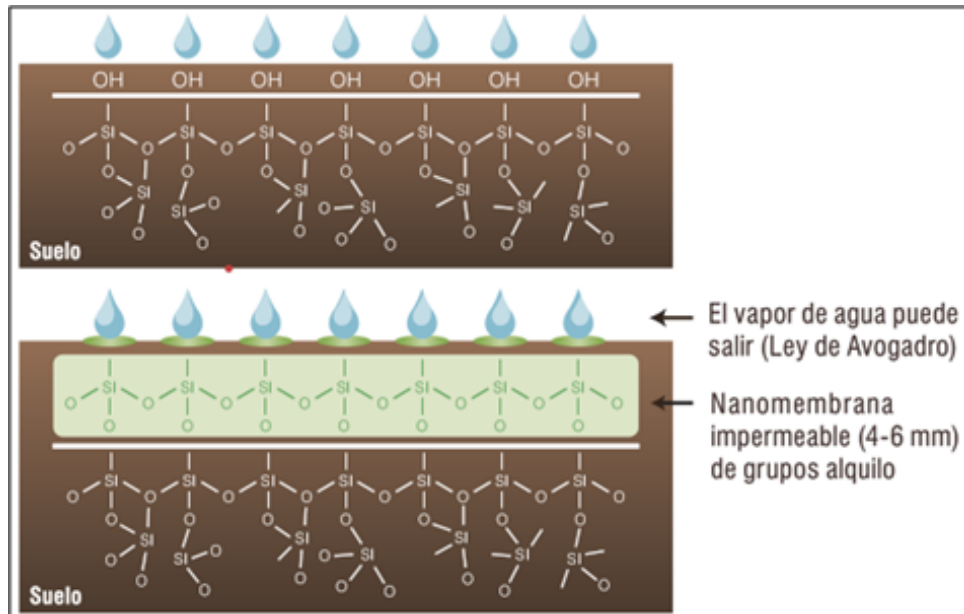
Los Organosilanos son compuestos químicos monoméricos basados en silicón, comparables a los hidrocarburos, que se caracterizan por tener al menos un enlace directo entre un átomo de silicio y un átomo de carbono en su estructura molecular. (Dawood, 2014)

Composición y tratamiento

Es un modificador de suelos soluble en agua, resistente al calor y a la radiación ultravioleta. En su estructura interactúan tanto los grupos Sinadol con los silicatos del suelo, alterando sus superficies y otorgándoles de forma permanente propiedades hidrofóbicas.

Figura 8.

Suelo sin tratar y suelo tratado con organosilano



Nota. Adaptado de (BREM, 2015)

En esta investigación el método consiste en tratar el suelo natural a través de la incorporación unida de un estabilizador líquido, además es importante también, un estabilizador sólido, en este caso cemento Portland, que funciona similar a un aglutinante y proporciona la capacidad estructural requerida. El estabilizador líquido Terrasil interactúa químicamente con las partículas finas del suelo, otorgándole propiedades hidrofóbicas, como se ilustra en la figura N°08. Esto permite que el suelo tratado sea más resistente a los efectos del agua, incluso en forma saturada, lo que mejora significativamente su capacidad de soporte.

Características

El aditivo organosilano posee la capacidad de estabilizar suelos, transformando suelos inestables en suelos químicamente estables de forma permanente, sin comprometer su porosidad. Este aditivo repele el agua, incrementa el valor de CBR, elimina la erosión y mejora las propiedades generales del suelo. (Martinez (2020)

Actúa mediante una reacción química con cualquier tipo de suelo, destacándose por impermeabilizar las partículas del suelo. Este efecto evita que las moléculas de agua penetren, reduciendo la inestabilidad volumétrica y los problemas asociados al hinchamiento. Entre sus principales beneficios se encuentran: el aumento de la resistencia a la compresión simple, el incremento de la densidad y la prevención de la absorción de agua. La modificación química inducida por el organosilano convierte el suelo en un material repelente al agua:

- El suelo adquiere propiedades hidrófobas, lo que significa que repele el agua, evitando

así los problemas asociados a su presencia.

- El suelo conserva su capacidad de transpiración, permitiendo la liberación de agua en forma de vapor.
- Se reduce el índice de plasticidad del suelo.

Los organosilanos son compuestos híbridos que combinan un átomo de silicio enlazado a grupos orgánicos funcionales y a grupos hidrolizables. Esta estructura permite que las moléculas interactúen tanto con superficies minerales como con matrices orgánicas, facilitando la formación de enlaces siloxano (Si-O-Si) tras la hidrólisis de los grupos alcoxi. Su fórmula general puede representarse como $R-Si(OR')_3$, característica que define su capacidad de modificar químicamente suelos finos y minerales silíceos (Plueddemann, 1991).

Un organosilano es un agente de acoplamiento capaz de reaccionar con los hidroxilos presentes en la superficie de minerales arcillosos mediante procesos de hidrólisis y condensación. El resultado es la formación de enlaces siloxano que generan un recubrimiento hidrofóbico estable sobre las partículas del suelo, disminuyendo la absorción de agua, mejorando la cohesión interna y aumentando la resistencia mecánica del material tratado (Arkles, 1977).

2.2.5.2 Tipos de Organosilano

Los organosilanos pueden clasificarse según diferentes criterios, cada uno asociado a cualidades técnicas que determinan su uso en la estabilización de suelos. Según el grupo orgánico funcional (R):

- **Amino-silanos.** Poseen grupos amino que incrementan la reactividad y mejoran la adhesión entre partículas minerales. Son empleados cuando se busca mayor cohesión y desempeño mecánico (Daniels Hourani, 2009).
- **Epoxi-silanos.** Incorporan grupos epoxi capaces de generar redes rígidas tras la condensación. Aumentan la estabilidad frente a la humedad y mejoran el comportamiento ante cargas cíclicas.
- **Metacriloxi-silanos.** Forman estructuras poliméricas resistentes sobre los minerales, lo que incrementa la durabilidad y la resistencia al desgaste del suelo tratado.
- **Alquilo-silanos.** Presentan la mayor capacidad hidrofóbica entre los organosilanos. Reducen significativamente la absorción de agua, el hinchamiento y la variación volumétrica del suelo o (Daniels Hourani, 2009).

Según el grupo hidrolizable (OR'):

- **Metoxi-silanos.** Alta velocidad de hidrólisis y gran reactividad. Utilizados cuando

se requiere una reacción rápida y eficiente con minerales arcillosos (Plueddemann, 1991).

- **Etóxi-silanos.** Ofrecen una hidrólisis más controlada, lo que favorece una mejor penetración en el suelo antes de la reacción. Aptos para estabilizaciones profundas.
- **Acetoxi-silanos.** Hidrólisis más lenta y liberación de ácido acético. Se emplean cuando se necesita un control estricto del proceso químico (Plueddemann, 1991).

Según su función en la estabilización del suelo:

- **Hidrofobizantes.** Generan una capa repelente al agua que reduce la absorción, controlan la expansión y disminuyen la pérdida de resistencia en arcillas (Daniels Hourani, 2009).
- **Reticulantes químicos.** Forman enlaces entre partículas minerales, lo que incrementa la rigidez del suelo tratado y su capacidad para soportar esfuerzos.
- **Modificadores superficiales.** Ajustan la energía y la carga superficial de las partículas, reduciendo la dispersión y mejorando la estabilidad estructural de suelos finos (Daniels Hourani, 2009).

2.2.5.3 Organosilanos como estabilizador de suelos

Los aditivos a base de organosilanos comenzaron a utilizarse con mayor frecuencia desde finales del siglo XX, principalmente en proyectos de geotecnia y construcción vial que requerían mejorar la estabilidad de suelos expuestos a altas variaciones de humedad. Su aplicación se expandió a partir de investigaciones en química de superficies, cuyo propósito era lograr compuestos capaces de modificar de forma permanente el comportamiento hidrofílico de los minerales arcillosos (Plueddemann, 1991).

Diversos estudios han demostrado que los organosilanos actúan en el suelo mediante un mecanismo distinto al de los estabilizadores tradicionales. Su efecto principal no consiste en formar un aglutinante físico, sino en inducir una reacción química directa con los grupos hidroxilo presentes en las partículas minerales. Esta reacción genera enlaces (Si-O-Si), capaces de reducir la absorción de agua, el hinchamiento y la pérdida de resistencia asociada a procesos de saturación (Daniels Hourani, 2009).

En este sentido, los organosilanos forman parte del grupo de aditivos que proporcionan modificación química del suelo, actuando a nivel molecular mediante la formación de una capa hidrofóbica estable. De acuerdo con (Santoni et al., 2002), los silanos empleados con mayor frecuencia en la estabilización de suelos son los alquilo-silanos y amino-silanos, debido a su elevada afinidad por minerales arcillosos y su capacidad para generar estructuras químicas estables incluso bajo ciclos repetitivos de humedad.

(Tingle Webster, 2002) señalan que, tras la reacción de hidrólisis y condensación, los organosilanos forman un sistema reticulado que disminuye la humedad del suelo tratado y mejora su resistencia al corte. (Daniels Hourani, 2009). destacan que estos compuestos reducen significativamente la dispersión de arcillas montmorilloníticas y controlan la variación volumétrica, una propiedad esencial en el diseño de estructuras viales construidas sobre suelos de alta plasticidad.

En el contexto peruano, (Loayza , 2021) verificó que el uso de Terrasil® produjo un incremento de la densidad seca y una reducción de la humedad óptima en suelos arcillosos empleados en caminos rurales. De manera complementaria, Castillo (2022, p. 54) demostró que la combinación de organosilano con un pequeño porcentaje de cemento permitió aumentar el CBR entre un 70% y 120%, logrando un material más estable, con menor succión y mejor desempeño frente a la saturación y el tránsito repetitivo.

En conjunto, estos resultados indican que los organosilanos aportan una modificación química profunda, capaz de mejorar la respuesta mecánica del suelo, reducir la erosión superficial y limitar la degradación provocada por el agua, especialmente en suelos arcillosos de vías no pavimentadas.

2.2.5.4 Organosilano comerciales

Las normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú no incluyen procedimientos constructivos específicos para el uso de organosilanos en la estabilización de suelos. Por ello, su empleo se fundamenta en investigaciones universitarias, experiencias internacionales y recomendaciones de los fabricantes.

De acuerdo con estudios peruanos ((Loayza , 2021); (Quillahuamán, 2023)), se identificaron siete aditivos comerciales disponibles en el mercado nacional y latinoamericano:

- **Terrasil-Zydex Industries.** Aditivo organosilano 100%, utilizado para impermeabilización profunda y estabilización química. Reduce absorción y elimina hinchamiento (BREM SAC, 2015).
- **Terrasil-Distribución BREM S.A.C. (Perú).** Versión distribuida en el mercado peruano para estabilización de caminos rurales expuestos a humedad (BREM SAC, 2015).
- **Terrasil+-OptimaSoil.** Aditivo hidrofóbico de mayor capacidad de penetración, empleado en estabilización profunda de arcillas húmedas (Optimasoil, 2020).
- **ZycoBond-Zydex Industries.** Sellador superficial basado en silano-siloxano para control de erosión y mayor cohesión superficial (Geomesast, 2018).
- **SoilTac-Soilworks®.** Aditivo compuesto por polímeros y silanos reactivos, usado para estabilización ligera y control de polvo (Soilworks, 2023).

- **IntegraBase-Zydex Group.** Sistema estabilizador que combina organosilanos con aditivos minerales para mejorar bases expuestas a humedad (Zydex Group, 2019, p. 6).
- **PREI 16-ProRoad Global.** Aditivo iónico con componentes silánicos para estabilización química de suelos finos (Pro-road, 2023).

Las características más relevantes de este producto, extraídas de sus características específicas y propiedades según fabricante, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5.
Características del Organosilano

Características	Descripción
Descripción química	Organosilano iónico no tóxico
Estado de presentación	Líquido
Color	Rojizo Pálido
Dosificación recomendada	0.2 - 2 kg/m ³
Campo de aplicación según fabricante	Funciona en todo tipo de suelos, desde suelos granulares hasta los más finos, plásticos, expansivos o con contenido orgánico.
Norma MTC E 1109-2004	Sí
Tiempo de curado	El secado y la adquisición de la propiedad hidrófoba permanente del suelo se alcanza después de un período de 24 horas.

Nota. Elaboración Propia

En esta investigación se toma la dosificación recomendada del Organosilano de (1 kg/m³ de suelo seco); sin embargo, esta dosificación no necesariamente es la más adecuada para todo tipo de suelo, ya que cada suelo presenta características distintas que pueden afectar su comportamiento. No se modificará dicha dosificación del Organosilano debido a limitaciones de presupuesto, centrándose la investigación en evaluar distintas proporciones de cemento combinadas con el Organosilano.

2.2.6 Caracterización de las muestras de suelo

2.2.6.1 Granulometría por tamizado

La granulometría es probablemente la propiedad más característica de un suelo, hasta el punto de que, en el lenguaje cotidiano, los suelos se clasifican según el tamaño de sus partículas, como grava, gravilla, arena, arcilla o limo. En el ámbito de la ingeniería, debido a su relevancia, es esencial determinar la granulometría de manera cuantitativa, identificando la proporción de los diferentes tamaños de partículas presentes en una muestra

de suelo. Su medición, que además es sencilla, la posiciona como una de las propiedades más empleadas en la clasificación de suelos. El procedimiento implica medir la masa de suelo seco y desmenuzado que queda retenida entre dos tamices consecutivos de una serie específica, para luego calcular el porcentaje que representa dicha masa en relación con el total de la muestra. Según la [NTP 339.128 \(2019\)](#) define de la siguiente manera:

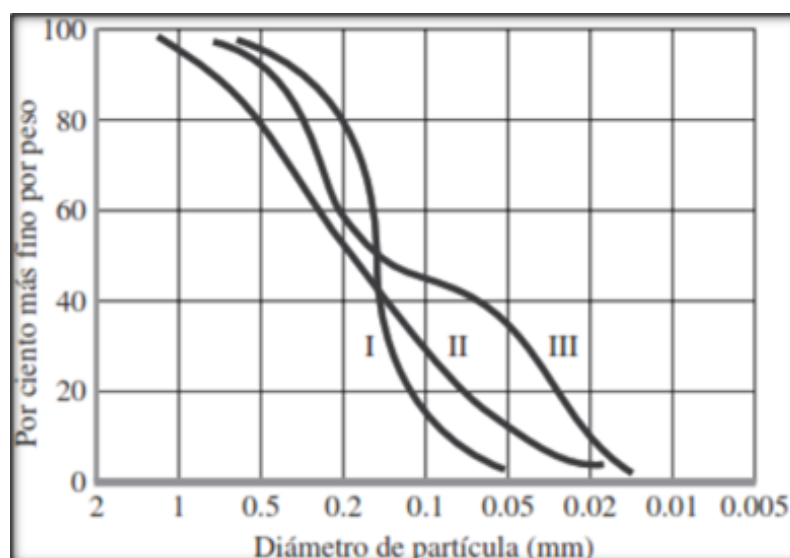
Consiste en determinar su distribución granulométrica de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo. Las partículas de diámetros mayores a 75 μm “retenido en el tamiz N°200” se efectúa por tamizado, mientras que la determinación de las partículas menores a 75 μm se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes para lo cual se utiliza un densímetro. (pag. 2)

De acuerdo con ([Juarez Rico, 2005](#)) el tamaño de las partículas del suelo proporciona un criterio clave para su clasificación descriptiva. Este enfoque ha sido utilizado en mecánica de suelos desde sus inicios. En un principio, el suelo se dividía en tres o cuatro fracciones debido a la complejidad de los métodos disponibles para la separación por tamaños. Sin embargo, con la introducción de la técnica de cribado, se hizo posible trazar curvas granulométricas, permitiendo una clasificación más detallada al agrupar las partículas del suelo en un mayor número de categorías según su tamaño (p. 98).

La curva granulométría para diferentes tamaños de partículas se observa en la siguiente figura.

Figura 9.

Diferentes tipos de curvas granulométricas



Nota. (Das, 2015)

Al analizar las curvas granulométricas, es posible determinar no solo los diversos tamaños

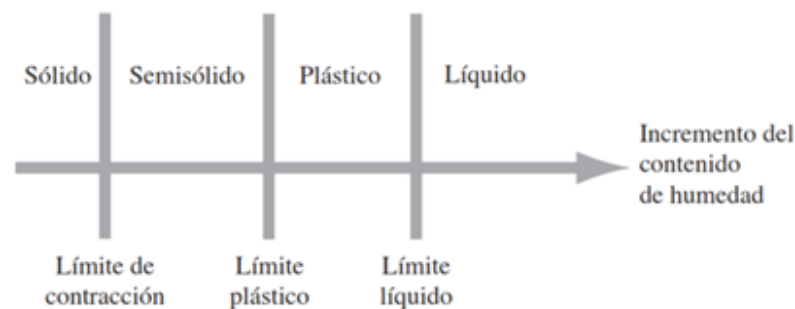
de las partículas que conforman el suelo, sino también cómo se distribuyen estas dentro de la muestra. En la figura 9, la curva I corresponde a un suelo mal graduado, caracterizado por partículas de tamaño similar; la curva II representa un suelo bien graduado, que presenta una amplia variedad de tamaños de partículas; y la curva III muestra un suelo compuesto por una o más fracciones de partículas con una graduación uniforme. Para este estudio, se utilizará como referencia el manual técnico del Ministerio de Transportes MTC E 204, la cual se basa en la norma ASTM D 422 (Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils)

2.2.6.2 Límites de Atterberg

De acuerdo con [Bowles \(1981\)](#), los límites líquido y plástico permiten identificar los distintos estados de consistencia que puede presentar un suelo, los cuales varían según su composición y nivel de humedad, lo que influye en sus propiedades y comportamiento. Atterberg, un científico sueco especializado en agricultura, fue quien definió estos estados mediante la introducción de límites como los de cohesión, pegajosidad, contracción, plástico y líquido. En la actualidad, los límites líquido y plástico, denominados conjuntamente como límites de Atterberg, se emplean de manera global como una herramienta fundamental para la clasificación de suelos.

[\(Das, 2015\)](#) Braja M. Das separa según como se comporte el suelo en 4 estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido como en la figura siguiente.

Figura 10. *Límites de atterberg*



Nota. (Das, 2015)

Los límites de Atterberg consisten en tres parámetros clave que permiten evaluar cómo un suelo cambia de estado en función de su contenido de humedad. En la actualidad, se han creado nuevos métodos de prueba que se basan en acciones mecánicas, como la huella que deja un suelo con un nivel específico de humedad al ser impactado por un cono estandarizado. Estas técnicas están siendo implementadas en varios países y podrían convertirse en estándares de uso común en el futuro ([Juárez, Rico, 2001](#)). A partir de los

límites líquido (LL) y plástico (LP), es posible determinar tres índices esenciales para el estudio de suelos: el índice de plasticidad (IP), el índice de consistencia (IC) y el índice de fluidez (IF). Las ecuaciones utilizadas para calcular estos índices son las siguientes:

$$IP = LL - LP, \quad Ic = \frac{LL - h}{LL - LP} \quad y \quad If = \frac{h - LP}{LL - LP}$$

El índice de consistencia toma un valor de 0 en el caso de la humedad del límite líquido y de 1 en el del límite plástico, mientras que el índice de fluidez es 0 para la humedad del límite plástico y 1 para la del límite líquido. (Juárez, Rico, 2001).

- **Límite líquido**

Este límite representa el porcentaje de humedad en el cual el suelo pasa del estado líquido al estado plástico. Su valor se determina de manera arbitraria mediante un ensayo que mide el cierre de un surco hecho con una herramienta especializada, llamada copa de Casagrande, cuando este se cierra a una distancia de 13 mm (1/2 pulgada). El procedimiento consiste en dejar caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm, con una frecuencia de dos golpes por segundo. MTC (2016, pág. 67) La norma del ensayo a usar este dado por MTC E110 y NTP 339.129

- **Límite plástico**

Se define como el contenido de humedad más bajo con el cual es posible moldear barras de suelo de aproximadamente 3,2 mm (1/8") de diámetro, al rodar el material entre la palma de la mano y una superficie lisa, como vidrio esmerilado, sin que estas barras se desintegren. Este procedimiento está descrito en el MTC (2016, pág. 72). Los ensayos para determinar el límite plástico se rigen por las normas ASTM D-4318 y MTC E111.

- **Índice plástico**

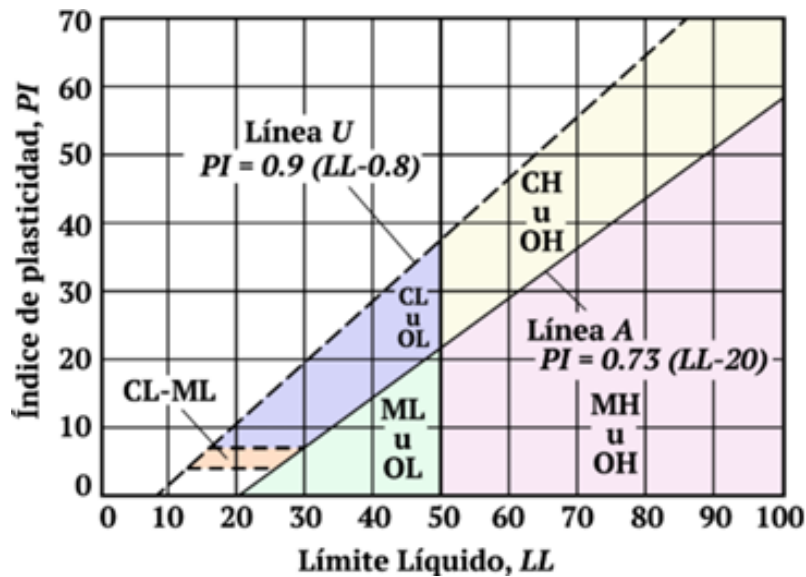
(Juarez Rico, 2005) Atterberg identificó la diferencia entre los valores del límite líquido y el límite plástico, a la cual denominó Índice plástico. Este parámetro se relaciona con la cantidad de arena añadida, lo que facilita su determinación. Por ello, se recomienda utilizar el índice plástico como un segundo parámetro para definir la plasticidad del suelo, en lugar de depender únicamente de la arena. Tanto el límite líquido como el límite plástico se ven influenciados por la cantidad y el tipo de arcilla presente en el suelo. Sin embargo, el índice de plasticidad depende principalmente de la cantidad de arcilla que hay en el material.

- **Carta de plasticidad**

El gráfico de plasticidad es un recurso útil para la categorización de suelos finos. En este gráfico, se destacan dos líneas clave: la línea A y la línea U. La línea U se encuentra por encima de la línea A y representa el límite máximo de la proporción entre el índice de plasticidad y el límite líquido para todos los tipos de suelos conocidos hasta la fecha

Figura 11.

Carta de Plasticidad



Nota. ASTM D-2487-93

2.2.6.3 Proctor modificado

(Montejo, 2002) afirma que: conforme fueron aumentando las cargas sobre las terracerías por el uso de camiones y aeronaves cada vez más pesados, se vio la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias en muchos materiales usando mayor trabajo de compactación. Por esta razón se desarrolló la prueba del Proctor modificado, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas de los suelos y reducir los espacios vacíos (p.486)

El procedimiento seguido en esta investigación se basa en el reglamento MTC (2016, pág. 105), el cual hace referencia a la norma ASTM D-1557. De los tres métodos descritos en el manual del MTC, se optó por el método C. Este método utiliza un molde de mayores dimensiones en comparación con el Proctor estándar: 6 pulgadas de diámetro exterior y 6 pulgadas de altura.

El proceso de compactación se realiza en cinco capas, cada una con un espesor de 2.5 cm. Para ello, se emplea un compactador de 10 libras (4.540 kg) que se deja caer desde una altura de 18 pulgadas, aplicando 25 golpes por capa. El ensayo se lleva a cabo

con partículas de suelo menores a 20 mm. En caso de que el suelo contenga partículas más gruesas, estas se sustituyen por un peso equivalente de partículas con tamaños entre 5 y 20 milímetros. En resumen, el ensayo Proctor modificado es un procedimiento de compactación en laboratorio que utiliza una energía de compactación mayor que la del Proctor estándar. Su objetivo principal es determinar el óptimo contenido de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS) del material, parámetros esenciales para la construcción de bases y subbases de pavimentos. Este ensayo es un paso previo al ensayo CBR (California Bearing Ratio).

Con respecto al método C se tiene lo siguiente:

a) Equipos de laboratorio

- Balanza con sensibilidad de 0.01 gramos
- Molde: con 6 pulgadas de diámetro (152.4 mm)
- Pisón o martillo con una masa de 4.54 ± 0.01 kg (10 ± 0.02 lb)
- Espátula y enrazador y recipientes para almacenar el agregado
- Horno con temperatura a $110 \pm 5^\circ\text{C}$

b) Selección de la muestra de ensayo 2 La cantidad de muestra necesaria varía según el método empleado. En nuestro caso, al utilizar el método C, se requieren 5.5 kg de material por cada molde.

c) Procedimiento del ensayo

- Los moldes son seleccionados adecuadamente para la prueba. Acerca de la utilización del MÉTODO C, se utiliza un molde de 6 pulgadas de diámetro, registrando su peso y dimensiones. Para el ensayo se requieren cuatro moldes.
- Se instala el collar de extensión en cada molde.
- Se determinan cuatro proporciones diferentes de agua que permitan alcanzar el contenido óptimo de humedad en la muestra.
- Cada muestra se prepara ajustando los porcentajes de agua según los valores predefinidos, y luego se lleva a cabo el proceso de compactación. Para ello, la muestra se deposita en el molde en cinco capas, aplicando 56 golpes por capa con el pisón. Además, se debe medir la humedad natural de la muestra.
- Tras completar la compactación, se retira el collar del molde y se enrasa la superficie.
- Finalmente, se registra el peso del molde junto con la muestra compactada. Este procedimiento se repite para los demás moldes.

2.2.6.4 California Bearing Ratio (CBR)

- **Origen**

(Osorio Casas, 2011) El método CBR fue creado en 1929 por los ingenieros T.E. Stanton y O.J. Porter perteneciente al departamento de Carreteras de California. Desde su creación, el método CBR ha sido ampliamente utilizado en Europa y América para clasificar suelos destinados a subrasantes o materiales de base en la construcción de carreteras. En la época la Segunda Guerra Mundial, el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos adoptó este método para la construcción de aeropuertos.

- **Definición**

De acuerdo con Sánchez (2018), el Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR, por sus siglas en inglés) es un método empleado para evaluar la calidad de un material de suelo basándose en su resistencia, la cual se mide a través de una prueba de placa a escala. A pesar de que esta técnica fue creada en 1925, no se integró a los estándares norteamericanos ASTM (American Standards for Testing and Materials) en su formato de laboratorio hasta 1964.

De acuerdo con el MTC (2016, p. 105), el ensayo CBR es utilizado para calcular el índice de resistencia de los suelos, el cual sirve para evaluar la capacidad de soporte tanto del suelo de subrasante como de los materiales empleados en bases y subbases de pavimentos. Este procedimiento se fundamenta en los resultados previos del ensayo Proctor modificado, en particular el contenido óptimo de humedad (OCH) y la densidad seca máxima (MDS). Por su parte, Arque (1978) señala que este ensayo tiene como objetivo estimar la capacidad de carga de un suelo bajo la acción de las ruedas, es decir, su capacidad para soportar, dentro de una estructura vial, las cargas móviles que circularán sobre ella. Como parte del procedimiento, es necesario realizar ciertos cálculos previos con la muestra a ensayar.

- **Humedad de Compactación**

Las muestras deben compactarse utilizando el contenido de humedad óptimo del suelo, el cual se determina mediante un ensayo Proctor.

- **Densidad Seca**

Se calcula a partir de la masa del suelo antes de la inmersión y el volumen que ocupa el suelo.

- **Expansión**

Se obtiene como la diferencia entre las deformaciones antes y después de la inmersión, expresada en porcentaje con respecto a la altura de la muestra (127 mm).

- Presión de penetración

Representa la relación entre los datos de presión y penetración obtenidos durante el ensayo.

- CBR

Indica la relación entre la presión necesaria para que el pistón alcance una penetración específica en el suelo (2.54 mm y 5.08 mm) y la presión equivalente requerida para lograr la misma penetración en un suelo de referencia. El resultado se expresa en porcentaje.

- **Valores del CBR de suelos según aproximación del AASTHO**

La Tabla siguiente muestra la clasificación de suelos según el sistema AASTHO, incluyendo los valores de densidad seca y los intervalos de CBR asociados a cada tipo de suelo. Estos datos forman parte del Suplemento de la Guía de Diseño de Estructuras de Pavimentos AASTHO de 1998. En la tabla, se puede apreciar que los suelos tipo CL tienen valores de CBR que varían entre el 5% y el 15% (Yoder Witzcak, 1975, citado en NCHRP, 2001, p. 8; AASTHO, 1998, citado en Gonzáles, 2015)

Tabla 6.

Valores recomendados de CBR según AASTHO

Clasificación AASTHO	Descripción	Clasificación SUCS	Densidad seca kg/m³	CBR %	K pci
<i>Suelos Finos</i>					
A-4	Limo, Mezcla limo/arena/grava	ML, OL	1440 - 1680	4 - 8	25 - 165*
			1600 - 2000	5 - 15	40 - 220*
A-5	Limo mezclado	MH	1280 - 1600	4 - 8	25 - 190*
A-6	Arcilla plástica	CL	1600 - 2000	5 - 15	25 - 255*
A-7-5	Arcilla elastoplástica moderada	CL, OL	1440 - 2000	4 - 15	25 - 215*
A-7-6	Arcilla elastoplástica elevada	CH, OH	1280 - 1760	3 - 5	40 - 220*

Nota. Adaptado de (AASTHO, 1998 citado por Gonzáles, 2015)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Afirmado

Es una capa compuesta por material granular, natural o procesado, diseñada con una gradación específica para soportar el peso y la presión generados por el tráfico. Esta capa incluye una proporción adecuada de finos cohesivos que permiten la unión entre partículas,

proporcionando estabilidad. Sirve como superficie de rodadura en vías y carreteras que no cuentan con pavimentación. (MTC, 2015).

De acuerdo con el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito (MTC, 2008) y el manual de carreteras: Sección suelos y pavimentos (MTC, 2014), el suelo como afirmado debe cumplir con determinadas especificaciones para ser considerado apto para su uso. Cada tipo de afirmado debe estar asociado a una distribución granulométrica específica.

Figura 12.

Granulometría de afirmado según IMD

Porcentaje que pasa del tamiz	Tráfico T0 y T1: Tipo 1 IMD<50 veh.	Tráfico T2: Tipo 2 51 - 100 veh.	Tráfico T3: Tipo 3 101 - 200 veh.
50 mm (2")	100	100	
37.5 mm (1 ½")		95 - 100	100
25 mm (1")	50 - 80	75 - 95	90 - 100
19 mm (¾")			65 - 100
12.5 mm (½")			
9.5 mm (3/8")		40 - 75	45 - 80
4.75 mm (Nº 4)	20 - 50	30 - 60	30 - 65
2.36 mm (Nº 8)			
2.00 mm (Nº 10)		20 - 45	22 - 52
4.25 um (Nº 40)		15 - 30	15 - 35
75 um (Nº 200)	4 - 12	5 - 15	5 - 20
Índice de plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9

Nota. (MTC, 2008)

Además, deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

Desgaste de los ángeles :50 % máx. (MTC E 207)

Límite líquido :35 % máx. (MTC E 110)

CBR :40 % mín. (MTC E 132)

Figura 13.*Características del material afirmado*

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm (2")				
37.5 mm (1½")				
25 mm (1")	100	100	100	100
19 mm (¾")				
12.5 mm (½")				
9.5 mm (3/8")	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm (N° 4)	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm (N° 8)				
2.0 mm (N° 10)	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um (N° 40)	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um (N° 200)	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Índice de Plasticidad	4 - 9	4 - 9	4 - 9	4 - 9
Límite Líquido	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%	Máx. 35%
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%	Máx. 50%
CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%	Min. 40%

Nota. (MTC, 2014)**Cemento**

El cemento es un polvo que se endurece al mezclarse con agua. Se fabrica a partir de caliza y arcilla calcinadas y molidas. Al combinarse con agregados como arena, grava o piedra triturada, actúa como un adhesivo que une estos materiales para formar el concreto, el material de construcción más versátil y utilizado en el mundo. En la norma técnica peruana NTP 334.009 clasifica en 5 tipos de cemento de acuerdo al uso.

-Cemento Tipo I: Uso general

Es adecuado para aplicaciones donde no se requieren características especiales propias de otros tipos de cemento. Se emplea en la construcción de pavimentos, pisos, puentes, tanques, embalses, tuberías, unidades de mampostería y productos de concreto prefabricado, entre otros.

-Cemento Tipo II y Tipo II(MH): Moderada resistencia a sulfatos y al calor de hidratación

Se recomienda para estructuras convencionales y elementos expuestos a suelos o aguas subterráneas con concentraciones moderadas de sulfatos o condiciones donde el calor de hidratación es superior al habitual, pero sin llegar a niveles extremos.

Su resistencia a los sulfatos es moderada, ya que contiene un máximo de 8% de aluminato tricálcico. Para minimizar el desgaste del concreto, es recomendable utilizar este cemento con una baja relación agua-material cementante y asegurar una permeabilidad baja.

-Cemento Tipo III: Altas resistencias iniciales

Este tipo de cemento proporciona una alta resistencia en etapas tempranas, generalmente en una semana o menos. Es similar al cemento Tipo I, pero con partículas molidas más finamente, lo que lo hace ideal para situaciones en las que se requiere retirar los encofrados rápidamente o cuando la estructura debe estar en servicio en un corto período de tiempo.

-Cemento Tipo IV: Para lograr bajo calor de hidratación

Este cemento se utiliza cuando es necesario reducir la tasa y la cantidad de calor generado durante el proceso de hidratación. Como resultado, desarrolla resistencia a un ritmo más lento en comparación con otros tipos de cemento. Es especialmente útil en estructuras de concreto masivo, donde el calor generado durante el endurecimiento puede elevar la temperatura y debe ser controlado para evitar problemas.

-Cemento Tipo V: Alta resistencia a sulfatos

Caracterizado por su alta resistencia a sulfatos, este cemento es ideal para concretos que están en contacto con suelos y aguas subterráneas con alta concentración de sulfatos. Su elevada resistencia se debe a su bajo contenido de aluminato tricálcico, que no supera el 5%.

Carreteras no pavimentadas

Se refiere a una vía en la que el tránsito se realiza directamente sobre la superficie del suelo compactada o natural, sin contar con una capa de revestimiento o pavimento que la proteja.

Propiedades Físico-mecánicas del suelo

Las propiedades físicas que un suelo posee son: peso volumétrico, peso específico, densidad, absorción, granulometría, textura, estructura, consistencia. Y Las propiedades mecánicas que los suelos poseen son: resistencia al corte, presión lateral del suelo, consolidación, capacidad de carga, permeabilidad y filtración y estabilidad de taludes.

Organosilano

Los organosilanos son compuestos químicos que contienen enlaces carbono-silicio en su estructura molecular. Su principal función es actuar como agentes de enlace entre materiales

orgánicos e inorgánicos, facilitando la adhesión y mejorando las propiedades mecánicas de los materiales tratados. En la estabilización de suelos, los organosilanos se utilizan para modificar la superficie de las partículas del suelo, reduciendo la absorción de agua y aumentando la resistencia y durabilidad del material estabilizado.

Polímero

Un polímero es una sustancia química compuesta por macromoléculas formadas por la repetición de unidades estructurales llamadas monómeros. Estas macromoléculas tienen propiedades únicas que varían según su composición y estructura, lo que les permite ser utilizadas en diversas aplicaciones industriales y científicas. En la estabilización de suelos, los polímeros se emplean para mejorar la cohesión y la resistencia de los materiales, ya que forman enlaces entre las partículas del suelo, incrementando su capacidad portante y reduciendo su deformación bajo cargas.

Rentabilidad

Se refiere a la relación costo-beneficio de utilizar materiales y técnicas específicas en la estabilización de suelos, considerando factores como durabilidad, reducción de mantenimiento, y disponibilidad de recursos.

Resistencia del suelo

Es la capacidad del suelo para soportar esfuerzos sin experimentar fallas. Este término incluye conceptos como la resistencia al corte, la resistencia a la compresión y la capacidad portante, que son fundamentales en el diseño y la construcción de infraestructura.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 DISEÑO METODOLÓGICO

3.1.1 Tipos de investigación

El tipo metodológico de esta investigación se fundamentará en la clasificación de los tipos de estudio propuesta por el Dr. José Antonio Supo Condori (Supo, 2014).

- Según la intervención del investigador: “Experimental” porque los datos son recogidos por el mismo investigador (primarios)
- Según la planificación de mediciones: Prospectivo
- Según el número de mediciones de la variable de estudio: Longitudinal
- Según el número de variables de interés: Analítico

3.1.2 Nivel de investigación

El nivel o alcance de una investigación se define según los propósitos planteados. En esta investigación, se pretende analizar la adición de un polímero combinado con cemento tipo I en un suelo arcilloso, así como la incorporación de un aditivo organosilano junto con cemento, con el fin de estabilizar dicho suelo a nivel de capa de rodadura. Se busca comparar si estas combinaciones presentan una mejora significativa en relación a un afirmado convencional. Por lo tanto, la investigación tiene un alcance de nivel **Relacional**, ya que busca establecer la dependencia probabilística entre la aplicación de estos materiales y la mejora en la estabilización del suelo (Supo, 2014).

3.1.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es Experimental, ya que se pretende manipular las variables de asociación, que en este caso son las diferentes dosificaciones del polímero con cemento y del organosilano con cemento, para observar el efecto que causan en las variables dependientes, que son las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso estabilizado con estas combinaciones. Como indica Hernández (2014, pág. 130), “los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula”.

3.1.4 Población y muestra

La población de estudio serán todo el material arcilloso de la subrasante de la vía Huambo-Alcamenca que puede ser usado directamente como afirmado en la capa de rodadura localizado en el proyecto del camino vecinal PE-32A (DV. Puente Cangallo)–Alcamenca-Huambo.

En esta investigación las muestras son no probabilísticas, ya que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las causas relacionadas a los propósitos del investigador.

(Hernández, 2014)

La muestra de estudio está determinada por el número de ensayos CBR de las muestras obtenidas de los suelos (Km 9+400 y Km 3+000). Se analizará las muestras del suelo natural, así mismo a los suelos tratados, estabilización con el polímero y el organosilano utilizando las dosificaciones de fábrica recomendadas, estos a su vez serán añadidos en 04 dosificaciones diferentes de cemento que en total será 10 ensayos de CBR.

3.1.5 Técnicas e instrumentos

Para poder contrastar la hipótesis general y las hipótesis específicas se necesita aplicar lo siguiente:

3.1.5.1 Técnicas

Dado que esta investigación es de tipo experimental y prospectivo, se procederá a manipular las variables. En consecuencia, la técnica de recolección de datos será la observación, la cual implica la recopilación directa de información medida por el investigador. En este contexto, se considera lo siguiente:

A. Técnica de análisis documental

Se llevó a cabo una búsqueda detallada de bibliografía, artículos científicos, documentos oficiales y recursos digitales relacionados con el campo de estudio. El propósito fue recopilar la información y fundamentos requeridos para desarrollar la investigación.

- Excavación de calicatas y obtención de muestras de suelos y rocas según (MTC E 101 - ASTM D 420).
- Se realizó la toma de muestras por estratos de las calicatas para obtener el perfil estratigráfico del suelo.
- La conservación y transporte de muestras se realizó según la norma (MTC E 104 – ASTM D 4220).

B. Técnica de trabajo de campo

Incluye la recolección, preparación de las muestras y materiales requeridos, seguida de la elaboración de un diseño óptimo en el laboratorio, alineado con los objetivos de la investigación.

3.1.5.2 Instrumentos

Se llevó a cabo una búsqueda detallada de bibliografía, artículos científicos, documentos oficiales y recursos digitales relacionados con el campo de estudio. El propósito fue recopilar la información y fundamentos requeridos para desarrollar la investigación. En general, las normas aplicables para los ensayos son:

Ensayo granulométrico: ASTM C 136-01, MTC E 204 y NTP 339.128.

Límites de Atterberg: ASTM D-4318, MTC E110, MTC E111 y NTP 339.129.

Proctor modificado: AASHTO T 180, MTC E 115 y NTP 339.141.

Ensayo CBR: AASHTO T 193, ASTM D 1883, MTC E 132 y NTP 339.145.

3.1.5.3 Trabajos de gabinete

- Procesamiento, análisis y contrastación de resultados.
- Análisis documental y contenidos (libros, normas y reglamentos).
- Procesamiento estadístico.

Además, es importante que se indique que los ensayos realizados y trabajos de laboratorio se llevaron a cabo en el establecimiento de trabajo del Laboratorio AKHISE, situado en el distrito de Ayacucho.

3.1.6 Técnica de procesamiento y análisis de estudios

Para el procesamiento de la información, se utilizaron los programas Microsoft Excel y SPSS para la elaboración de tablas y gráficos. Además, se aplicó la prueba estadística inferencial ANOVA para muestras independientes con el fin de contrastar las hipótesis formuladas en esta investigación.

3.1.7 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

En el nivel relacional se observa que la comparación es de grupos independientes o de muestras relacionadas. Es por eso que se atribuye la denominación a las variables de Asociación y supervisión (Supo, 2014).

Tabla 7.

Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR FINAL	INSTRUMENTOS	POBLACIÓN Y MUESTRA	TIPO DE VARIABLE
Independiente	Unidimensional					
Estabilización de suelos arcillosos con Polímero y Organosilano incorporados con cemento	Estabilización de suelos	Cantera de suelo arcilloso		Ficha de caracterización del suelo extraído y las condiciones iniciales	<ul style="list-style-type: none"> •La población, suelo arcilloso de la subrasante de tramo en estudio (distrito Alcamenca) •La muestra no probabilística, suelo extraído con determinación y por conveniencia 	Cuantitativa continua (escala de razón), operacionalizada en niveles experimentales de dosificación (% en masa)
		Cemento		Formato de control de calidad del material para verificaciones		
		Polímero y Organosilano	% en Masa	Fichas de dosificación y preparación de mezclas del cemento, polímero y del Organosilano		
		Mezcla en (%) según norma		Fichas técnicas del procedimiento de estabilización de los productos químicos Bitácora o acta de ensayo de laboratorio de los ensayos		
Dependiente	Multidimensional					
Mejoramiento de la resistencia del suelo y la rentabilidad.	Propiedades físico mecánicas		Grupo SUCS	Ficha de resultados de clasificación SUCS (incluye: granulometría + límites de Atterberg + grupo SUCS final).		• Clasificación SUCS: Cualitativa nominal
		Clasificación SUCS	LL<35%, 4%<IP<9%	Registro de compactación Proctor (estándar o modificado, según diseño) (incluye: densidad seca máxima, humedad óptima, curva de compactación y repeticiones).		• Parámetros (humedad óptima y peso unitario seco máximo): Cuantitativa continua, escala de razón
		Parámetros de compactación	w óptima (%) y yd máx (kN/m ³)	Formato de ensayo CBR (incluye: condición del ensayo, remojo/no remojo, expansión, cargas y cálculo final de CBR %)		
	Capacidad de soporte California-CBR (%)	Mínimo 40%	Lista de control de calibración de equipos (balanza, moldes, prensa, compactador, etc., con fecha de verificación). Guía de protocolos de laboratorio	• CBR (%): Cuantitativa continua, escala de razón		
Rentabilidad (Costo-Beneficio)		Costo por m ³ de suelo estabilizado	S/. (Unidad Monetaria)	Ficha de análisis de costos por tratamiento		• Rentabilidad: Cuantitativa continua, escala de razón
		Ahorro proyectado vs. método tradicional	% de Ahorro	Formato de análisis costo beneficio		

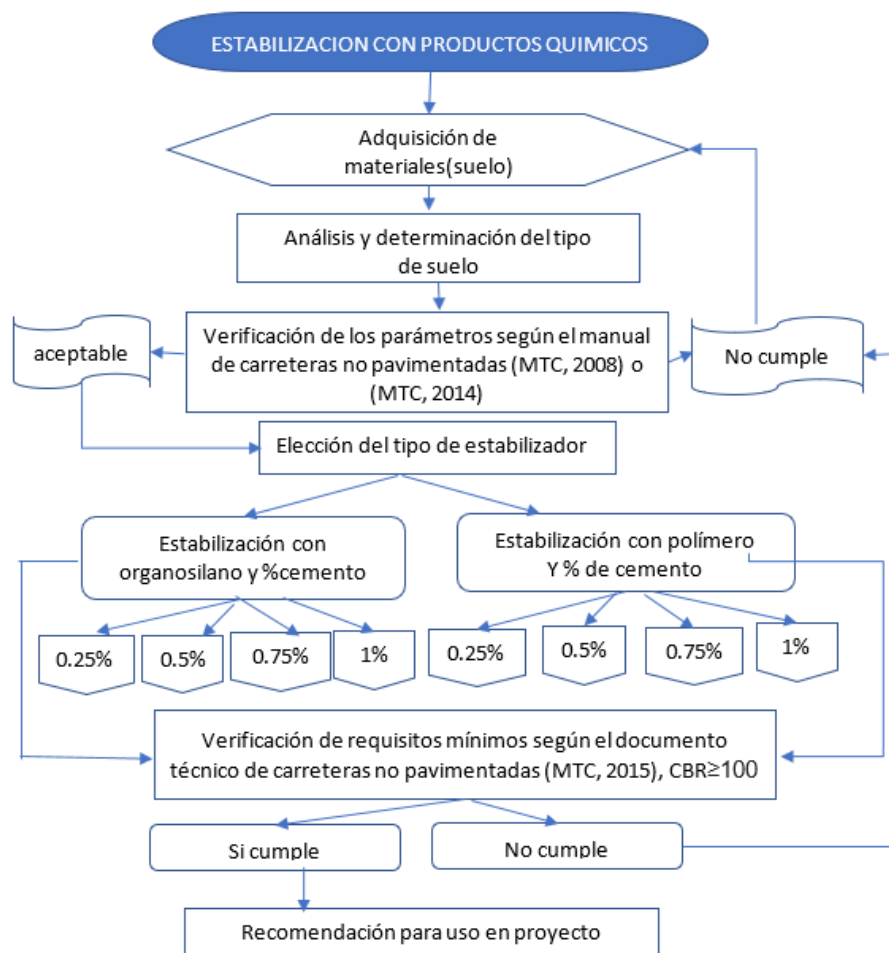
Nota. Elaboración propia.

3.2 MATERIAL DE INVESTIGACION

El desarrollo de la presente investigación se llevó a cabo en el esquema siguiente que se presenta. En cada uno de los procesos de ensayo, se recopilaron los datos requeridos, iniciando con la recolección de la muestra natural de suelo arcilloso como primera etapa. Posteriormente, se incorporaron los estabilizantes, es decir, el organosilano con cemento y en otra etapa el polímero con cemento, variando las proporciones de cemento en ambas combinaciones para evaluar el efecto que producen en el valor de CBR del suelo estabilizado. El diagrama presenta la metodología aplicada con los estabilizantes químicos para el análisis realizado en esta investigación.

Figura 14.

Diagrama de la metodología para la estabilización de suelo



Nota. Elaboración propia.

3.2.1 Extracción de material de la Subrasante

Se realizó una visita al tramo de la vía ubicado en el distrito de Alcamenca (Figura 16), donde se extrajeron muestras de la subrasante mediante la excavación de 02 calcatas. En

total se recolectaron aproximadamente 300 kg de material.

Figura 15.

Visita a la vía para la recolección de material



Las muestras recolectadas fueron sometidas a las pruebas estándar y especiales, entre las cuales se destacó el ensayo CBR. Este se ejecutó variando las dosificaciones de cemento, respetando las proporciones establecidas por el fabricante para cada polímero y organosilano comercial empleado. En la Tabla 8 se especifica la cantidad total de ensayos CBR realizados en el laboratorio Akhise Geotecnia y Concreto.

Tabla 8.

Cantidad de muestras para ensayo de CBR

Muestra	Producto	% Cemento	Dosificación
M-01	Muestra natural (base)		
M-10			
M-02	Polímero	0.25 %	1 kg/50 ton.
M-03		0.50 %	
M-04		0.75 %	
M-05		1.00 %	
M-06	Organosilano	0.25 %	1 kg/m ³
M-07		0.50 %	
M-08		0.75 %	
M-09		1.00 %	

Nota. Elaboración propia.

3.2.2 Ensayos de laboratorio en muestras de suelo natural

Para analizar las propiedades físico-mecánicas del suelo arcilloso extraído de la subrasante de la vía y con la posibilidad de mejorar las características del suelo mediante la incorporación de polímero junto con el cemento, así como la incorporación del organosilano junto con el cemento, para ello se empleará el procedimiento de los ensayos en laboratorio establecido en

el Manual de Ensayo de Materiales actualizado y autorizado por la Resolución Directoral N° 18-2016-MTC/14 del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), de fecha 3 de junio de 2016. A continuación, se detallan los ensayos que se realizarán para determinar la eficacia de ambas combinaciones en el mejoramiento del suelo:

- Ensayo Granulométrico de Suelos por Tamizado MTC E 107
- Ensayo Límites de Consistencia MTC E 110 Y MTC E 111
- Contenido de Humedad del Suelo MTC E 108
- Ensayo Proctor Modificado MTC E 115
- Ensayo CBR (California Bearing Ratio) MTC E 132

3.2.2.1 Granulometría de suelos por tamizado MTC E 107

- Preparación de las muestras

Figura 16.

Preparación de la muestra natural para tamizado



Nota. El material se dejó secar a temperatura ambiente durante un período de 2 días

- Tamizado

La granulometría se refiere a la distribución de las partículas del suelo según su tamaño, la cual se determina mediante un proceso de tamizado a través de una serie de mallas de diferentes diámetros, hasta alcanzar el tamiz N° 200 (0.074 mm de diámetro). Este análisis considera el porcentaje de material que atraviesa cada malla para obtener una

caracterización general del suelo.

El estudio de granulometría consiste en generar una curva granulométrica, la cual se construye representando el tamaño de los tamices en relación con el porcentaje acumulado de material que pasa o es retenido en ellos, dependiendo del propósito del material. En el laboratorio, este proceso se realizó de la siguiente forma

- Luego de realizar el cuarteo, se procedió a pesar el suelo en su estado natural.
- La muestra cuarteada se seca en el horno a 110 ± 5 °C durante 24 horas, para eliminar la humedad natural, Una vez seca, se pesa la muestra total para tener el peso seco inicial.
- Se lavaron las muestras usando la malla 200 previamente pesadas para separar las partículas finas.
- Las muestras retenidas de la malla 200 fueron secadas en horno a 110 ± 5 °C durante 24 horas.
- Se peso el material lavado y seco para comparar con el peso inicial, permitiendo calcular el porcentaje de finos
- Finalmente, se llevó a cabo el proceso de tamizado, registrando el peso retenido en cada malla del tamiz.

Figura 17.

Procedimiento para el análisis granulométrico



Nota. se realizó 2 ensayos de granulometría para cada calicata que se obtuvo en campo

3.2.2.2 Límites de Consistencia MTC E 110, MTC E 111

La plasticidad de un suelo se define como su capacidad para ser moldeado. Esta propiedad depende principalmente de la cantidad de arcilla presente en el material que pasa por la malla N^o 200, ya que este componente actúa como agente ligante. Cuando el suelo tiene un alto contenido de humedad, se encuentra en un estado semilíquido, tan saturado que no puede ser moldeado. Sin embargo, a medida que se reduce el agua, el suelo alcanza un punto en el que, aunque aún contiene humedad, adquiere una consistencia que permite moldearlo y manipularlo; en este estado, se describe como plástico. Al continuar eliminando el agua, se alcanza un punto donde el material ya no es moldeable y se agrieta al intentar darle forma; en este caso, se dice que está en un estado semi seco. El contenido de humedad que marca la transición del estado semilíquido al plástico es conocido como el límite líquido (según la norma ASTM D-423), mientras que el contenido de humedad que indica el paso del estado plástico al semi seco es denominado límite plástico. Los pasos realizados de acuerdo con el manual del MTC fueron los siguientes:

- En primer lugar, se tamizó el material utilizando la malla N^o40 y se empleó el material

que pasa por la malla ya mencionada.

- Se recolectó una cantidad aproximada de 200 gramos, tal como lo establece la norma.
- Se llevó a cabo el procedimiento para determinar el límite líquido y el límite plástico.
- Las muestras se pesaron en pequeños moldes y se colocaron en el horno para determinar el contenido de humedad correspondiente.

Figura 18.

Ensayo de Límites de Atterberg



Nota. Elaboración propia.

Una vez completados los ensayos, se procedió a clasificar los materiales según los sistemas AASHTO y SUCS, dicha clasificación mostrándose en la sección de resultados.

3.2.2.3 Ensayo Proctor Modificado MTC E 115

Se prepararon cuatro especímenes de aproximadamente de 3kg cada uno, los cuales se humedecieron con cantidades de agua de 50, 100, 180 y 250 ml, respectivamente, según el tipo de suelo, para su posterior compactación. Estos especímenes se colocaron en moldes estandarizados y se compactaron en cinco capas, aplicando golpes de manera uniforme a una velocidad de 25 golpes por minuto, utilizando un pisón manual con un ángulo máximo de 5° respecto a la vertical.

Una vez finalizada la compactación, se registró el peso del molde junto con la muestra, asegurando su correcta identificación. La densidad máxima obtenida en este ensayo se utilizó posteriormente en el ensayo CBR, tanto para las muestras que incluyeron estabilizantes como para la muestra base.

Figura 19.

Ensayo Proctor Modificado, método A



Nota. Fue realizado en 04 bandejas separadas para 04 contenidos de humedad diferentes

3.2.2.4 Relación de Soporte de Californiana (CBR) MTC E 132

De acuerdo con las indicaciones del manual, se siguió el siguiente procedimiento para el cálculo de la capacidad de soporte de la muestra:

1. Preparación del material.

Se tamizó el suelo y se seleccionó el material que pasó a través de la malla de 3/4", asegurando que el tamaño de las partículas fuera el adecuado para el ensayo.

2. Humedecimiento del material.

Se recolectaron 18 kg de material y se humedecieron cuidadosamente hasta alcanzar un contenido de humedad cercano al óptimo, el cual se había determinado anteriormente mediante el ensayo de Proctor Modificado. Este proceso aseguró que el material estuviera en las condiciones adecuadas para los ensayos posteriores y garantizó la precisión y validez de los resultados obtenidos.

Figura 20.

Preparación de la muestra natural para el ensayo CBR



Nota. Elaboración propia.

3. Preparación de los especímenes.

- Se prepararon tres especímenes, colocando aproximadamente 6kg de material en cada molde.
- Cada muestra se compactó en 5 capas, aplicando golpes con el martillo según la siguiente distribución:
- Primer molde: 56 golpes por capa.
- Segundo molde: 25 golpes por capa.
- Tercer molde: 10 golpes por capa.
- Los golpes se distribuyeron de manera uniforme para asegurar una compactación adecuada.

4. Proceso de inmersión y medición de expansión:

- Se colocaron los pesos de sobrecarga en cada molde y se ajustó el medidor de expansión a cero.
- Los moldes con las muestras se sumergieron completamente en agua durante 96 horas (4 días).
- Cada 24 horas se verificó y registró la expansión de las muestras.

5. Ensayo de penetración:

Tras las 96 horas de inmersión de los especímenes en el agua, se retiraron los moldes y

se quitaron las pesas de sobrecarga de las muestras que debían someterse al ensayo de penetración. Las muestras se dejaron escurrir durante 15 minutos antes de llevarlas a la prensa de penetración para realizar el ensayo CBR

Figura 21.

Compactación en moldes y sumergido



Nota. Elaboración propia.

Figura 22.

Prueba de penetración a 0.1" (CBR)



Nota. Elaboración propia.

3.2.3 Ensayo de laboratorio (CBR) de las muestras con la aplicación de estabilizantes químicos

Cada producto obtenido ya cuenta con instrucciones específicas para los ensayos de laboratorio, de acuerdo con sus características técnicas, y su uso en el proceso del ensayo CBR, el cual solo presenta algunas diferencias en ciertos aspectos en comparación con el manual del MTC como el tiempo de curado antes de sumergirse los moldes con las muestras. En la siguiente figura se presentan los estabilizantes utilizados.

Figura 23.

Uso de los estabilizantes en laboratorio



Nota. Elaboración propia.

El manual técnico únicamente presenta los resultados esperados al emplear polímeros y organosilanos, pero no detalla los procedimientos específicos de ensayo, ya que cada producto requiere pruebas de laboratorio independientes para validar su comportamiento. Por otro lado, las muestras con una dosificación inferior al 2% se consideran no cementadas o sueltas, por lo que pueden evaluarse mediante el ensayo CBR correspondiente, al mantener las condiciones típicas de un material compactado sin aglomerantes significativos, es decir, su resistencia proviene principalmente del grado de compactación y no de reacciones químicas de endurecimiento. (FICEM, 2010; Iiev-Lima, 2020, 54:00).

3.2.3.1 Ensayo de la muestra con el polímero (Homopolímero) incorporado con cemento

Se utilizaron 18 kilogramos de suelo para preparar 3 moldes, correspondientes a diferentes niveles de compactación (10, 25 y 56 golpes), aplicados a cada dosificación de cemento combinada con polímero. La dosificación del polímero se basó en las especificaciones del producto, que indican 2 kg por cada 100 toneladas de suelo; por lo tanto, para 18 kg de muestra se utilizaron 0.36 gramos de polímero. La cantidad de agua añadida se calculó usando el contenido óptimo de humedad (OCH) obtenido mediante el ensayo Proctor modificado:

- El estabilizador (0.36 g) se mezcló con agua, utilizando un porcentaje de agua equivalente al contenido óptimo de humedad obtenido mediante el ensayo de compactación

Proctor modificado

- La solución de agua diluida con el polímero y juntamente con el cemento en concentraciones de 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1% se añadió a la muestra.

Figura 24.

Preparación del suelo y dosificación del Polímero con cemento



Nota. Elaboración propia.

- Después de mezclar el aditivo con la muestra manteniendo la humedad óptima, la muestra se dejó reposar aproximadamente por 2 horas para que el polímero reaccione con el suelo, cubriéndola con plástico para evitar la pérdida de humedad, cumplido la hora se realizó el mezclado con el cemento.
- Posteriormente, se procedió con la compactación de la mezcla en los moldes (10, 25 y 56 golpes).
- Los moldes se sumergieron en agua durante 4 días, midiendo diariamente el valor de la expansión. Finalmente, se realizó el ensayo de CBR, midiendo la penetración en una prensa.

Figura 25.

Ensayo CBR del suelo estabilizado con el polímero 3 y cemento



Nota. Elaboración propia.

Figura 26.

Ensayo en la prensa CBR con Polímero incorporado el cemento



Nota. Elaboración propia.

3.2.3.2 Ensayo de la muestra con el Organosilano incorporado con cemento

Para el ensayo CBR, se utilizó el contenido de humedad óptimo (OCH) calculado en el ensayo Proctor. En cuanto a la dosificación del organosilano, según sus especificaciones, se recomienda una proporción de 1 kg por metro cúbico de suelo. Para la muestra de laboratorio de peso en 18 kilogramos, se ajustó la cantidad de organosilano a 6.5 gramos. El procedimiento general mantuvo este enfoque, aplicando el organosilano en la muestra y siguiendo el proceso estándar del ensayo CBR:

- Una vez mezclado la muestra con el cemento hasta homogenizar, Se aplica la solución

para estabilizador (6.5 gr. de organosilano) con el agua, ajustando la cantidad de agua necesaria para alcanzar la humedad óptima, según el ensayo Proctor.

- Se incorporó el cemento al suelo en concentraciones de 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%, mezclando completamente hasta obtener una mezcla homogénea.

Figura 27.

Preparación de la muestra con Organosilano y cemento



Nota. Elaboración propia.

- La mezcla resultante se compactó aplicando 10, 25 y 56 golpes, de acuerdo con los requisitos del ensayo CBR.
- Los especímenes compactados se dejaron curar por 24 horas, siguiendo recomendaciones previas, antes de someterlos a la inmersión a la poza.

Figura 28.

Ensayo CBR del suelo estabilizado con el Organosilano junto con cemento



Nota. Elaboración propia.

- Después del periodo de curado, se completó el ensayo CBR sumergiendo las muestras

durante 4 días, midiendo su expansión cada 24 horas y siguiendo los procedimientos se realizó las pruebas de resistencia con la prensa CBR, tal como se hizo con las muestras de suelo natural.

Figura 29.

Ensayo en la prensa CBR con Organosilano junto con cemento



Figura 30.

Ensayos en Laboratorio AKHISE



Nota. Elaboración propia.

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Resultados laboratorios

4.1.1.1 Análisis granulométrico

- De la Calicata 1

Tabla 9.

Granulometría de la calicata 1(C-1), Km 9+400

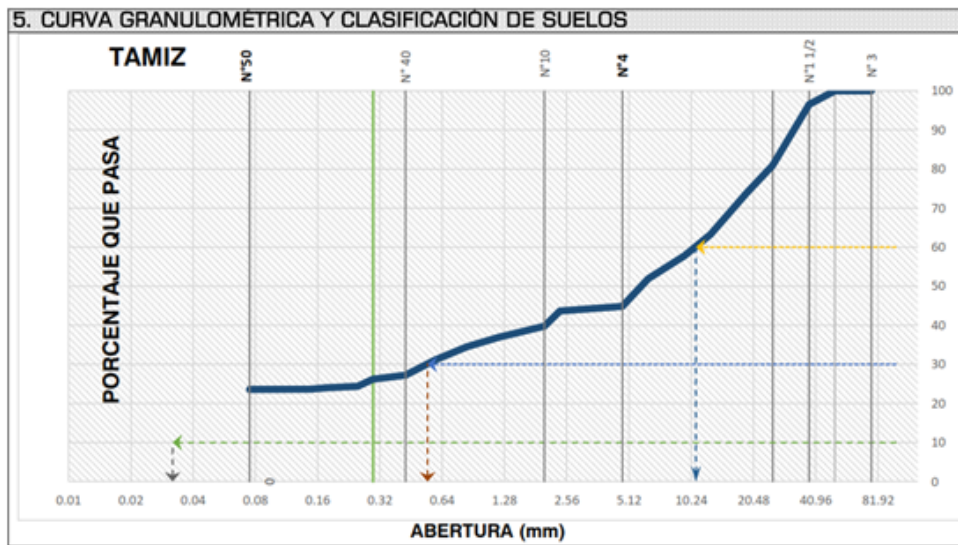
3. TAMIZADO						
N°	ASTM	ABERTURA (mm)	RETENIDO			PASANTE
			PESO (g)	Parcial %	Acumulado %	MATERIAL SUELO
1	3"	76.200	0.0	0.00	0.00	
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00	
3	2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
4	1 1/2"	38.100	108.3	3.49	3.49	96.51
5	1"	25.400	484.1	15.59	19.08	80.92
6	3/4"	19.050	218.3	7.03	26.11	73.89
7	1/2"	12.700	329.8	10.62	36.74	63.26
8	3/8"	9.525	169.8	5.47	42.21	57.79
9	1/4"	6.350	182.1	5.87	48.07	51.93
10	N°4	4.760	220.9	7.12	55.19	44.81
11	N°8	2.380	36.3	1.17	56.36	43.64
12	N°10	2.000	120.1	3.87	60.23	39.77
13	N°16	1.190	90.8	2.92	63.15	36.85
14	N°20	0.840	74.8	2.41	65.56	34.44
15	N°30	0.590	104.4	3.36	68.92	31.08
16	N°40	0.426	119.1	3.84	72.76	27.24
17	N°50	0.297	32.1	1.03	73.79	26.21
18	N°60	0.250	57.3	1.85	75.64	24.36
19	N°80	0.177	11.9	0.38	76.02	23.98
20	N°100	0.149	10.7	0.34	76.37	23.63
21	N°200	0.075	1.7	0.05	76.42	23.58
22	Fondo			0.00	76.42	
23	Lavado		732.0	23.58	100.00	
24	TOTAL		3104.5	100.0		

Nota. Elaboración propia

Del tamizado el 55.19% de material de Calicata representa grava, mientras que el 21.23% de material de cantera se acumuló en la categoría de arena, y el 23.58% del material de cantera fueron clasificados como finos.

Figura 31.

Curva granulométrica de la calicata(C-1)



Nota. Elaboración propia

- De la Calicata 2

Tabla 10.

Granulometría de la calicata 2(C-2), Km 3+000

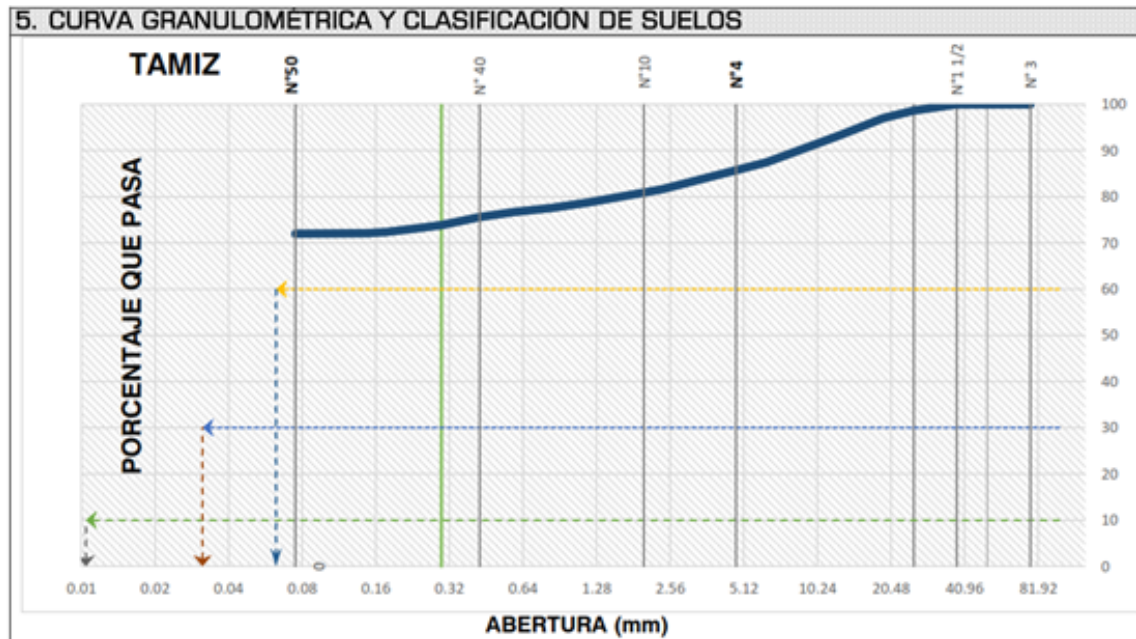
3. TAMIZADO						
N°	ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (g)	RETENIDO		PASANTE MATERIAL SUELO
				Parcial %	Acumulado %	
1	3"	76.200	0.0	0.00	0.00	
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00	
3	2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
4	1 1/2"	38.100	108.3	3.49	3.49	96.51
5	1"	25.400	484.1	15.59	19.08	80.92
6	3/4"	19.050	218.3	7.03	26.11	73.89
7	1/2"	12.700	329.8	10.62	36.74	63.26
8	3/8"	9.525	169.8	5.47	42.21	57.79
9	1/4"	6.350	182.1	5.87	48.07	51.93
10	N°4	4.760	220.9	7.12	55.19	44.81
11	N°8	2.380	36.3	1.17	56.36	43.64
12	N°10	2.000	120.1	3.87	60.23	39.77
13	N°16	1.190	90.8	2.92	63.15	36.85
14	N°20	0.840	74.8	2.41	65.56	34.44
15	N°30	0.590	104.4	3.36	68.92	31.08
16	N°40	0.426	119.1	3.84	72.76	27.24
17	N°50	0.297	32.1	1.03	73.79	26.21
18	N°60	0.250	57.3	1.85	75.64	24.36
19	N°80	0.177	11.9	0.38	76.02	23.98
20	N°100	0.149	10.7	0.34	76.37	23.63
21	N°200	0.075	1.7	0.05	76.42	23.58
22	Fondo			0.00	76.42	
23	Lavado		732.0	23.58	100.00	
24	TOTAL		3104.5	100.0		

Nota. Elaboración propia

Del análisis de tamizado, se obtuvo que el 14.28% del material extraído de la calicata corresponde a grava. Por otro lado, el 13.74% del material proveniente de la cantera se clasificó como arena, mientras que el 71.98% restante del material de la cantera fue categorizado como finos.

Figura 32.

Curva granulométrica de la calicata 2 (C-2)



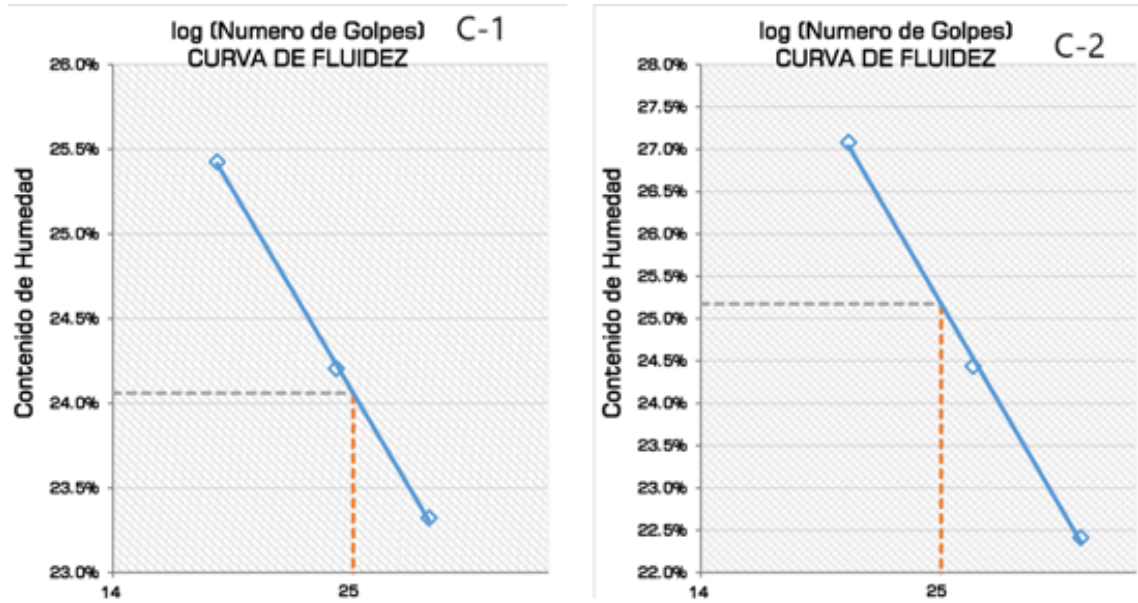
Nota. Elaboración propia

Como se puede ver en las Tabla 9 y Tabla 10, se muestran los porcentajes de material que pasa y se retiene en los tamices, datos que se emplearon para construir la curva granulométrica. En la Figura 32 y Figura 33, se observa que la curva granulométrica presenta una cantidad significativa de material que pasa por la malla N°200, lo que sugiere que el material tiene una gradación inadecuada y no cumple con los estándares de un afirmado de gradación (ver figura 12), según lo establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008).

4.1.1.2 Límites de consistencia

Figura 33.

Diagrama de fluidez



Nota. Elaboración propia

Tabla 11.

Resultados de los límites de consistencia

Límite de atterberg	C-1	C-2
LL (%) =	24.06	25.17
LP (%) =	15.34	11.90
IP (%) =	8.72	13.27

Nota. Elaboración propia

Al evaluar los resultados obtenidos de los ensayos de Granulometría y límites de consistencia, se procede a clasificar el material según los sistemas AASHTO y SUCS, utilizando las tablas correspondientes para su determinación.

Tabla 12.

Clasificación de suelos SUCS y AASHTO

Características	Calicatas Alcamenca	
	C-1	C-2
Clasificación SUCS	GC	CL
Clasificación Aashto	A-2-4 (0)	A-6
Descripción Aashto	Bueno	Malo

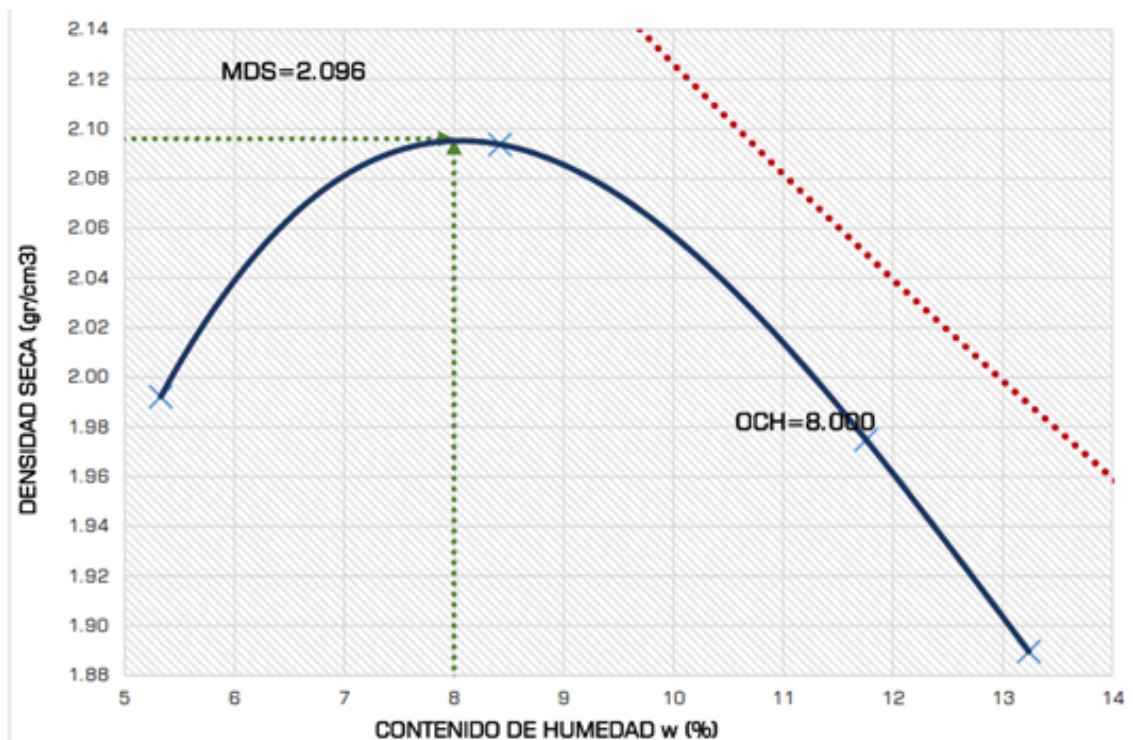
Nota. Elaboración propia

En la Tabla 9, se observa que los materiales de las calicatas propuestas en la subrasante de Alcamenca, según la clasificación SUCS, corresponden a los grupos GC y CL, siendo este el suelo más crítico la arcilla de baja plasticidad con contenido de grava (CL). De acuerdo con la clasificación AASHTO, el material presenta predominancia de fragmentos de grava con ligante de material fino. Considerando que el suelo CL representa las condiciones geotécnicas más desfavorables; se seleccionará esta muestra crítica de la calicata C-2 para los ensayos de estabilización, a fin de garantizar que las mejoras propuestas sean eficaces incluso en el tramo más débil del terreno.

4.1.1.3 Proctor modificado

Figura 34.

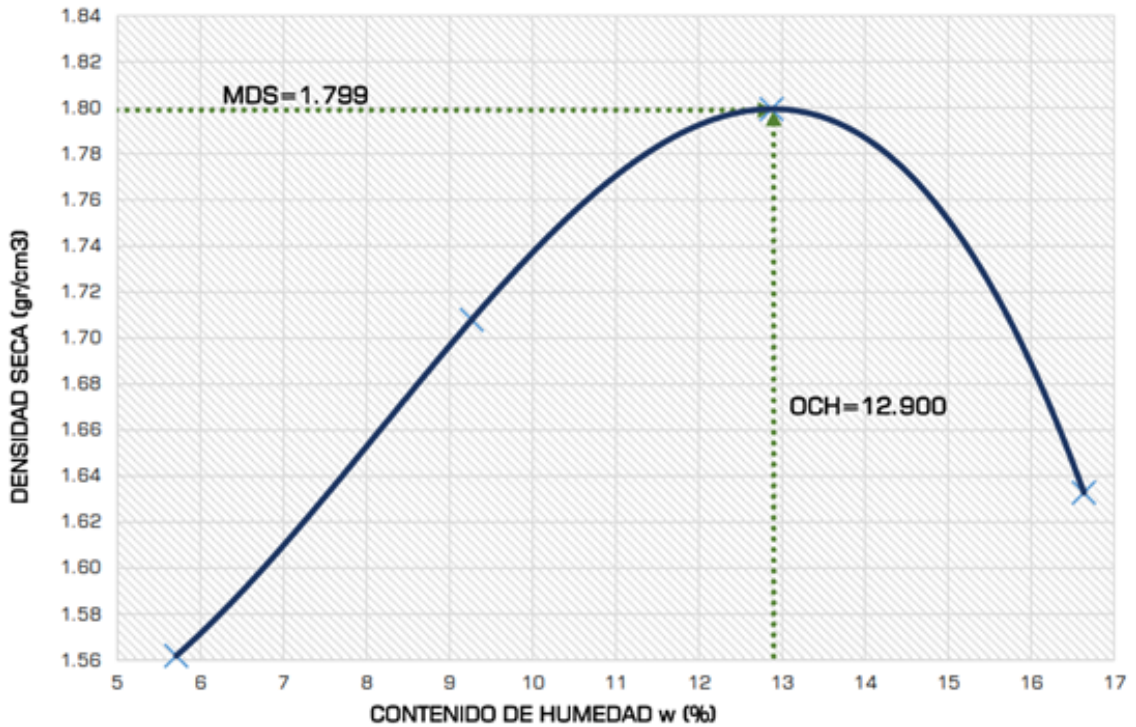
Curva de compactación del proctor modificado de la calicata C-1



Nota. Elaboración propia

Figura 35.

Curva de compactacion del proctor modificado de la calicata C-2



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 35, el material extraído de la calicata C-1 ubicada en el km 9+400, analizado mediante el ensayo de Proctor Modificado, arrojó una Densidad Máxima seca de 2.096 g/cm^3 y una Humedad Óptima de 8.00%. Estos valores fueron utilizados en el ensayo CBR para determinar la capacidad portante del suelo. Ahora respecto a la Figura 36, el material extraído de la calicata C-2 ubicada en el km 3+000, analizado mediante el ensayo de Proctor Modificado, arrojó una Densidad Máxima de 1.799 g/cm^3 y una Humedad Óptima de 12.90%. Estos valores fueron utilizados en el ensayo CBR para determinar la capacidad portante del suelo.

4.1.1.4 Ensayo CBR

De las 10 muestras evaluadas, dos fueron ensayadas como material natural, sin agregarse el cemento con estabilizante alguno, de los cuales se registraron los siguientes valores del ensayo CBR.

- De la muestra natural

Tabla 13.

Resultados del ensayo CBR del suelo natural de la cantera

Resultado	M-natural(M-1)	M-natural(M-10)
CBR al 100%	22%	9.3%
CBR al 95% de la MDS	13%	5.6%
Expansión (%)	0.6%	0.9%

Nota. elaboración propia

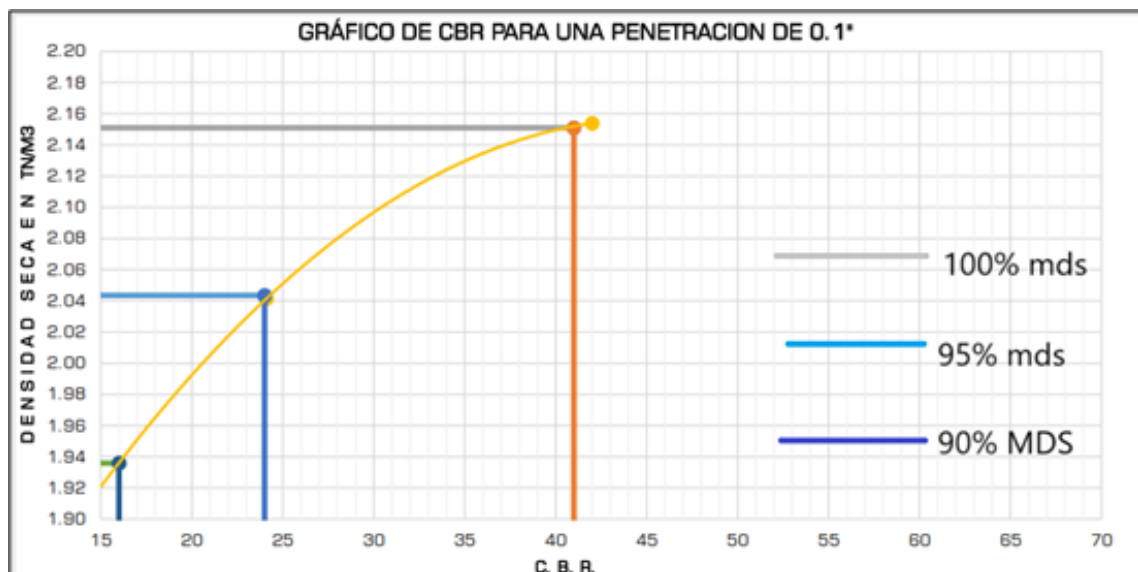
De la Tabla 10, se observa que el material granular obtenido de la Calicata ubicada en el km 9+400 presenta valores de CBR del 13% y 22%, correspondientes a su Máxima Densidad Seca (MDS) del 95% y 100%, respectivamente, medidos con una penetración de 0.1 pulgadas. Mientras de la muestra de la calicata del kilómetro 3+000 se tuvo un CBR de 5.6% y 9.3% correspondientes a su Máxima Densidad Seca (MDS) del 95% y 100%, respectivamente, por lo cual esta es la muestra a mejorar.

- **Ensayo CBR de la muestra natural con el polímero incorporado con cemento**

Se hace referencia a las muestras M-2, M-3, M-4, y M-5, las cuales fueron elaboradas con diferentes porcentajes de cemento: 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1.0%, respectivamente, aplicándose una dosificación constante del polímero de 1kg/50ton.

Figura 36.

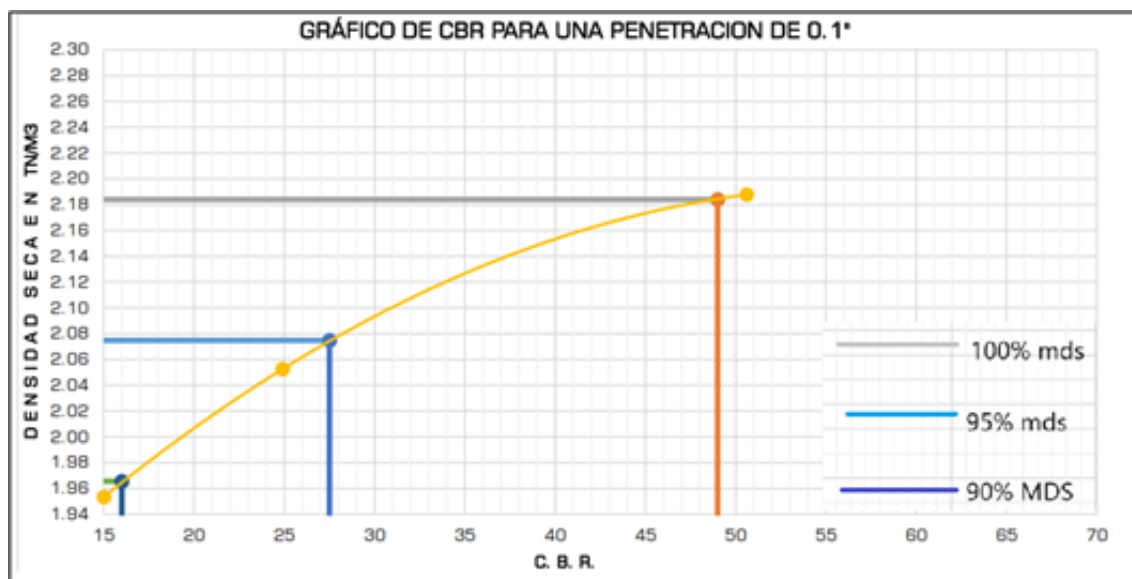
Curva densidad vs CBR de la muestra M-2 con el polímero + 0.25% cemento



Nota. Elaboración propia

Figura 37.

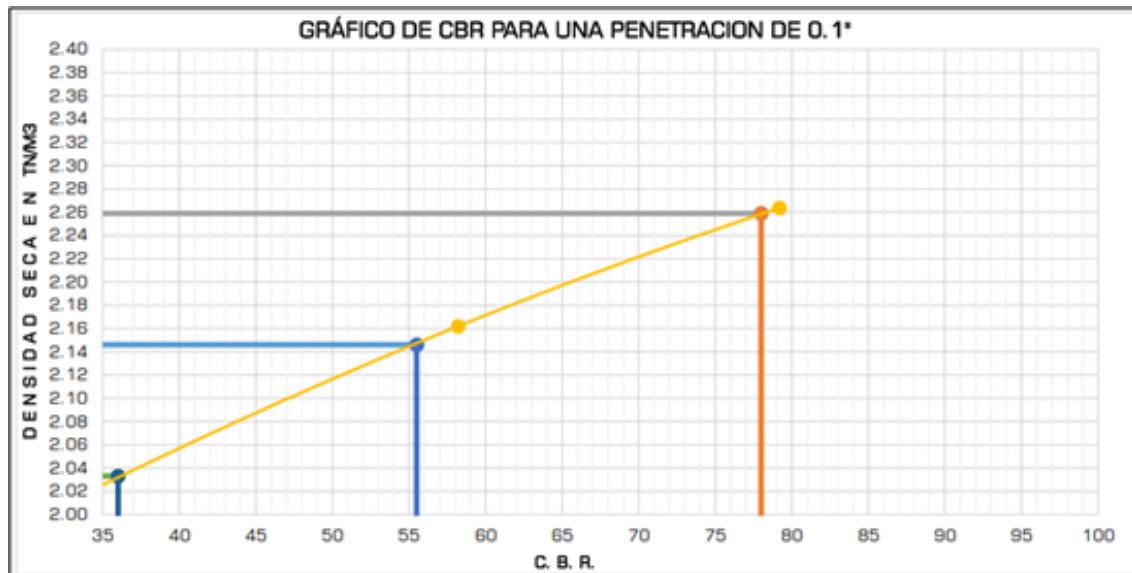
Curva densidad vs CBR de la muestra M-3 con el polímero + 0.5% cemento



Nota. Elaboración propia

Figura 38.

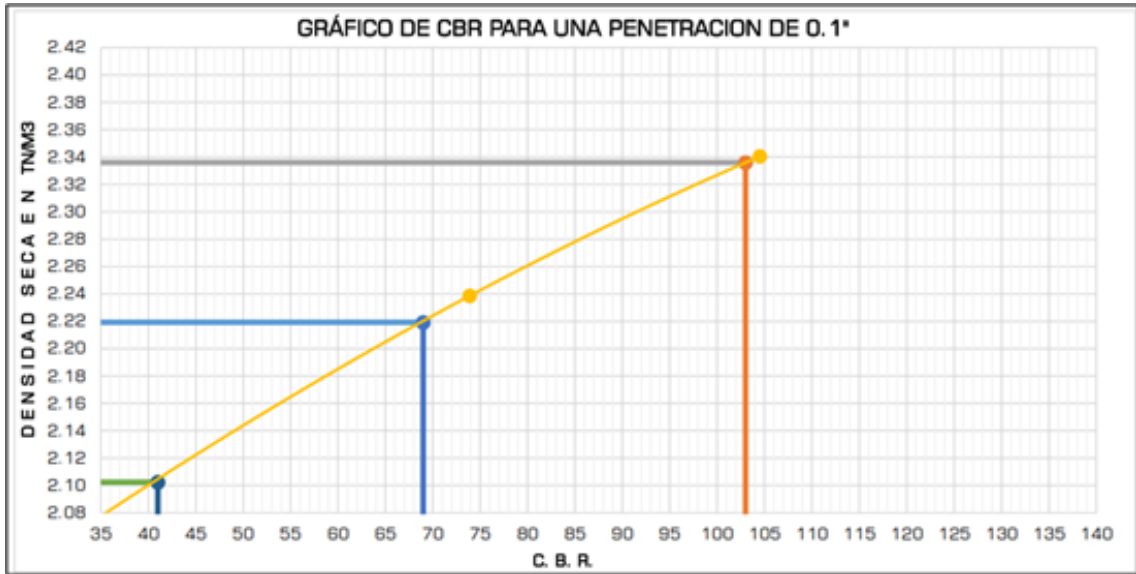
Curva densidad vs CBR de la muestra M-4 con el polímero + 0.75% cemento



Nota. Elaboración propia

Figura 39.

Curva densidad vs CBR de la muestra M-5 con el polímero + 1.00% cemento



Nota. Elaboración propia

Tabla 14.

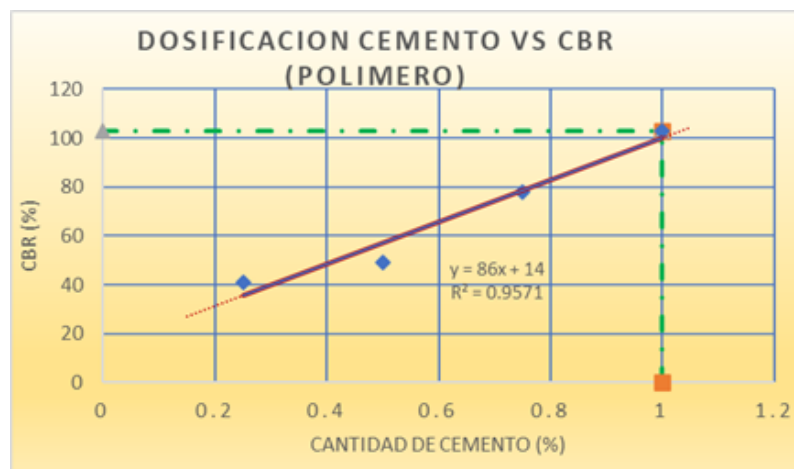
Resultados del ensayo CBR de las muestras M-2, M-3, M-4 y M-5

CBR a 0.1"(2.5mm)	M-2(0.25%)	M-3(0.5%)	M-4(0.75%)	M-5(1%)
CBR AL 100% de la MDS	41	49	78	103
CBR AL 95% de la MDS	24	27.5	55	69
Expansión (%)	0.5	0.4	0.2	0.1

Nota. Elaboración propia

Figura 40.

Valores de CBR vs cantidades de cemento (polímero)



Nota. Elaboración propia

La muestra estabilizada en una proporción de polímero y un contenido de cemento del 1%, el valor obtenido de CBR alcanzó un valor de 103, resultado que supera con holgura

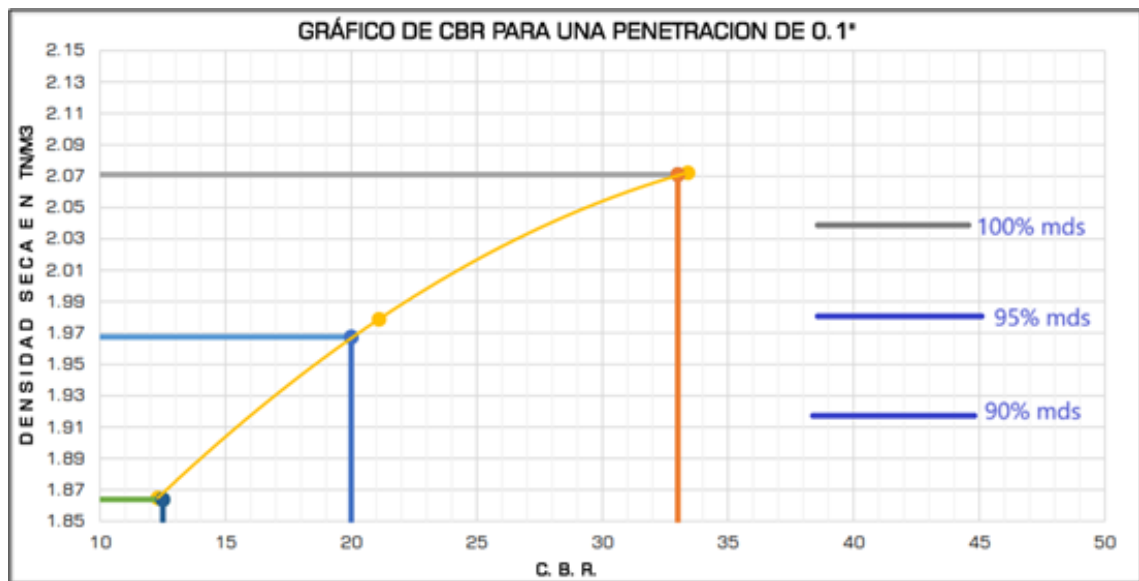
el requisito mínimo establecido por el MTC (2015).

- **De la muestra natural con el organosilano incorporado con cemento**

Se hace referencia a las muestras M-6, M-7, M-8, y M-9, las cuales fueron elaboradas con distintos porcentajes de contenido de cemento: 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1.0%, respectivamente, aplicándose una dosificación constante del organosilano equivalente a $1\text{kg}/\text{m}^3$.

Figura 41.

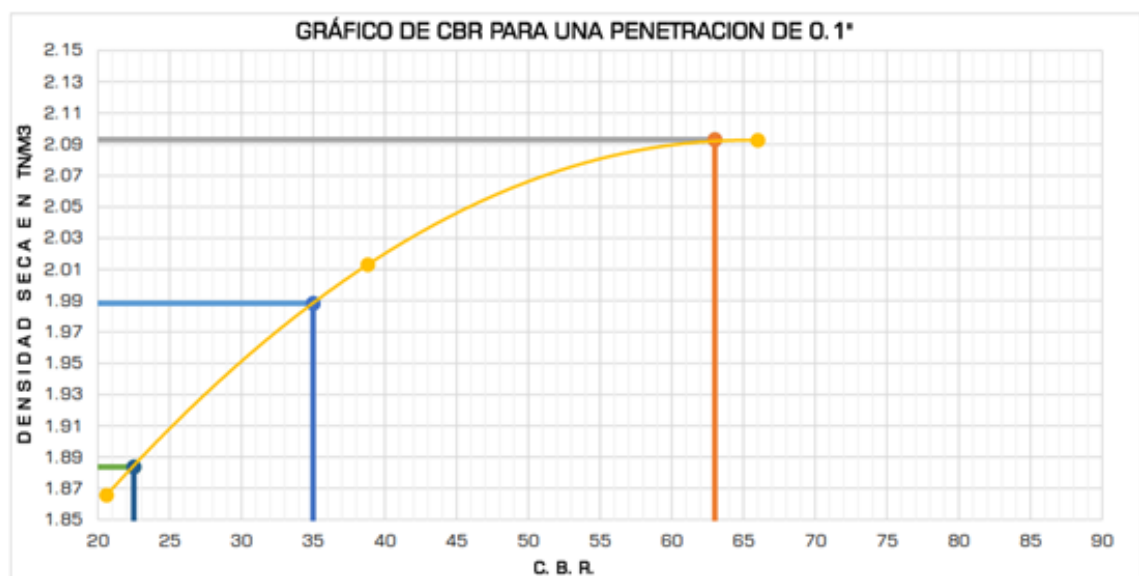
Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 0.25% cemento



Nota. elaboración propia

Figura 42.

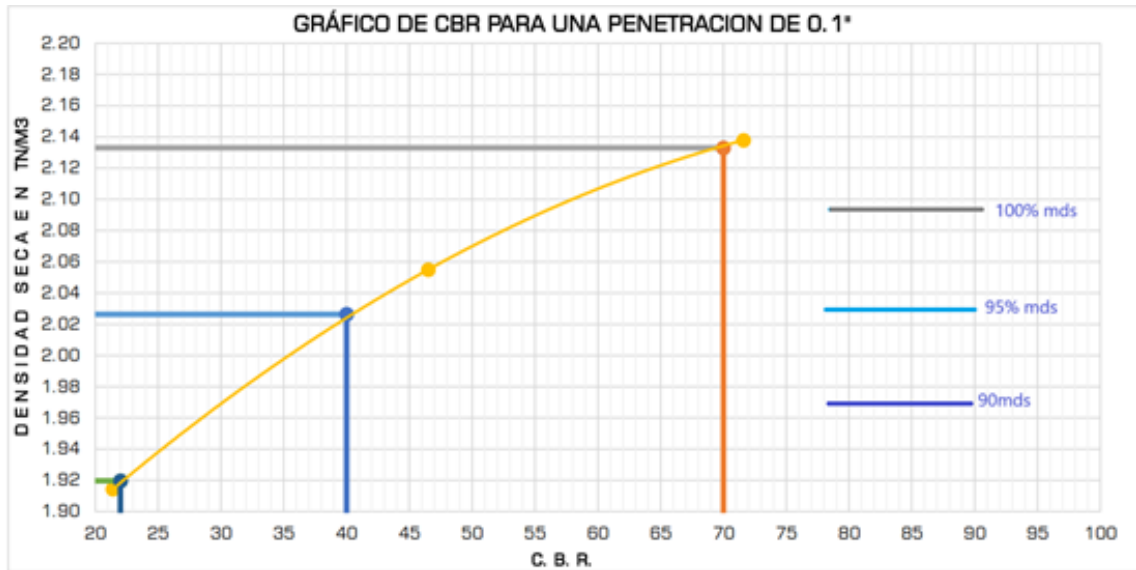
Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 0.50% cemento



Nota. Elaboración propia

Figura 43.

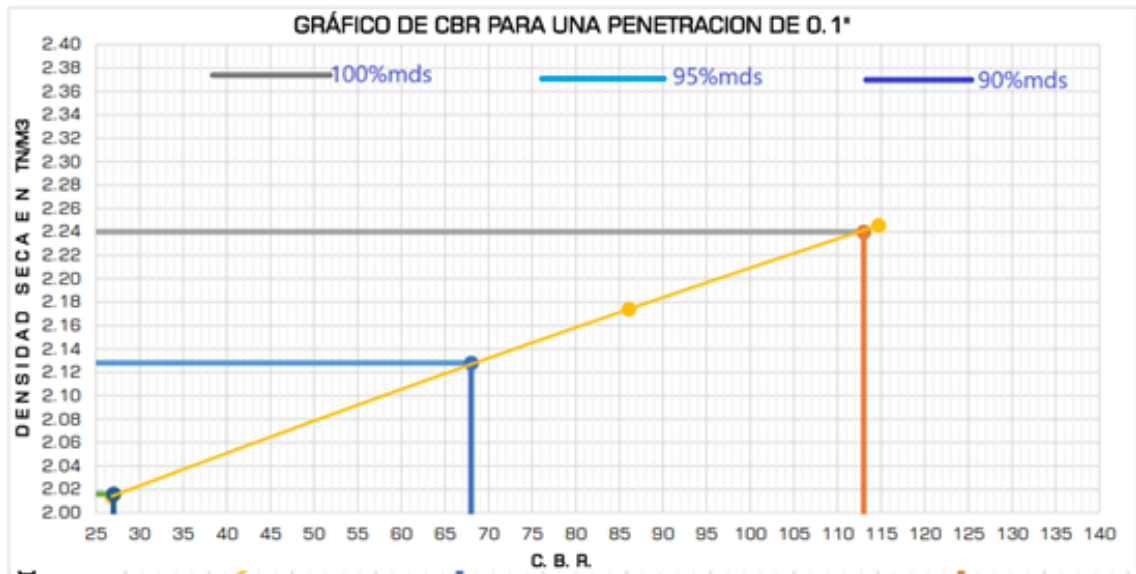
Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 0.75% cemento



Nota. Elaboración propia

Figura 44.

Curva de densidad vs CBR del suelo con el organosilano + 1.00% cemento



Nota. Elaboración propia

Tabla 15.

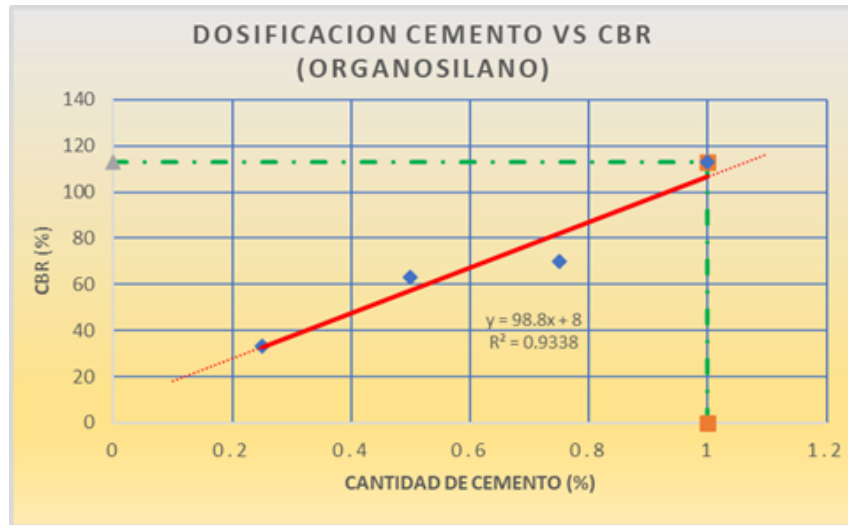
Resultados del ensayo CBR de las muestras M-6, M-7, M-8 y M-9

CBR a 0.1"(2.5mm)	M-6(0.25%)	M-7(0.50%)	M-8(0.75%)	M-9(1%)
CBR AL 100% de la MDS	33	63	70	113
CBR AL 95% de la MDS	20	35	40	68
Expansión (%)	0.6	0.5	0.2	0.1

Nota. Elaboración propia

Figura 45.

Valores de CBR vs cantidades de cemento (organosilano)



Nota. Elaboración propia

La muestra estabilizada en una proporción con organosilano y un contenido de cemento del 1%, donde el valor obtenido de CBR alcanzó un valor de 113, resultado que supera ampliamente el requisito mínimo exigido establecido por el MTC (2015).

4.1.2 Diseño de espesor de afirmado

De acuerdo con el documento técnico Soluciones Básicas para Carreteras No Pavimentadas del MTC, publicado en febrero de 2015 y aprobado por la Dirección de Normatividad Vial de la DGCyF, el objetivo principal es extender el período de diseño de 5 años (afirmado convencional) a 10 años (soluciones básicas), junto con la programación de actividades de mantenimiento periódico en intervalos predecibles. Para calcular el espesor de la capa de rodadura, se emplean los métodos USACE y NAASRA cuando los ejes equivalentes son inferiores a 10^6 , mientras que, para valores mayores, se aplica el método AASHTO 1993.

- Uso del método NAASRA: Este se aplica en vías que no están pavimentadas, como las de tipo afirmado o soluciones básicas.

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

Dónde:

CBR: CBR de diseño al 95% de su MDS a 0.1" de penetración.

Nrep: Número de ejes equivalente acumulados.

e : Espesor de la capa de afirmado en mm.

La calicata se encuentra en el tramo Emp. PE-32A-Alcamenca-Huambo (vía a ser mejorada),

donde, según el estudio de tráfico vial, se obtuvo un Nrep de 1.23E+05, calculado a partir de un IMDA de 35 vehículos por día. Estos datos provienen del expediente técnico del proyecto “Mejoramiento del camino vecinal Emp. PE-32A (Dv. Puente Cangallo) - Alcamenca – Huambo”

El valor del CBR de la subrasante en el proyecto es del 10%, lo que resulta en un espesor de afirmado de 198.708 mm, aproximadamente 20 cm.

- Uso del método Usace:

El método USACE se fundamenta en el empleo de ecuaciones o ábacos que ayudan a estimar el espesor adecuado del suelo a mejorar para cubrir una capa o subrasante, dependiendo de su resistencia (CBR). Este cálculo se efectúa bajo la condición de que el CBR del material de afirmado supere al de la capa subyacente. Los espesores se determinan considerando dos factores principales:

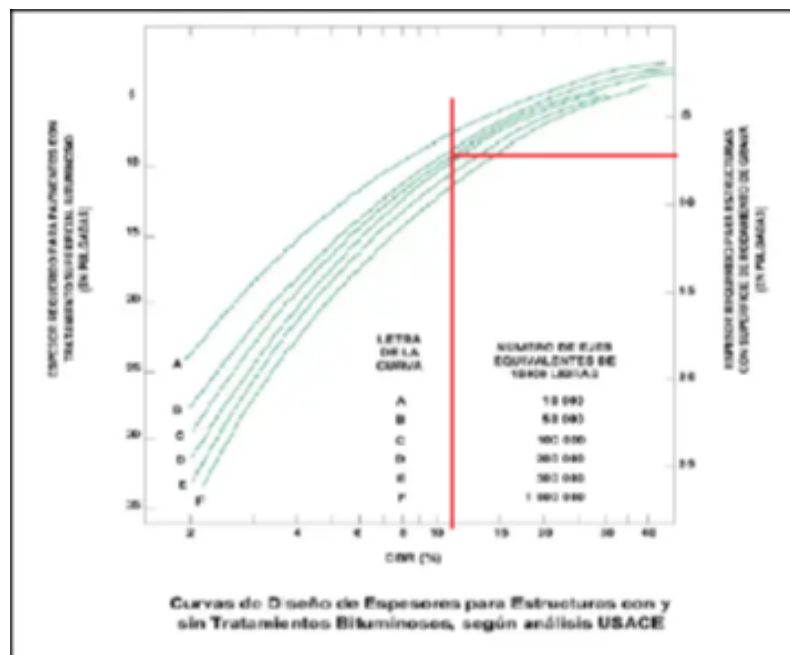
- La capacidad de soporte CBR del suelo.
- El número de repeticiones de ejes estándar.

Adicionalmente, este método considera las condiciones de carga y tráfico, asegurando que la estructura del afirmado sea lo suficientemente resistente para soportar las solicitaciones previstas.

En el siguiente ábaco:

Figura 46.

Diseño de espesor según Usace)



Nota. (US Army Corps of Engineers, 1989)

La vía según estudio tiene aproximadamente un CBR de subrasante del 10% en el tramo y un EE de 123,000, según el uso del ábaco determina un espesor de 7.5" (19.05 cm). Debido a que los métodos de AASHTO y USACE arrojan valores similares, se definirá un espesor de afirmado de 20 cm para el tramo que será mejorado.

4.1.3 Análisis de Precios unitarios

Se realizó una evaluación comparativa de los costos unitarios asociados a la estabilización de un suelo arcilloso, aplicándose los aditivos químicos juntamente con el cemento sobre un material granular. Estos resultados se contrastaron frente al material granular sin estabilizar, provenientes de una cantera cercana, ubicada a menos de 1 km de distancia.

Tabla 16.

Análisis de costos unitarios de material granular de préstamo

04.01.03.01		AFIRMADO DE MATERIAL GRANULAR DE PRESTAMO				
m3/DIA	MO. 350,00	EQ. 350,00	Costo unitario directo por: m3		68,37	
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	1,00	0,023	30,45	0,70	
OFICIAL	hh	1,00	0,023	26,68	0,61	
PEON	hh	6,00	0,137	19,20	2,63	
					3,94	
Equipos						
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101 - 135HP 10 - 12 ton	Hm	1,00	0,018	220,19	3,96	
MOTONIVELADORA DE 125 HP	Hm	1,00	0,018	241,49	4,35	
CAMION CISTERNA	Hm	1,00	0,018	172,58	3,11	
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,00	3,94	0,12	
					11,54	
Materiales						
Material granular	m3		1,25	15,00	18,75	
Agua	m3		0,17	25,00	4,18	
					22,93	
Subpartidas						
TRANSPORTE DE MATERIAL DE PRESTAMO	m3		1,25	23,97	29,96	
					29,96	

Nota. Elaboración propia

En la tabla 16 se refleja la estructura y el análisis de los costos correspondiente de un afirmado elaborado con material granular de préstamo (proveniente de cantera). Este material al no requerir ser estabilizado con productos químicos constituye y cumple con las condiciones, características necesarias para su uso como material afirmado convencional de una carretera vecinal (MTC-2008).

Tabla 17.*Análisis de costos unitarios del material arcilloso estabilizado (Polimero + Cemento)*

04.01.03.02		AFIRMADO ESTABILIZADO (Megasoil + cemento)			
m3/DIA	MO. 300,00	EQ. 300,00	Costo unitario directo por: m3		62,90
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	Hh	1,00	0,027	30,45	0,82
OPERARIO	Hh	2,00	0,053	26,22	1,39
PEON	Hh	4,00	0,107	19,20	2,05
					4,26
Materiales					
Estabilizador Megasoil	Kg		0,05	220,00	11,00
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bls		0,25	25,05	6,26
Agua	m3		0,17	25,50	4,34
Material granular	m3		1,25	15,00	18,75
					40,35
Equipos					
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101 - 135HP 10 - 12 ton	Hm	1,00	0,027	220,19	5,95
Motoniveladora de 99 kW, equipada con escarificadora.	Hm	1,00	0,027	250,00	7,50
Camión Cisterna	Hm	1,00	0,027	172,58	4,70
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,00	4,26	0,14
					18,29

Nota. Elaboración propia**Tabla 18.***Análisis de costos unitarios del material arcilloso estabilizado (Organosilano + Cemento)*

04.01.03.03		AFIRMADO ESTABILIZADO (Terrasil + cemento)			
m3/DIA	MO. 300,00	EQ. 300,00	Costo unitario directo por: m3		120,40
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
Mano de Obra					
CAPATAZ	Hh	1,00	0,027	30,45	0,82
OPERARIO	Hh	2,00	0,053	26,22	1,39
PEON	Hh	5,00	0,133	19,20	2,55
					4,76
Materiales					
Estabilizador Organosilano	Lt		1,00	68,00	68,00
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	Bls		0,25	25,05	6,26
Agua	m3		0,17	25,00	4,34
Material granular	M3		1,25	15,00	18,75
					97,35
Equipos					
RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101 - 135HP 10 - 12 ton	Hm	1,00	0,027	220,19	5,95
Motoniveladora de 99 kW, equipada con escarificadora.	Hm	1,00	0,027	250,00	7,50
Camión Cisterna	Hm	1,00	0,027	172,58	4,70
HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3,00	4,76	0,14
					18,29

Nota. Elaboración propia

A modo de contraste, en las Tablas 17 y 18 se presentan los costos unitarios para estabilizar un suelo arcilloso utilizando dos combinaciones diferentes de aditivos: polímero con cemento y organosilano con cemento, respectivamente. Para los dos casos se ha tomado la dosificación para el contenido de cemento del 1%, ya que para esa cantidad se obtuvo como resultados valores de CBR que alcanzaron valores más altos obtenidos de los ensayos de laboratorio, todos por encima del 100%, cumpliéndose los parámetros mínimos para capas afirmadas según el Documento Técnico de Soluciones Básicas. Las cantidades de los aditivos químicos se calcularon en función a las recomendaciones que indica en su ficha técnica de los fabricantes.

Del análisis de los precios unitarios ya establecidos, se procederá analizar el costo aproximado por kilómetro de carretera del tramo Emp.32A (Desv. Puente Cangallo)-Huambo-Alcamenca, considerando el uso de los productos químicos junto con el cemento. Este proceso nos permite comparar las distintas alternativas de estabilización frente al afirmado convencional, buscando elegir una opción que resulte técnicamente viable, así mismo garantizar que sea financieramente sostenible dentro del presupuesto.

Tabla 19.

Presupuesto por Kilómetro según el tipo de estabilización aplicado al material granular de la cantera y del suelo sin estabilizar.

Material	Espesor (m)	Ancho (m)	Longitud (m)	Metrado (m3)	P.U (\$/ x m3)	Costo por km
suelo no estabilizado (Cantera insitu)	0.2	4	1000	800	68.37	54696
Suelo+Polímero +cemento	0.2	4	1000	800	62.90	50320
Suelo+Organosilano +cemento	0.2	4	1000	800	120.40	96320

Nota. Elaboración propia

En la Tabla 19 se muestra el costo por kilómetro asociado a cada alternativa de tratamiento por estabilización aplicada al suelo arcilloso (CL), cumpliéndose los criterios técnicos y superando los valores mínimos establecidos según en el Documento Técnico de Soluciones Básicas. Al revisar los valores del costo por kilómetro, se aprecia que la estabilización con polímero (Megasoil) junto con un contenido de cemento al 1% presentan el menor costo entre las opciones evaluadas. Este resultado representa una alternativa más económica que utilizar la estabilización con organosilano (Terrasil) o un afirmado convencional (un suelo no estabilizado) proveniente de una cantera local, lo que refuerza su viabilidad tanto desde el punto de vista técnico como presupuestal.

En cuanto al mantenimiento de la vía vecinal, los trabajos de conservación de los suelos estabilizados permiten programar las actividades periódicas cada cuatro años durante un periodo de diseño de diez años (MTC, 2015). Mientras que para un suelo no estabilizado se toma un criterio más conservador realizándose un mantenimiento mínimo una vez al año, cada nueve meses (MTC, 2012). Esta diferencia demuestra que la estabilización no solo optimiza el rendimiento del afirmado, sino que disminuye considerablemente los costos y aumenta los periodos de mantenimiento durante toda la vida útil de la vía.

A continuación, se desarrolla el análisis costo-beneficio correspondiente para los 10 años de vida útil del camino vecinal del tramo Emp. PE-32A – Alcamenca – Huambo. En este análisis se contempla los costos iniciales de construcción y los costos para el mantenimiento estimados para cada alternativa de estabilización aplicada en la mejora del suelo arcilloso, así mismo sobre el suelo sin estabilizar, con el fin de evaluar su desempeño económico a lo largo del periodo de servicio.

El análisis con respecto a los beneficios se basa en la reducción del costo de mantenimiento mediante el uso de la estabilización con polímero junto con el cemento, en comparación con el uso de suelos sin tratamiento y suelos tratados con organosilano, conforme a los lineamientos mínimos exigidos (MTC, 2015). En suelos estabilizados, el mantenimiento se estima cada 4 años; en suelos no estabilizados, aproximadamente cada 9 meses. A demás nos permite reducir la extracción excesiva y minimizando el impacto de la biodiversidad local.

Tabla 20.

Análisis económico del costo de mantenimiento en caminos no pavimentado con una vida útil de 10 años

Material	Costo por km	Longitud (Km)	Total presupuesto de mejoramiento	# de mantenimientos	Costo(\$/.) de mantenimiento en 10 años
suelo no estabilizado (Cantera insitu)	54,696	22.5	1,230,660	13	15,998,580
Suelo + polímero +cemento	50,320	22.5	1,132,200	3	3,396,600
Suelo + organosilano +cemento	96,320	22.5	2,167,200	3	6,501,600

Nota. Elaboración propia

Con este análisis nos permite evaluar con más exactitud la eficiencia de cada alternativa, teniendo en cuenta la inversión inicial y los costos de mantenimiento proyectados durante los 10 años de vida útil del camino. Al integrar ambos componentes, se busca optimizar el uso de los recursos disponibles y establecer cuál de los tratamientos brinda la mejor opción entre desempeño técnico y sostenibilidad económica durante el periodo de diseño.

4.2 CONTRASTACION DE HIPOTESIS

4.2.1 Contrastación de hipótesis general

La hipótesis general propuesta es: “Se logrará estabilizar suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, mejorando la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024”. Para ello, se utilizaron dos productos (Polímero y Organosilano) combinados con cemento, los cuales fueron comparados con las propiedades de la muestra base (suelo CL).

Para validar esta hipótesis, se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando el programa SPSS. Este proceso incluyó un análisis de varianza (ANOVA), una prueba de normalidad de residuos a través del método de Shapiro-Wilk, un análisis de igualdad de varianza y una prueba T-Student.

La verificación se basó en los valores de CBR obtenidos para cada combinación: Polímero + cemento y Organosilano + cemento, aplicados a la muestra base de suelo CL.

POLÍMERO

Descriptivo

Análisis de resistencia de suelo mediante cemento y Polímero

Tabla 21.

Análisis de resistencia de suelo mediante Cemento - Polímero

	Mínimo	Media	Desviación estándar	Máximo
CBR	41	67.75	28.371	103

Contrastación de hipótesis

Prueba de normalidad

H_0 : La variable se aproxima a una distribución normal

H_i : La variable no se aproxima a una distribución normal

Tabla 22.

Prueba de normalidad a la resistencia de suelo mediante Cemento - Polímero

CBR	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
	0.932	4	0.605

Mediante la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, se evidencia que el P-valor es mayor al nivel de significancia $p(\text{sig}) = 0.605 > 0.05$. Existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula. Por tanto, la resistencia de suelo (CBR) mediante la combinación de cementos y polímero se aproxima a una distribución normal.

$$H_0 : \mu_{Polímero} = 9.3$$

$$H_i : \mu_{Polímero} \neq 9.3$$

Tabla 23.

Comparación de media de la resistencia de suelo mediante cemento - Polímero

Valor de prueba = 9.3						
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CBR	4.120	3	0.026	58.450	13.31	103.59

Se evidencia mediante la prueba T-student $t=4.12$ que compara la media de la resistencia de suelo tratado con Polímero con la resistencia de referencia de 9.3. Se evidencia que el p-valor (bilateral) = 0.026 < 0.050. Por lo que existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por tanto, existe diferencia significativa entre la resistencia media del suelo tratado con Polímero y el valor de referencia, con una diferencia promedio de 58.45 unidades. Finalmente se confirma que el tratamiento con Polímero mejora la resistencia del suelo de manera notable en comparación con el valor de referencia (material sin estabilizar).

ORGANOSILANO

Descriptivo

Análisis de resistencia de suelo mediante cemento y Organosilano

Tabla 24.

Análisis de resistencia de suelo mediante cemento - Organosilano

	Mínimo	Media	Desviación estándar	Máximo
CBR	33	69.75	32.99	113

Contrastación de hipótesis

Prueba de normalidad

H_0 : La variable se aproxima a una distribución normal

H_i : La variable no se aproxima a una distribución normal

Tabla 25.

Prueba de normalidad a la resistencia de suelo mediante cemento - Organosilano

CBR	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
	0.965	4	0.810

Mediante la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk, se evidencia que el P-valor es mayor al nivel de significancia $p(\text{sig}) = 0.810 > 0.05$. Existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula. Por tanto, la resistencia de suelo (CBR) mediante la combinación de cementos y organosilano se aproxima a una distribución normal.

$$H_0 : \mu_{\text{Organosilano}} = 9.3$$

$$H_i : \mu_{\text{Organosilano}} \neq 9.3$$

Tabla 26.

Comparación de media de la resistencia de suelo mediante cemento - Organosilano

Valor de prueba = 9.3						
	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CBR	3.665	3	0.035	60.45	7.96	112.94

Se evidencia mediante la prueba T-student $t = 3.66$ que compara la media de la resistencia de suelo tratado con Organosilano con la resistencia de referencia de 9.3. Se evidencia que el p-valor (bilateral) $= 0.035 < 0.050$. Existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula. Por tanto, existe una diferencia significativa entre la resistencia media del suelo tratado con Organosilano y el valor de referencia, con una diferencia promedio de 60.45 unidades. Finalmente, ello afirma que el tratamiento con organosilano produce mejora significativa en la resistencia del suelo en comparación del valor referencial.

COMPARACIÓN

Contrastación de hipótesis

Prueba de normalidad

H_0 : Existe homogeneidad de varianza entre la resistencia de polímero y organosilano

H_i : No existe homogeneidad de varianza entre la resistencia de polímero y organosilano

Tabla 27.

Prueba de homogeneidad de varianza de la resistencia de suelo mediante Polímero y Organosilano

CBR	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
	0.007	1	6	0.936

Mediante la prueba de homogeneidad de varianza Levene, se evidencia que el P-valor es mayor al nivel de significancia $p(\text{sig}) = 0.936 > 0.05$. Existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula. Por tanto, la varianza de la resistencia de suelo (CBR)

mediante la combinación de cementos y organosilano; y la combinación de cemento y organosilano son homogéneas.

$$H_0 : \mu_{Polímero} = \mu_{Organosilano}$$

$$H_i : \mu_{Polímero} \neq \mu_{Organosilano}$$

Tabla 28.

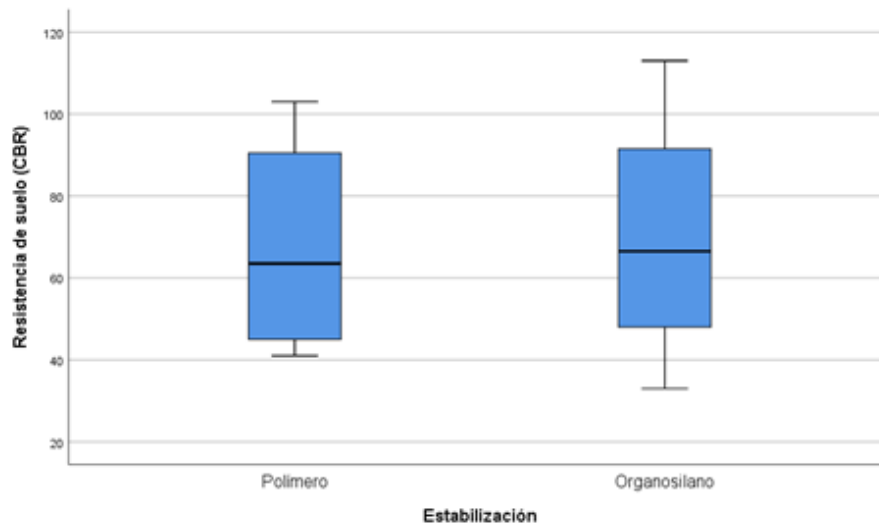
Comparación de medias de la resistencia de suelo mediante Polímero - Organosilano

prueba t para la igualdad de medias							
CBR	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						Inferior	Superior
	-0.092	6	0.930	-2.000	21.759	-55.243	51.243

La prueba $t = -0.092$ y $p\text{-valor} = 0.930 > 0.05$. Existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula. Por tanto, no existe diferencia significativa entre la media de la resistencia de suelo mediante el tratamiento con Polímero respecto a Organosilano. Finalmente, ambos tratamientos producen efectos similares en la resistencia de suelo.

Figura 47.

Boxplot de la resistencia de suelo mediante Polímero - Organosilano



Nota. Elaboración propia

La Figura 48, complementa y presenta visualmente lo que se ha expuesto en las pruebas de hipótesis: los dos tratamientos tienen un comportamiento muy parecido, lo que hace más fiable la información obtenida. Además, al comparar ambos tratamientos, se identificó que su efectividad es estadísticamente equivalente, lo cual permite elegir entre ambos tratamientos con la alternativa de elección según disponibilidad de insumos, costos o

condiciones del terreno, sin que ello comprometa la calidad estructural del suelo tratado.

4.2.2 Contratación de las hipótesis específicas

A. La estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del polímero con cemento incrementará las características físico-mecánicas del suelo, Ayacucho - 2024

Figura 48.

Parámetros para suelos estabilizados con productos químicos

Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polímeros, enzimas, sistemas, etc.)	1. CBR* = 100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansión ≤ 0.5%
---	---

(*) CBR corresponde a la penetración de 0.1"

Tabla 29.

Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con polímero - cemento

CBR al 100% MDS	Cantera C-2(Km 3+000)		
	Resultados	Especificaciones	Observaciones
Suelo no estabilizado (Cantera insitu)	9.3	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Polímero +cemento (0.25%)	41	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Polímero +cemento (0.50%)	49	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Polímero +cemento (0.75%)	78	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Polímero +cemento (1%)	103	100% mínimo	Sí Cumple

Nota. Elaboración propia

Tabla 30.

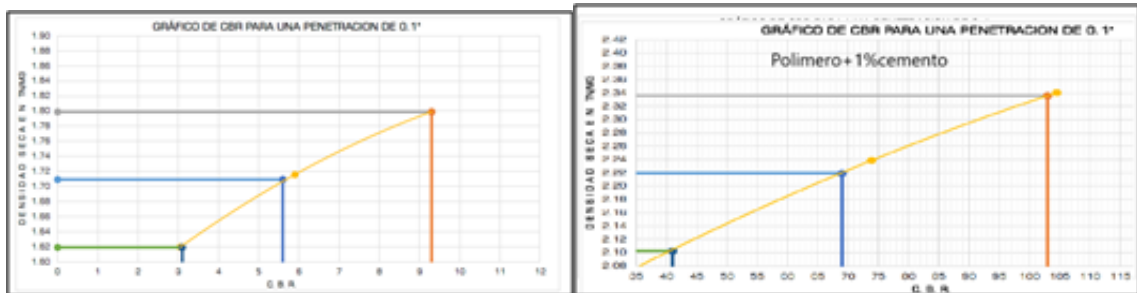
Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con polímero - cemento

CBR al 100% MDS	Cantera C-2(Km 3+000)		
	Resultados	Especificaciones	Observaciones
Suelo no estabilizado (Cantera insitu)	0.9	≤ 0.5%	No Cumple
Suelo + Polímero +cemento (0.25%)	0.5	≤ 0.5%	Sí Cumple
Suelo + Polímero +cemento (0.50%)	0.4	≤ 0.5%	Sí Cumple
Suelo + Polímero +cemento (0.75%)	0.2	≤ 0.5%	Sí Cumple
Suelo + Polímero +cemento (1%)	0.1	≤ 0.5%	Sí Cumple

Nota. Elaboración propia

Figura 49.

Comparación de gráficos CBR entre muestra natural y estabilizado con Megasoil + cemento 1%)



Nota. Elaboración propia

De la figura 49 y de las tablas 29, 30 en contraste con la figura 50, los suelos estabilizados van incrementando sus características físico-mecánicas.

De los resultados obtenidos para las mezclas estabilizadas con polímero junto con el cemento muestran un incremento progresivo de la capacidad de soporte del suelo arcilloso. El CBR pasó de 9.3% en la muestra natural a 41%, 49%, 78% y 103% para dosificaciones de 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1% de contenido de cemento, respectivamente, cumpliéndose el valor mínimo exigido por el Documento Técnico de Soluciones Básicas únicamente con el 1% del contenido de cemento. De igual manera, la expansión se redujo de 0.9% en el suelo natural a valores entre 0.5% y 0.1%, ubicándose dentro del límite máximo permitido ($\leq 0.5\%$). Estos resultados confirman que la combinación de polímero y cemento mejora de manera consistente las propiedades físico-mecánicas del suelo tipo CL. En consecuencia, la hipótesis específica se valida.

a. La estabilización de suelos arcillosos haciendo uso del organosilano con cemento incrementará las características físico- mecánicas del suelo, Ayacucho – 2024

Figura 50.

Parámetros para suelos estabilizados con productos químicos)

Productos químicos (aceites sulfonados, ionizadores, polimeros, enzimas, sistemas, etc.)	<ol style="list-style-type: none"> 1. CBR* = 100% mínimo (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansión $\leq 0.5\%$
---	--

(*) CBR corresponde a la penetración de 0.1"

Tabla 31.

Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con Organosilano - cemento

CBR al 100% MDS	Cantera C-2(Km 3+000)		
	Resultados	Especificaciones	Observaciones
Suelo no estabilizado (Cantera insitu)	9.3	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (0.25%)	33	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (0.50%)	63	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (0.50%)	70	100% mínimo	No Cumple
Suelo + Organosilano	113	100% mínimo	Sí Cumple

Nota. Elaboración propia

Tabla 32.

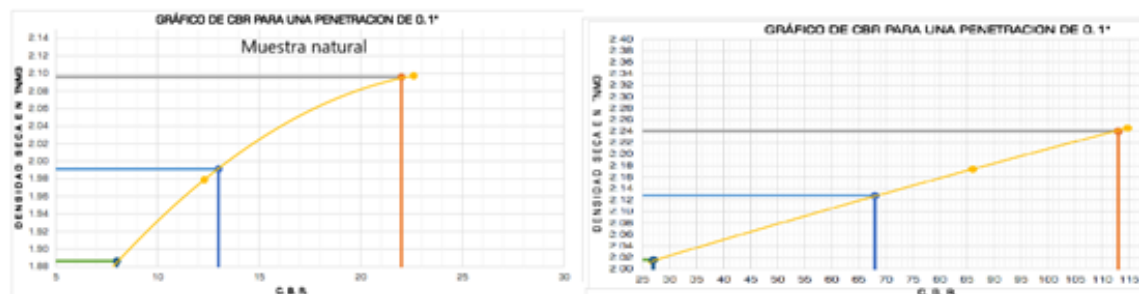
Parámetros que deben cumplir los suelos estabilizados con Organosilano - cemento

CBR al 100% MDS	Cantera C-2(Km 3+000)		
	Resultados	Especificaciones	Observaciones
Suelo no estabilizado (Cantera insitu)	0.9	≤ 0.5%	No Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (0.25%)	0.6	≤ 0.5%	No Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (0.50%)	0.5	≤ 0.5%	Sí Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (0.75%)	0.2	≤ 0.5%	Sí Cumple
Suelo + Organosilano + cemento (1%)	0.1	≤ 0.5%	Sí Cumple

Nota. Elaboración propia

Figura 51.

Comparacion de gráficos CBR entre muestra natural y estabilizado con Terrasil + cemento)



Nota. Elaboración propia

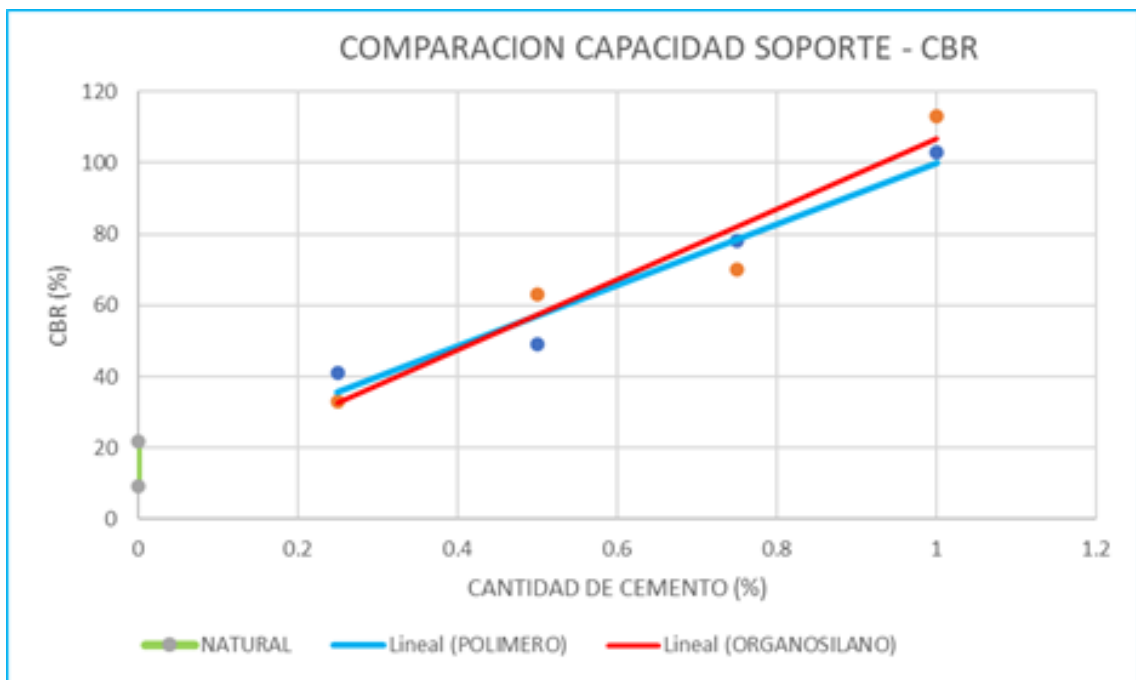
De la figura 51 y de las tablas 31, 32 en contraste con la figura 52, los suelos estabilizados van incrementando sus características físico mecánicas.

De los ensayos realizados con organosilano y distintas proporciones de contenido de cemento

muestran un incremento progresivo de la capacidad de soporte del suelo arcilloso. El CBR aumentó desde 9.3% en el suelo natural hasta 33%, 63%, 70% y finalmente 113% con una dosificación del 1% de contenido de cemento, cumpliéndose únicamente en este último caso el valor mínimo de $CBR \geq 100$ exigido por el Documento Técnico de Soluciones Básicas. De forma complementaria, la expansión disminuyó de 0.9% a valores comprendidos entre 0.6% y 0.1%, ubicándose dentro del límite permitido ($\leq 0.5\%$) a partir de la dosificación del 0.50%. Estos resultados reflejan un comportamiento más estable y una mejora significativa en las propiedades físico-mecánicas del suelo CL tratado con organosilano y cemento. En consecuencia, la hipótesis específica se valida.

Figura 52.

Curvas de % de cemento vs CBR



Nota. Elaboración propia

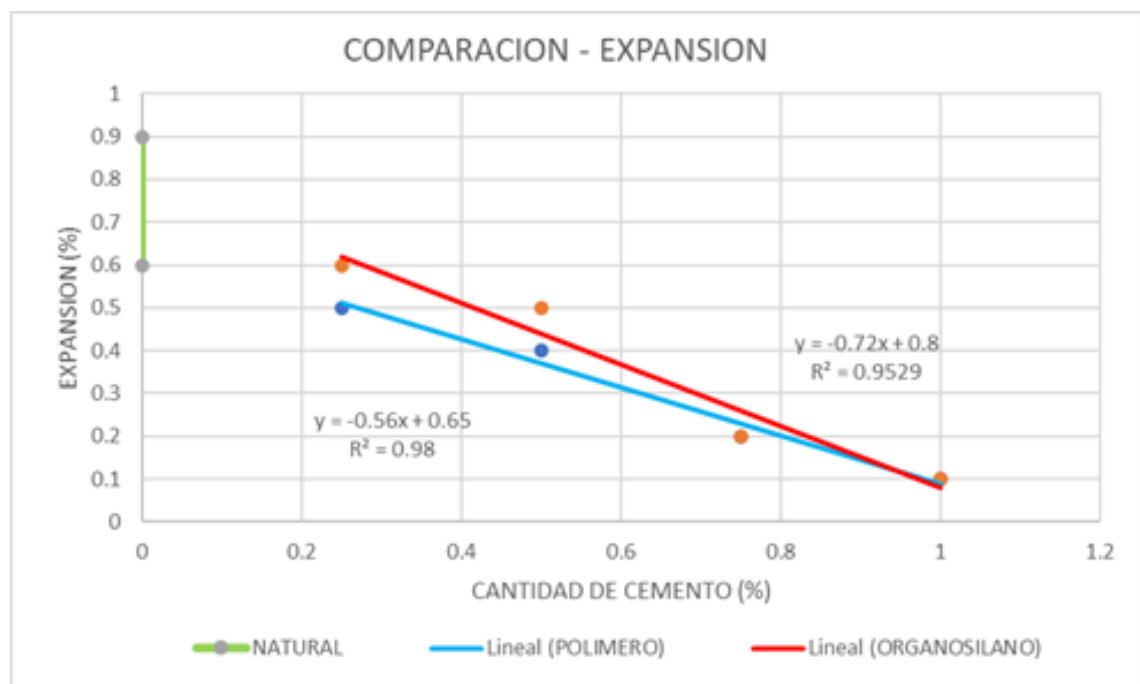
Los resultados de las pruebas de la capacidad de soporte realizadas a las muestras (M-2 al M-5) y (M-6 al M-9) demuestran que al estabilizar un suelo CL con Polímero y Organosilano respectivamente, con la adición de al menos un 1% de contenido de cemento permite superar el valor mínimo de CBR exigido por la norma ($CBR=100$). Por lo tanto, se puede recomendar el uso de uno de estos estabilizantes. De la figura 53 se desprende que los resultados correspondientes al polímero y al Organosilano muestran valores de CBR que incrementan proporcionalmente a la cantidad de cemento.

A si mismo de la Figura 53 se muestra el comportamiento del CBR en función del porcentaje del contenido de cemento para las mezclas tratadas con organosilano. El

incremento observado es consistente y mantiene la tendencia identificada en los resultados tabulados: valores iniciales bajos en el suelo natural y un aumento progresivo que alcanza 113% con una dosificación del 1% de cemento. Este comportamiento confirma que la reacción entre el organosilano, el cemento y el suelo arcilloso contribuye a mejorar la estructura interna del suelo, permitiendo superar el valor mínimo de CBR exigido por el Documento Técnico de Soluciones Básicas. Por lo tanto, el uso conjunto de organosilano y cemento resulta técnicamente viable para incrementar la resistencia del suelo CL evaluado.

Figura 53.

Curvas de % de cemento vs expansión



Nota. Elaboración propia

Además, se observa que, al utilizar Organosilano y Polímero combinados con cemento en un suelo arcilloso, se obtienen mejores resultados en cuanto a la reducción de la expansión, ya que los valores obtenidos son inferiores al límite máximo permitido (0.5%). Por lo tanto, con una dosificación mínima de contenido de cemento al 1.00%, se cumplen los parámetros mínimos establecidos en el documento técnico de soluciones básicas en carreteras no pavimentadas.

Así mismo la Figura 54 complementa el análisis mostrando la variación de la expansión del suelo en función del contenido de cemento cuando se emplea organosilano como estabilizante químico. Los valores descienden de manera sostenida conforme aumenta el porcentaje de cemento, ingresando dentro del límite máximo permitido ($\leq 0.5\%$) a partir de la dosificación del 0.50%. Esta reducción evidencia una mejora significativa en la estabilidad

volumétrica del suelo, disminuyendo su susceptibilidad al hinchamiento. En conjunto, estos resultados respaldan que la mezcla organosilano–cemento no solo incrementa la resistencia, sino que también mejora el control de expansión, confirmando su adecuación para aplicaciones en capas afirmadas bajo las condiciones evaluadas.

B. El uso de polímero con cemento es el producto más rentable económicamente con respecto al uso del Organosilano con cemento en la estabilización de suelos arcillosos, Ayacucho – 2024

En el caso del tramo de carretera evaluada, donde se encuentra ubicada la subrasante, se determinó la cantidad de material necesario tomando como referencia el ancho promedio de la vía, la longitud del tramo y el espesor de la capa de rodadura. Este cálculo se presenta a continuación.

Tabla 33.
Cuantificación de material requerido

Cuantificación de Material			
Ancho promedio de la vía (m)	Longitud (m)	Espesor de la capa de rodadura	Material requerido (m3)
4	22500	0.2	18000

Nota. Elaboración propia

Tabla 34.
Costo total por cada propuesta

Material	Volumen requerido (m3)	P:U (S/ x m3)	Total 22.5 km	CBR al 100%
Suelo no estabilizado (Cantera de préstamo)	18000	68.37	1,230,660	9.3
Suelo+Polímero +1%cemento	18000	62.90	1,132,200	103
Suelo+Organosilano +1%cemento	18000	120.40	2,167,200	113

Nota. Elaboración propia

De los resultados obtenidos, se concluye que el suelo estabilizado más favorable económicamente es el aditivo estabilizante polímero. En comparación del uso del organosilano o del material de préstamo proveniente de una cantera cercana a la vía; tanto el polímero como el organosilano, combinados con un porcentaje de cemento al 1% del peso total, son suficientes para cumplir con el requisito mínimo establecido en el documento técnico

(CBR \geq 100). Cabe destacar que la estabilización con organosilano implica un mayor gasto en comparación con el uso de suelo de cantera sin estabilizar; sin embargo, el uso y la inversión en el polímero, se justifica por la reducción significativa de los gastos de conservación; por los menores costos de mantenimiento durante el periodo de servicio de un camino vecinal.

Así mismo para esta contrastación se realizó a partir de los costos unitarios y del presupuesto total para un tramo de 22.5 km, comparando tres alternativas: suelo no estabilizado, suelo estabilizado con polímero más 1 % de cemento y suelo estabilizado con organosilano más 1 % de cemento. Los resultados muestran diferencias claras entre las propuestas. El suelo no estabilizado presentó un costo total de S/. 1,230,660, mientras que la estabilización con polímero se obtuvo un monto de S/. 1,132,200. Por el contrario, la alternativa con organosilano registró un costo mayor, alcanzando S/. 2,167,200. Estas variaciones se reflejan con respecto en el análisis por kilómetro, donde la opción con polímero muestra el valor de S/. 62.90 más bajo frente al organosilano y al afirmado convencional.

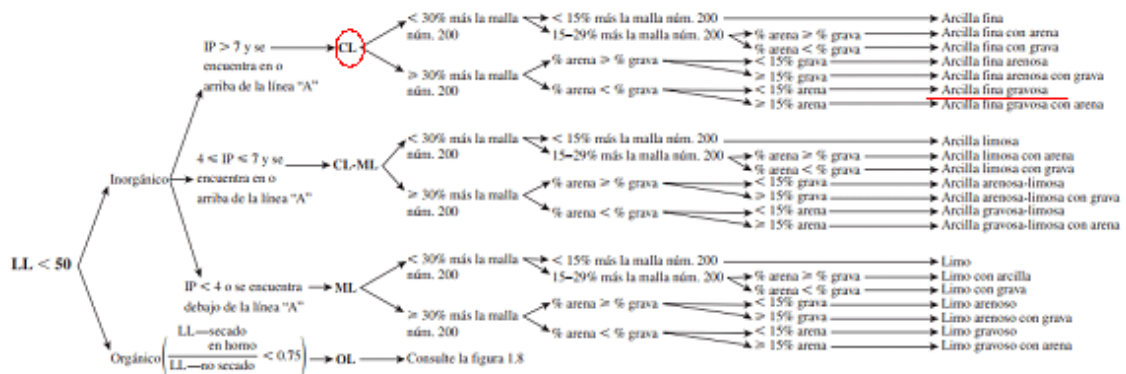
Si bien ambas estabilizaciones, polímero-cemento y organosilano-cemento, cumplen con los parámetros mínimos de desempeño técnico establecidos (CBR \geq 100 y expansión \leq 0.5%), sus implicancias económicas difieren de manera notable. El organosilano demanda una inversión inicial considerablemente más alta, lo cual incrementa el costo del proyecto sin aportar mejoras significativas adicionales en términos de capacidad de soporte respecto al polímero.

Al integrar los criterios técnicos y económicos, se observa que la estabilización con polímero permite obtener una resistencia adecuada del suelo a un costo menor por metro cúbico y por kilómetro tratado, lo que la posiciona como una alternativa más eficiente para las condiciones del tramo evaluado. En consecuencia, los resultados confirman que el uso de polímero con cemento constituye la opción más rentable económicamente frente al organosilano con cemento. Por tanto, la hipótesis específica se valida.

4.3 ANALISIS E INTERPRETACION

1. A partir del análisis de las propiedades de la subrasante, específicamente en lo que respecta a su composición granulométrica, se obtuvieron resultados que fueron comparados con los criterios establecidos por el sistema de clasificación SUCS. Estos resultados se presentan de manera detallada en la Figura 55.

Figura 54.
Clasificación de suelos gruesos SUCS



Nota. (Borselli, 2019)

Como en el trabajo de investigación se usó dos muestras naturales de la subrasante (C-2) y (C-1); el tipo de suelo tomado para la investigación resulto:

(C-2, subrasante): muestra de suelo tipo “Arcilla fina gravosa” (CL) Se observa que este suelo no estaría apto para su uso como afirmado, por lo cual es necesario el mejoramiento usando los requerimientos del manual técnico de soluciones básicas.

En esta investigación se evaluaron dos muestras naturales de la subrasante (C-2 y C-1). Para el análisis correspondiente se tomó la muestra de la calicata C-2, que permitió clasificar el material como un suelo de tipo Arcilla fina gravosa (CL), según el sistema SUCS. Esta identificación coincide con los parámetros obtenidos en laboratorio: un límite líquido de 25%, un índice plástico de 13% y un contenido de finos del 23%. Estas características, combinadas con un CBR natural de 9.3%, indican que el suelo no cumple con los requisitos mínimos establecidos en el manual de diseño de carreteras no pavimentadas y el Documento Técnico de Soluciones Básicas para ser utilizado directamente como afirmado. Debido a ello, se justifica la necesidad de aplicar un proceso de estabilización química que permita mejorar su resistencia y estabilidad volumétrica antes de destinarlo a capas de rodadura.

2. El análisis estadístico buscó determinar si los valores medios del CBR obtenidos con las mezclas estabilizadas con polímero y con organosilano, ambas con 1% de cemento, difieren significativamente del CBR natural de 9.3%. Para ello se aplicó la prueba T-Student para una muestra, utilizando como valor de contraste el CBR natural.

En el tratamiento con polímero, el p-valor fue de 0.026 menor que 0.05, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y confirmar un incremento significativo de la resistencia respecto

al suelo natural. La diferencia promedio de 58.45 unidades evidencia que la combinación polímero-cemento mejora la capacidad de soporte del suelo CL.

Para el organosilano, la diferencia promedio fue de 60.45 unidades, el p-valor de 0.035 no superó 0.05. Por ello se puede confirmar que el tratamiento con organosilano-cemento sea estadísticamente significativa, incrementando respecto al suelo natural lo que valida su efecto positivo con respecto a la capacidad de soporte del suelo CL.

En conjunto, los resultados muestran que el polímero como el organosilano juntamente con el cemento generan una mejora estadísticamente significativos con respecto al CBR del suelo sin tratar, no obstante, en el contraste indica que no existe diferencias estadísticamente significativas entre sus valores medios. Su elección de estos productos depende principalmente de consideraciones económicas y de optimizar los recursos, más que de diferencias en su desempeño.

3. A continuación, se presentan los parámetros de calidad del material natural obtenido en la calicata C-2, comparados con los requisitos establecidos en el MTC (2008) y MTC (2014) para capas afirmadas:

Tabla 35.

Parámetros de calidad del material de Calicata 2

ENSAYO	Calicata 2 (Km 9+400)		
	Especificación		Observación
Granulometría	C-2	HUSO	
Limite Líquido (%)	25	35 máx.	Cumple
Índice Plástico (%)	13	4-9.	No Cumple
CBR (%)	22	40 mín.	No Cumple
% pasa #200	23	5-20%	No Cumple

Nota. Elaboración propia

Al contrastar las propiedades del suelo natural con los parámetros establecidos en el MTC, se observa que la muestra evaluada no cumple con los requisitos para su utilización directa como capa afirmada. El contenido de finos, el índice plástico y el valor de CBR se encuentran fuera de los rangos permitidos, tal como se aprecia en la Tabla 36. Esta situación coincide con lo reportado en estudios locales, donde se evidencia que suelos arcillosos similares no alcanzan los valores mínimos establecidos para materiales de rodadura sin la incorporación de aditivos o procesos de estabilización.

A pesar de estas limitaciones iniciales, la normativa del MTC (2015) indica que, una vez estabilizado y siempre que el material cumpla con los parámetros finales exigidos

principalmente en términos de CBR y estabilidad volumétrica (expansión), el suelo puede ser considerado apto para su uso en capas de rodadura, independientemente de sus características naturales. Este criterio es respaldado por Iliev-Lima (2020), quien señala que los suelos arcillosos pueden ser incorporados a la estructura del camino cuando la estabilización permite alcanzar los requisitos técnicos establecidos en el Documento Técnico de Soluciones Básicas.

En el caso de la presente investigación, los valores finales de CBR obtenidos tras la estabilización superan ampliamente el mínimo requerido de 100%, lo que confirma que, a pesar de no cumplir con los parámetros iniciales, el suelo es técnicamente viable para ser utilizado como afirmado una vez sometido al tratamiento adecuado.

4. Al evaluar otros estudios, como el de Condori y Huamani (2018), se observa que al estabilizar un suelo tipo GC utilizando únicamente un polímero, sin la presencia de cemento, el CBR se incrementó solo en 13.9%. Este resultado evidencia que, aunque el polímero mejora la capacidad de soporte, el aumento sigue siendo limitado cuando no se emplea un conglomerante. De manera similar, en la tesis de Salazar (2019) se registran incrementos del CBR al aumentar las dosificaciones de polímero MegaSoil en un material granular de cantera; sin embargo, la mejora obtenida continúa dependiendo principalmente de la acción del cemento para lograr una estructura más consolidada y resistente. En conjunto, estos antecedentes muestran que el polímero por sí solo no logra una consolidación suficiente de las partículas del suelo, por lo que el uso combinado con cemento resulta más efectivo para cumplir exigencias técnicas más estrictas.

De forma análoga, en los trabajos de Hidalgo (2022) y Martínez (2020), donde se estabiliza el suelo empleando únicamente organosilano, se reportan incrementos en el CBR, pero en porcentajes reducidos y sin alcanzar el valor mínimo de 100% requerido para capas de rodadura. Asimismo, en la tesis de Villanueva (2017), al comparar el uso de un polímero, un organosilano y un ion, se concluye que, aunque la adición de estos productos mejora el CBR del suelo, los valores obtenidos no cumplen los parámetros mínimos establecidos en el Documento Técnico de Soluciones Básicas para carreteras no pavimentadas.

En la presente investigación, la muestra de suelo sin tratar (suelo CL) presenta un CBR inicial de 9.3%. No obstante, al adicionar polímero u organosilano en combinación con un 1% de cemento, el CBR supera el 100%, cumpliendo el valor mínimo exigido para su uso en la capa de rodadura de una carretera sin pavimentar. Estos resultados confirman que la incorporación de cemento junto con los estabilizantes químicos es determinante para alcanzar los niveles de resistencia requeridos y en consecuencia, respaldan las hipótesis

específicas planteadas en el estudio.

5. El análisis económico se realizó considerando los costos totales de mejoramiento del tramo de 22.5 km para cada alternativa evaluada: suelo sin estabilizar, estabilización con polímero más 1 % del contenido de cemento y estabilización con organosilano más 1 % del contenido de cemento. Tal como se muestra en las Tablas 34 y 35, ambas alternativas estabilizadas alcanzan con holgura los valores requeridos por la normativa en términos de CBR y expansión; sin embargo, sus implicancias económicas son distintas.

La estabilización con polímero presenta un costo total de S/. 3,396,600, siendo la opción más económica entre las alternativas evaluadas **para su mantenimiento en 10 años**. En contraste, la estabilización con organosilano alcanza un costo de S/. 6,501,600; valor considerablemente mayor, pero no supera el costo del uso de un suelo de cantera sin estabilizar (S/. 15,998,580). Esta diferencia confirma que, para las condiciones del tramo estudiado, el polímero constituye la alternativa más rentable cuando se busca alcanzar los parámetros técnicos mínimos establecidos.

El análisis indica además que, aunque el suelo de cantera presenta un costo inicial menor que la estabilización con el productos organosilano, su aplicación implica recurrir a material externo y movilizar volúmenes adicionales, lo cual incrementa la inversión total. En cambio, la estabilización con polímero utiliza el propio suelo del proyecto y cumple con los valores técnicos requeridos a un costo más bajo que el organosilano. Por ello, los resultados económicos respaldan la hipótesis específica 3, identificando al polímero como la alternativa con mejor relación costo-beneficio, desempeño para la estabilización del suelo CL evaluado.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Los resultados de esta investigación permitieron verificar que la estabilización del suelo arcilloso tipo CL, característico del tramo evaluado, puede alcanzar niveles adecuados de resistencia y estabilidad volumétrica mediante la adición de polímero con 1% de contenido de cemento y organosilano con 1% de contenido de cemento, obteniendo de ambas estabilizaciones valores superiores al mínimo de $CBR \geq 100\%$ establecido en el Documento Técnico de Soluciones Básicas, lo que demuestra que estos métodos son técnicamente viables, estos tratamientos son válidos para su uso en capas de rodadura de carreteras no pavimentadas con bajo volumen de tránsito. Asimismo, se constató que en todas las combinaciones analizadas los valores de expansión estaban por debajo del límite de 0.5%, lo cual valida la efectividad de los dos estabilizadores para optimizar la respuesta volumétrica en tierras arcillosas. Este control de la expansión es esencial porque disminuye el peligro de deformaciones y ayuda a extender la vida útil del proyecto vial. En resumen, estos hallazgos demuestran que los estabilizantes utilizados, en combinación con un 1% de contenido de cemento, convierten en un suelo idóneo, en un material que cumple los lineamientos y satisfacen los requisitos técnicos necesarios para construir las carreteras rurales.
2. El material de la subrasante de Alcamenca, suelo natural proveniente de la Calicata C-2, clasificado como CL según SUCS y A-6(0) de acuerdo con la clasificación AASHTO, mostró propiedades que justifican la necesidad de un proceso de tratamiento mediante la estabilización. Presentó un contenido de finos del 23%, un índice plástico de 13% y un valor de CBR de 9.3%, parámetros que se encuentran fuera de los límites aceptados por el MTC para su uso directo como afirmado. Estos valores reflejan un comportamiento típico de los suelos arcillosos de la zona, caracterizados por baja resistencia, elevada retención de humedad y tendencia al hinchamiento. La estabilización permitió superar estas limitaciones iniciales, lo que demuestra la importancia de intervenir técnicamente los suelos locales antes de incorporarlos a la estructura del pavimento. En este contexto, los resultados refuerzan la idea de que la calidad del material natural no determina necesariamente su exclusión del diseño vial, siempre y cuando sea sometido a un tratamiento adecuado que permita alcanzar los parámetros mínimos establecidos en la normativa vigente.
3. De los ensayos se evidenciaron que la dosificación mínima eficaz para ambos estabilizantes es la combinación con 1% de cemento, ya que solo con esta proporción se

logró superar el CBR mínimo de 100%. Al analizar comparativamente el desempeño mecánico, se observó que el organosilano alcanzó un CBR de 113% y el polímero de 103%. El análisis estadístico confirmó que ambos tratamientos presentan incrementos significativos respecto al suelo natural (CBR = 9.3); en particular, el polímero obtuvo un p-valor de 0.026 y el organosilano un p-valor de 0.035, ambos menores a 0.05.

El tratamiento con organosilano, En el tratamiento con organosilano, la diferencia promedio obtenida fue de 60.45 unidades de CBR, y el p-valor calculado (0.035) fue menor que 0.05, lo que confirma que este tratamiento genera un incremento estadísticamente significativo respecto al suelo natural (CBR = 9.3). Esto valida que el organosilano, en combinación con 1% de cemento, mejora de manera consistente la resistencia del material. En conjunto, los resultados muestran que tanto el polímero como el organosilano incrementan significativamente el CBR del suelo estabilizado. No obstante, la comparación directa entre ambos estabilizantes ($t = -0.092$; $p = 0.930$) evidencia que no existen diferencias estadísticamente significativas entre sus valores medios, por lo que ambos presentan un desempeño equivalente en las condiciones evaluadas. De este modo, la elección entre uno u otro debe basarse en criterios económicos, de disponibilidad y de operatividad, más que en diferencias mecánicas.

4. El análisis económico confirma que la estabilización con polímero + 1 % de contenido de cemento es la alternativa más rentable y técnica para el tramo evaluado. Con un costo total de S/. 1,132,200 para los 22.5 km, esta opción resulta más económica y técnica que el uso de suelo de cantera sin estabilizar (S/. 1,230,660) y significativamente más económica que la estabilización con organosilano + 1 % de contenido de cemento (S/. 2,167,200). Esta diferencia no solo refleja el menor costo del polímero como aditivo, sino también el beneficio de aprovechar el suelo del propio proyecto, evitando la necesidad de transportar grandes volúmenes de material de préstamo.

Los resultados económicos, junto con los valores de CBR obtenidos, permiten afirmar que el polímero ofrece la mejor relación costo-beneficio para la estabilización del suelo CL del tramo estudiado. Esta conclusión se alinea plenamente con la hipótesis específica 3 y constituye un criterio técnico relevante para la toma de decisiones en proyectos viales similares, donde la optimización de recursos y la eficiencia económica son fundamentales.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar los estudios de estabilización con polímero + cemento y organosilano + cemento en otros suelos arcillosos de la región de Ayacucho, evaluando variaciones en granulometría, plasticidad, porcentaje de finos y contenido de humedad natural. Esto permitirá determinar el rango de suelos donde cada estabilizante presenta un mejor desempeño y mejorar la aplicabilidad de los resultados para proyectos en zonas con características geotécnicas diversas.
- Aunque ambos estabilizantes combinados con 1% de cemento lograron superar el CBR mínimo exigido por el Documento Técnico de Soluciones Básicas, se recomienda realizar ensayos adicionales para optimizar las dosificaciones de cemento y del aditivo químico. La dosificación puede variar en función de la mineralogía del suelo, la presencia de sales, la permeabilidad y la sensibilidad al agua, por lo que sería conveniente explorar combinaciones alternativas para encontrar un equilibrio entre desempeño técnico y costo.
- Se aconseja comparar el comportamiento de las mezclas estudiadas (polímero + cemento y organosilano + cemento) con otras alternativas químicas disponibles en el mercado, como zeolitas o aditivos sulfonados. Un análisis comparativo permitiría establecer si existen opciones con mejores propiedades mecánicas, mayor durabilidad frente a ciclos de lluvia-sequía o un costo operativo más reducido para soluciones a largo plazo.
- Se recomienda realizar evaluaciones post-construcción en tramos estabilizados con polímero y organosilano, monitoreando parámetros como densidad in situ, deformaciones, pérdida de material por erosión superficial, presencia de grietas y capacidad portante en diferentes épocas del año. Este seguimiento permitirá validar en campo los resultados obtenidos en laboratorio y determinar la durabilidad real de los estabilizantes frente a condiciones climáticas y cargas vehiculares propias de caminos rurales.
- Los ensayos de laboratorio deben ejecutarse siguiendo rigurosamente las especificaciones del MTC y las indicaciones técnicas de los fabricantes de cada producto estabilizante. Esto incluye preparación de muestras, tiempos de curado, orden de mezcla, humedad óptima y densidad seca máxima. Cualquier variación en estos procedimientos podría influir significativamente en los resultados del CBR y de la expansión. Se recomienda documentar cada paso para asegurar la reproducibilidad

de los ensayos.

- Se recomienda no basar las decisiones de diseño únicamente en la información proporcionada por los proveedores de aditivos químicos, ya que las condiciones reales del suelo pueden diferir de las mostradas en fichas técnicas o resultados comerciales. Es indispensable que cada proyecto vial realice sus propios ensayos de laboratorio, adaptados a las condiciones del suelo y del clima del lugar, para garantizar resultados confiables y un diseño seguro.
- Finalmente, se sugiere incorporar en futuros estudios la evaluación de propiedades adicionales de los suelos estabilizados, como la resistencia al desgaste, la resistencia al agua, la permeabilidad, la durabilidad a ciclos húmedo–seco y la estabilidad volumétrica a largo plazo. Estos parámetros permitirán una evaluación más completa del desempeño mecánico de los tratamientos y facilitarán su adopción en proyectos de mayor envergadura.

CAPITULO VII: TRABAJOS FUTUROS

- Realizar estudios comparativos del comportamiento de suelos arcillosos estabilizados con polímero + cemento, organosilano + cemento y cal, bajo las mismas condiciones de preparación y curado. Este estudio permitiría establecer con mayor precisión las diferencias en capacidad portante, variación volumétrica y durabilidad, especialmente en zonas altoandinas como la región Ayacucho, donde la humedad y la temperatura influyen notablemente en el desempeño de los suelos estabilizados.
- Profundizar en el análisis del mejoramiento de la densidad seca y del CBR en suelos granulares y arcillosos mediante la incorporación de polímeros y cemento, replicando las mismas dosificaciones evaluadas en esta tesis. Ello permitiría verificar si la eficacia observada en el suelo CL se mantiene en materiales con distinta composición granulométrica, ampliando la aplicabilidad de los estabilizantes.
- Evaluar el impacto de los estabilizadores químicos (polímero y organosilano) en la capacidad de drenaje y en la resistencia a la erosión superficial del afirmado. Estas propiedades no fueron estudiadas en la presente investigación, pero resultan clave para caminos de bajo volumen de tránsito sometidos a lluvias intensas y procesos de desgaste superficial.
- Analizar el comportamiento de un suelo arcilloso CL estabilizado con diferentes proporciones de polímero y cemento frente a variaciones climáticas extremas, simulando ciclos húmedos–seco, congelamiento–deshielo o saturación prolongada. Este análisis permitiría conocer la estabilidad estructural del material a largo plazo y anticipar su respuesta bajo condiciones ambientales críticas.
- Estudiar el comportamiento geotécnico de materiales granulares provenientes de distintas canteras de la región, estabilizados con polímero y cemento según las dosificaciones propuestas. Esta línea de investigación aportaría información útil para determinar si los estabilizantes mantienen su desempeño en suelos con mayor fracción gruesa y con menor contenido de arcillas.
- Explorar el efecto combinado de polímeros y otros conglomerantes como yeso, cal o agentes sulfonados, con el objetivo de identificar mezclas alternativas que puedan mejorar aún más la capacidad portante del material o reducir el consumo de cemento, manteniendo la viabilidad económica. Esta propuesta surge de la necesidad de optimizar los costos sin sacrificar el rendimiento mecánico.

- Realizar ensayos de compresión simple, tracción indirecta y durabilidad en muestras estabilizadas con polímero + cemento y organosilano + cemento, a fin de complementar la información obtenida en los ensayos CBR. Estos parámetros permitirían caracterizar de manera más completa el desempeño mecánico de los suelos estabilizados y brindar información adicional para su diseño como material de rodadura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aggrebind (2025). *AggreBind: Tu Socio en el desarrollo sostenible*.
<https://aggrebind.com/es/products/>.
- Arkles, B. (1977). *Tailoring surfaces with silanes*. Chemtech, 766-778,
<https://cir.nii.ac.jp/crid/1571698601418264448>.
- Arquie, G. (1978). *Compactacion en carreteras y aeropuertos*.
<https://acortar.link/cRvO08>.
- Ayala, E. A. (2015). *Mejoramiento de la vía terciaria vereda San Rafael en el municipio de la Calera mediante la aplicación de probase Road System*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Barahona, H. J. (2019). *ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LOS ESTABILIZANTES QUIMICOS TERRAZYME Y POLYCOM, EN EL MEJORAMIENTO DE LA DENSIDAD Y EL CBR DE LA TROCHA CARROZABLE POMACUCHO - PACAYPAMPA - SANTA MARIA DEL VALLE - HUANUCO -HUANUCO, 2018 (Tesis de Grado)*. Repositorio institucional,
<http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2202>.
- Borselli, I. (2019). *Clasificación ingenieril de los suelos y de los macizos rocosos*. Facultad de ingenieria, UASLP,
https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf.
- Brazzini, G. (2005). *Estabilizadores de Suelos MTC*.
<https://es.scribd.com/document/350849142/Estabilizadores-de-Suelos-MTC>.
- BREM, S. (2015). *Terrasil Ficha Tecnica*.
<https://es.scribd.com/document/418492619/2015-FTP-02-Terrasil-Ficha-Tecnica-1>.
- BREM SAC, e. s. (2015). *FTP 02 Terrasil Ficha Tecnica*.
<https://es.scribd.com/document/418492619/2015-FTP-02-Terrasil-Ficha-Tecnica-1>.
- Carpetapedagogica (2021). *Carreteras del Perú*.
<https://carpetapedagogica.com/carreterasdelperu>.
- Condori, V. & Huamani, Z. (2018). *Aplicación del estabilizador Z con polímero en el incremento del valor del CBR del material utilizado como afirmado en la carretera departamental ap-103[Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los andes]*. Repositorio institucional,
<https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/133>.
- Connar, S. (2023). *¿Que es la estabilización de suelo y como se hace?*
<https://conarsac.com/blog/estabilizacion-de-suelo/3>.

- Coovias (Setiembre de 2025). *Megasoil: Estabilizador de suelos*.
<https://coovias.com/megasoil-estabilizador-de-suelos/?srsltid=AfmBOorKg00cqiSi4aMCfwZw0rCCenyOoWCqbWR8jdbDfzCJwjBRZl->
- Crespo, v. (2004). *Mecánica de suelos y cimentaciones (5 ed.)*. Editorial Limusa.
- Curitomay, C. J. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con polímeros de tipo copolímero, aplicado a obras viales de mediano tránsito en la carretera Pucaloma-Yanayacu, distrito de Socos*. UNSCH,
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3569>.
- Daniels, J. & Hourani, M. (2009). *Soil Improvement with Organo-Silane*.
 (G. S. Publication, Ed.),
[https://doi.org/10.1061/41025\(338\)23](https://doi.org/10.1061/41025(338)23).
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cengage Learnig.
- Dawood, M. (2014). *Rehabilitation of Metallic Civil Infrastructure Using Fiber Reinforced Polymer (FRP) Composites*. Woodhead Publishing, 96-114,
<https://doi.org/10.1533/9780857096654.1.96>.
- Enciclopediaonline (17 de octubre de 2019). *Tipos de polímeros*.
<https://enciclopediaonline.com/es/tipos-de-polimeros/>.
- Federación Interamericana del cemento (Ficem) (27 de mayo de 2010). *Suelo - Cemento(1ª parte)*. (IMCYC, Editor),
<http://www.imcyc.com/ct2008/mar08/ingenieria.htm>.
- García, C. X. (2015). *Comparación de los efectos de diferentes métodos de estabilización de subrasantes en arcillas bogotanas (Tesis pregrado, Universidad de los Andes)*. Repositorio institucional,
<https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/17766>.
- GeoFanTex (2024). *El papel de los geosintéticos en la estabilización de taludes y el refuerzo del suelo*.
<https://acortar.link/shorten>.
- Geomesast (2018). *Proceedings of the 2nd GeoMEast International Congress on Geotechnical*.
<https://es.scribd.com/document/901224436/Latest-Thoughts-on-Ground-Improvement-Techniques-Proceedings-of-the-2nd-GeoMEast-International-Congress-and-Exhibition-on-Sustainable-Civil-Infrastru>.
- Gitari, M. W. & Mudzielwana, R. (2018). *Mineralogical and Chemical Characteristics of Raw and Modified Clays and Their Application in Arsenic and Fluoride Removal*

- (artículo).
<https://doi.org/10.5772/intechopen.74474>.
- González, G. (2015). *Tabla y graficos pavimentos*.
<https://pavimentosulacivil.files.wordpress.com/2018/01/tablas-y-graficos-de-pavimentos-1.doc>.
- Hidalgo, B. M. (2022). *Estabilización de suelos con aditivo Terrasil para el mejoramiento de carretera afirmada Patapampa – Apissi, distrito de Arapa, Azángaro, 2022 [tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio institucional,
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/107033>.
- Holtz, R., Kovacs, W., and Sheahan (2011). *An Introduction to Geotechnical Engineering*. Prentice-Hall.
- Iliev-Lima (2 de octubre de 2020). *Soluciones Básicas en Carreteras no Pavimentadas de Bajo Volumen (video)*. Youtube,
<https://www.youtube.com/watch?v=2bq2vGRMllw&t=2807s>.
- Juarez, B. E. & Rico, R. (2005). *Mecánica de suelos: Fundamentos de la mecánica de suelos*. Limusa.
- Li, Y., Shao, M., and Horton, R. (2011). *Effect of polyacrylamide applications on soil hydraulic characteristics and sediment yield of sloping land*. Procedia Environmental Sciences, 763-773.
- Lifeder (2022). *Monomeros*.
<https://www.lifeder.com/monomeros/>.
- Llano, E. P. (2022). *Efecto del intemperismo sobre las propiedades fisicoquímicas, el desempeño y la durabilidad de suelos viales aditivados con estabilizantes químicos*. Studies in Engineering and Exact Sciences, 14.
- Loayza, V. (2021). *Evaluación de un suelo estabilizado con aditivo de organosilanos para una carretera no pavimentada, Av. Universitaria km 24+00 - 25+00, Carabayllo – 2021. (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo)*. Repositorio institucional, Lima,
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_a0748e16e1c64d33caa6420534a1963e.
- Lopez, C. (2004). *Fundamentos de polimeros (1st ed.)*. Escuela Venezolana para la enseñanza de la Química. Universidad de los andes,
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.2573.0000>.
- Martinez, C. E. (2020). *Estabilizacion de suelos cohesivos con aditivo organosilanos nivel de Subrasante [Tesis de Grado, Universidad Peruana de los Andes]*. Repositorio

- institucional,
<https://hdl.handle.net/20.500.12848/1366>.
- Martinez Chavez, E. (2020). *Estabilización de suelos cohesivos con aditivo órganosilanos a nivel de subrasante (Tesis de Pregrado)*. Universidad Peruana Los Andes,
https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UPLA_e6a5b78cc76c677e1e12094c00ca34ef.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). *Manual de ensayo de materiales*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_770.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de carreteras: Seccion suelos y pavimentos*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/mtc%20normas/arch_pdf/man_7%20sggp-2014.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015a). *Documento tecnico soluciones básicas en carreteras no pavimentadas*.
<https://acortar.link/VLfter>.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2015b). *Pautas metodologicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulacion y evaluacion social de carreteras*.
https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de infraestructura vial*.
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2025). *Estadística - Infraestructura de Transportes - Infraestructura Vial*.
<https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/344790-estadistica-infraestructura-de-transportes-infraestructura-vial>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2012). *CE-020, Norma Técnica. “Estabilización de suelos y taludes”*. Lima-Peru.
- Mitchell, J. K. (2005). *Fundamentals of soil behavior*. John Wiley & Sons New York.

- Montejo, F. A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para Carreteras tomo I*. Editorial Universidad Católica de Colombia.
- Nesterenko, C. (2018). *Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú*. Universidad de Piura.
- NTP339.128:1999. (2019). *Método de ensayo para el análisis granulométrico*. (I. N. (INACAL), Ed.),
<https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>.
- Optimasoil. (2020). *Technical Data Optimasoil*.
<https://www.optimasoil.com/terrasil/>.
- Osorio, J. F. & Casas, A. N. (2011). *Correlación PDC con CBR para suelos en la localidad de Suba*.
<http://hdl.handle.net/10654/3653>.
- Painter, P., Coleman, M., Fernandez-Berridi, M. J., and Iruin, J. J. (2019). *Fundamento de Ciencia de Polímeros: Un Texto Introductorio*. CRC Press.
- Pantigozo, A. L. (2023). *Mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) de suelos grava arcillosas con polímeros y cemento para uso como afirmado en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Can Cristobal de Huamanga)*. Repositorio institucional,
<http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6259>.
- Plueddemann, E. (1991). *Nature of Adhesion Through Silane Coupling Agents*. In: *Silane Coupling Agents*. Springer,
https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2070-6_5.
- Pro-road. (2023). *Ficha-Teécnica-Estabilizante-para-Suelos-PREI-16-Pro-Road*.
<https://www.proroadglobal.com/wp-content/uploads/2022/09/Ficha-Te%CC%81cnica-Estabilizante-para-Suelos-PREI-16-Pro-Road.pdf>.
- Program National Cooperative Highway Research (2001). *Guide for Mechanistic-Empirical Design of new and rehabilitated pavement structures*.
https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/mepdg/2appendices_cc.pdf.
- Roadmaker. (2024). *POLYCOM STABILISING AID*.
<https://www.roadmaker.com.au/>.
- Ruiz, C. R. (2021). *MEJORAMIENTO EN LA RESISTENCIA DE SUELO GRANULAR ESTABILIZADO CON ORGANOSILANO Y CONGLOMERANTE CEMENTO TIPO I E IP A NIVEL DE CAPA DE RODADURA, AYACUCHO 2021*. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho.

- S.A.C., B. (2015). *Terrasil Ficha Tecnica*.
<https://es.scribd.com/document/418492619/2015-FTP-02-Terrasil-Ficha-Tecnica-1>.
- Salas, M. D. (2018). *Estabilización de Suelos con Adición de Cemento y Aditivo Terrasil para el Mejoramiento de la Base del Km 11+000 Al Km 9+000 de la Carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo. (Tesis de grado)*. Repositorio institucional,
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/1378>.
- Salazar, A. C. (2019). *Influencia de la adición del polímero Megasoil en los porcentajes de 2%, 4%, 6%, en el cbr del material de cantera para afirmados*. Universidad privada del norte.
- Sanchez, F. (2018). *¿Qué es el CBR?* (geotechtips, Editor),
<https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr>.
- Santoni, R., Tingle, J., and Webster, S. (2002). *Stabilization of Silty Sand with Nontraditional Additives*. Journal of the Transportation Research Board, 61-70,
<https://doi.org/https://doi.org/10.3141/1787-07>.
- Soiltechno. (2024). *Estabilizador de suelos*.
<https://soiltechno.com/productos/estabilizador-de-suelos/>.
- Soilworks. (2023). *Soiltac. Transparency and Dependable Assurance for Superior Soil Stability*.
<https://soilworks.com/soiltac/>.
- Supo, C. J. (2014). *Sinopsis del libro y carpeta de aprendizaje-Seminario de investigación científica*. (Bioestadístico.com, Ed.),
<https://cutt.ly/GN5jPbM>.
- Tingle, J. & Webster, S. (2002). *Stabilization Mechanisms of Nontraditional Additives*. Journal of the Transportation Research Board, 61-70,
<https://doi.org/https://doi.org/10.3141/1787-07>.
- Tingle, J. S., Newman, J. K., Larson, S. L., Weiss, C. A., & Rushing, J. F. (1989). *Stabilization mechanisms of nontraditional additives*. Transportation research record, 59-67.
- Trujillo, V. C. (2007). *Impacto ambiental en el geosistema de las canteras de sillar de Añashuayco – Arequipa*. Espacio y desarrollo, 207-2016.
- US Army Corps of Engineers. (1989). *Design Criteria for aggregate-surfaced roads*. Vicksburg, Mississippi: Geotechnical Laboratory.
- Villanueva, F. S. (2017). *Propuesta de estabilización de carreteras de bajo volumen de tránsito en la sierra, sobre los 2000 m.s.n.m, utilizando poliacrilamida aniónica*,

organosilano y un sulfonatado. (Tesis de postgrado). Universidad Ricardo Palma, Lima.

Z-aditivos. (2025). *ESTABILIZADOR Z CON POLIMEROS.*

[https://www.zaditivos.com.pe/productos-para-carreteras/estabilizador-z-con-polimeros.](https://www.zaditivos.com.pe/productos-para-carreteras/estabilizador-z-con-polimeros)

Zambrano Urbano, H. L. (2021). *Determinación de las propiedades dinámicas a pequeñas deformaciones de suelos estabilizados químicamente con aditivos poliméricos.* Universidad Santo Tomas.

Zambrano, Y. A. & Casanova, Z. M. (2016). *Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (CL) y grava arcillosa (GC).* UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPIRITU SANTO.

LISTA DE ABREVIATURAS

AASTHO	:	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	:	American Society for Testing and Materials
CBR	:	California Bearing Ratio
FICEM	:	Federación interamericana del cemento
GC	:	Clay gravel (Gravo arcilloso)
IMDA	:	Índice Medio Diario Anual
INACAL	:	Instituto Nacional de Calidad
IP	:	Índice de Plasticidad
LL	:	Limite Líquido
LP	:	Límite Plástico
MDS	:	Máxima densidad seca
MTC	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
NAASRA	:	National Association of Australian State Road Authorities
NTP	:	Normas Técnicas Peruanas
OCH	:	Óptimo Contenido de Humedad
PROVIAS	:	Proyecto Especial de Infraestructura de Transporte Nacional
SINAC	:	Sistema Nacional de Carreteras
SUCS	:	Unified Soil Classification System
UCR	:	Unidad Constitucional Repetitiva

GLOSARIO

1. **Aditivo:** Sustancia química o mineral (o combinación de ambas) que altera una o más propiedades de un material.
2. **Análisis granulométrico:** Técnica empleada para determinar de manera cuantitativa la distribución del tamaño de las partículas de suelo fraccionadas, a través de un proceso de tamizado estandarizado.
3. **Cantera:** Lugar o sitio de donde se extraen rocas o minerales, especialmente aquellos utilizados en la construcción o decoración, como mármol, granito o piedra caliza. También puede referirse a un espacio natural o artificial donde se obtienen materiales pétreos para diversos usos industriales o artísticos.
4. **Capa de rodadura:** Es la capa superior de la calzada, hecha de material específico, destinada a proporcionar comodidad al tránsito, características antideslizantes, impermeabilidad y resistencia a la abrasión causada por el tráfico y los efectos del clima.
5. **Cemento:** Conglomerante compuesto a partir de una mezcla calcinada y molida de caliza y arcilla, que se endurece al entrar en contacto con el agua.
6. **Compactación:** Procedimiento, ya sea manual o mecánico, que busca disminuir el volumen de vacíos en suelos, mezclas asfálticas, morteros y concretos frescos a base de cemento Portland.
7. **Estabilización:** Consiste en mejorar las características físicas de un suelo mediante métodos mecánicos y la adición de sustancias químicas, naturales o sintéticas.
8. **Grava:** Material pétreo de granulometría gruesa, obtenido de manera natural o artificial a través de procesos de fragmentación.
9. **Hidratación:** Fenómeno en el que un compuesto, como el concreto, reacciona con el agua, favoreciendo su endurecimiento y desarrollo de propiedades.
10. **Monómeros:** Moléculas de baja masa molecular que, al someterse a un proceso de polimerización, se combinan para formar estructuras macromoleculares denominadas polímeros.
11. **Polímeros:** Son materiales compuestos por moléculas grandes, conocidas como macromoléculas, que se forman a partir de unidades repetitivas organizadas de manera más o menos ordenada.

12. **Suelo:** Se define como la capa superficial de la corteza terrestre, formada por la desintegración o alteración física y química de las rocas, junto con los residuos generados por las actividades de los seres vivos que habitan en ella.
13. **Solución básica:** Son opciones técnicas, económicas y ambientalmente sostenibles que incluyen el uso de estabilizadores de suelo, recubrimientos bituminosos y otros métodos, con el objetivo de prolongar la vida útil de las capas de rodadura en carreteras no pavimentadas.
14. **Suelos GC:** Corresponden a suelos clasificados como Grava Arcillosa, donde predominan las gravas mezcladas con arena y arcilla, o gravas con una cantidad significativa de material fino, aunque la grava es el componente principal.
15. **Suelo CL:** Es un suelo arcilloso de baja a mediana plasticidad, compuesto principalmente por material fino (limo y arcilla), con propiedades cohesivas que le permiten ser moldeable, pero susceptible a cambios volumétricos con la humedad.
16. **Vida útil:** Es el período estimado durante el cual una obra vial debe funcionar o prestar servicios en condiciones óptimas.

ANEXOS

ENSAYO DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZ (ASTM D 6913/D6913M-17)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 001

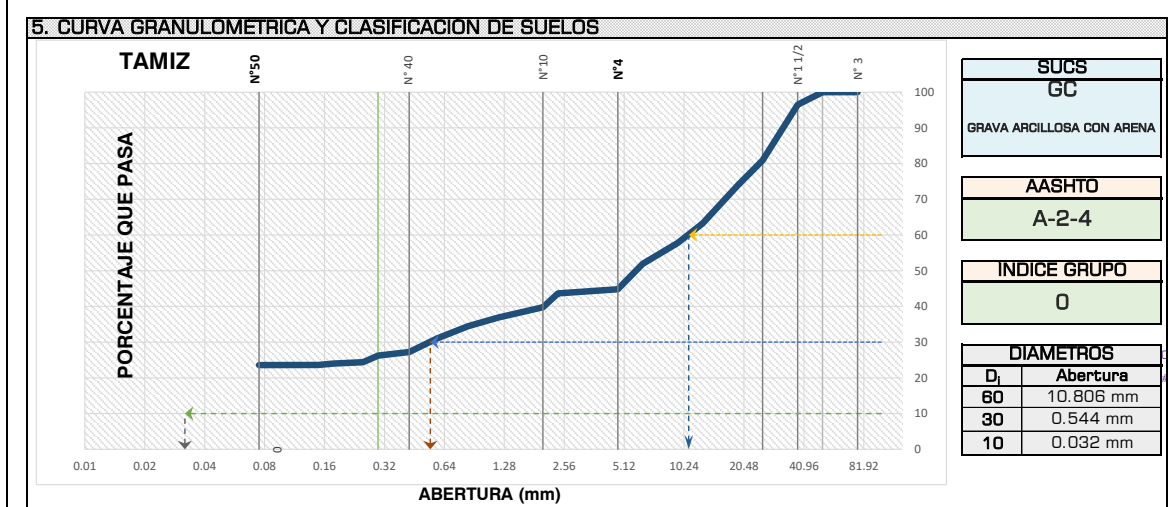
FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: -

1. MUESTRA UBICACIÓN: Km 9+400 CALICATA: C-1
MATERIAL: E-1 PROFUNDIDAD: 1.50 m

2. PERSONAL OPERADOR: K.O.C.
ASISTENTE: W.A.J

3. TAMIZADO							4. RESUMEN	
Nº	ASTM	ABERTURA (mm)	PESO (g)	Parcial %	Acumulado %	PASANTE MATERIAL SUELO	DESCRIPCIÓN	VALOR
							DATOS GENERALES	
1	3"	76.200	0.0	0.00	0.00		Peso muestra seca	3,105 g
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00		Peso muestra seca y lavada	2,373 g
3	2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00	Perdida por lavado	732 g
4	1 1/2"	38.100	108.3	3.49	3.49	96.51	ENSAYOS ESTANDAR	
5	1"	25.400	484.1	15.59	19.08	80.92	% Grava	55.19%
6	3/4"	19.050	218.3	7.03	26.11	73.89	Grava Gruesa-Hasta (Nº1 1/2)	3.49%
7	1/2"	12.700	329.8	10.62	36.74	63.26	Grava Fina-Hasta (Nº4)	51.70%
8	3/8"	9.525	169.8	5.47	42.21	57.79	% Arena	21.23%
9	1/4"	6.350	182.1	5.87	48.07	51.93	Arena Gruesa-Hasta (Nº10)	5.04%
10	Nº4	4.760	220.9	7.12	55.19	44.81	Arena Media-Hasta (Nº40)	12.53%
11	Nº8	2.380	36.3	1.17	56.36	43.64	Arena Fina-Hasta (Nº100)	3.66%
12	Nº10	2.000	120.1	3.87	60.23	39.77	% Finos	23.58%
13	Nº16	1.190	90.8	2.92	63.15	36.85	COEFICIENTES	
14	Nº20	0.840	74.8	2.41	65.56	34.44	Uniformidad (Cu)	339.72
15	Nº30	0.590	104.4	3.36	68.92	31.08	Curvatura (Cc)	0.86
16	Nº40	0.425	119.1	3.84	72.76	27.24	TIPO TAMIZADO	-
17	Nº50	0.297	32.1	1.03	73.79	26.21	PROCEDIMIENTO	Secado al Horno
18	Nº60	0.250	57.3	1.85	75.64	24.36	TAMIZ DE SEPARACION/DESIGNADO	-
19	Nº80	0.177	11.9	0.38	76.02	23.98	LIMITES DE ATTERBERG	
20	Nº100	0.149	10.7	0.34	76.37	23.63	DESCRIPCIÓN	REGISTRO
21	Nº200	0.075	1.7	0.05	76.42	23.58	Limite Líquido (LL):	24%
22	Fondo			0.00	76.42		Limite Plástico (LP):	15%
23	Lavado		732.0	23.58	100.00		Indice Plástico(IP):	9%
24	TOTAL		3104.5	100.0			DESCRIPCION DEL SUELO	
							Bueno	



6. EQUIPOS DE MEDICIÓN			7. TAMICES						
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 2"	Tamiz 3/8"	Tamiz # 4	Tamiz # 10	Tamiz # 40	Tamiz #200
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY	FORNEY	FORNEY	FORNEY	FORNEY	FORNEY

8. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo **FECHA:** AGOSTO 2024

ITEM: -.-

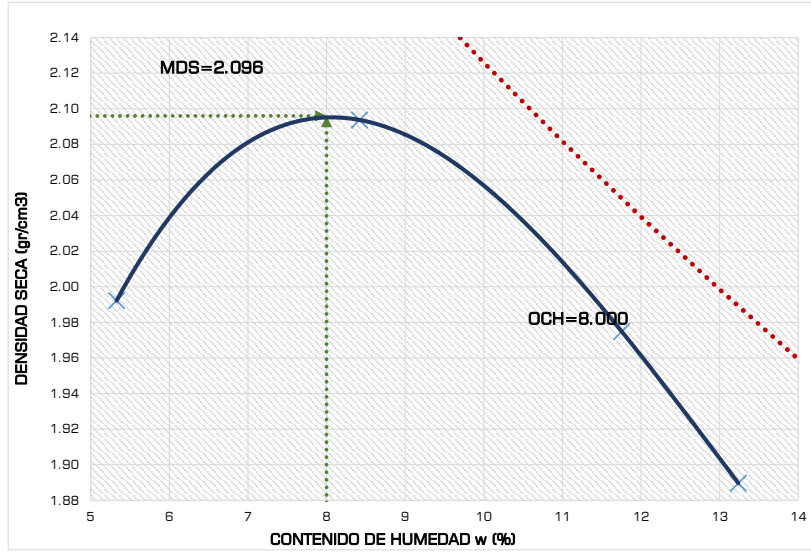
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 9+400 CALICATA: C-1	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-1 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr):	5740.00
Metodo:	METODO C	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	SUCS:	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA GC
Golpes/Capa:	56	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	AASHTO:	A-2-4 (0)
METODO DE PREPARACION		HUMEDO			
Molde (Pulg)	6	Volumen:	2.127,8 gr/cm ³		

4. ENSAYO DE COMPACTACION					5. GRANULOMETRIA			
Determinación N°		01	02	03	04	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10205.00	10570.00	10436.00	10293.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4.465.0	4.830.0	4.696.0	4.553.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.10	2.27	2.21	2.14	3/4"	3.49	96.51
Densidad seca	gr/cc	1.99	2.09	1.97	1.89	3/8"	15.59	80.92
						N° 4	7.03	73.89
						<N° 4	73.89	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		47.0	24.0	26.0	23.0
Peso del tarro	gr	0.000	29.670	27.100	27.310
Peso tarro + suelo húmedo	gr	391.66	493.96	475.17	495.00
Peso de tarro + suelo seco	gr	362.35	457.91	428.04	387.34
Peso del agua	gr	19.31	36.05	47.13	47.66
Peso del suelo seco	gr	362.35	428.24	400.94	360.03
Contenido de humedad	%	5.39	8.42	11.75	13.24

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.000
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m ³) MDS=2.096
SIN CORRECCION POR SOBRE TAMAÑO
OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
MDS Máxima Densidad Seca Corregida (tn/m ³)

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ	10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____



ENSAYO DE LABORATORIO

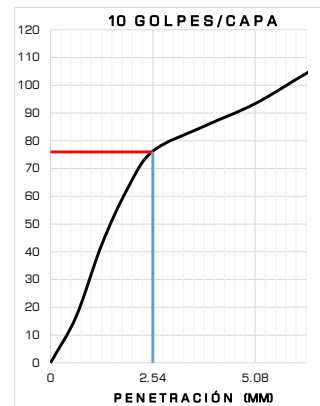
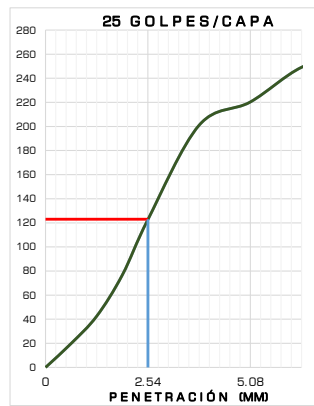
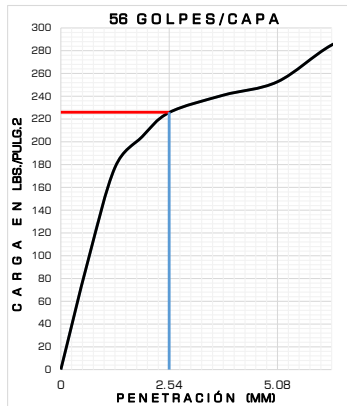
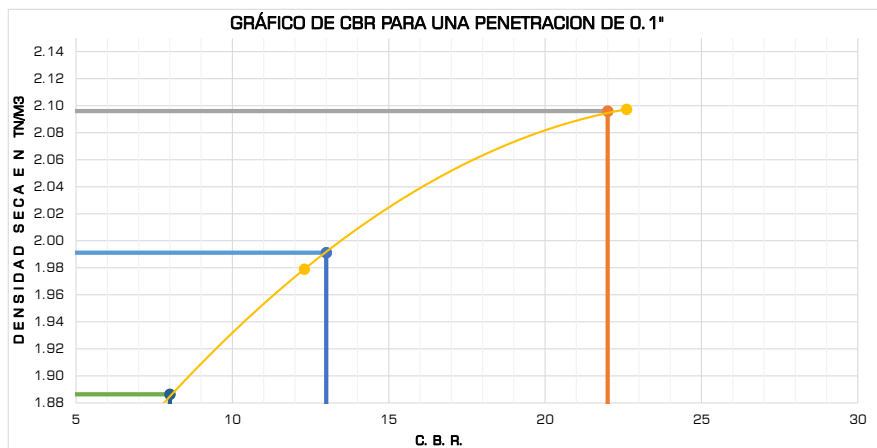
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: --	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 9+400 CALICATA: C-1	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-1 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : GC	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA	Clasificación AASHTO : A-2-4 (0)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) : 2.10		Optimo Contenido de Humedad OCH % = 8.00	
% Grava = 55.19	% Arena = 21.23	% Finos = 23.58	LL % = 0.24
Expansion % = 0.6		IP % = 0.09	LP % = 0.2
CBR AL 100% DE LA MDS = 22.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 13.00	CBR AL 90% = 8.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER AKHISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 28864
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLÁSTICO - ÍNDICE DE PLASTICIDAD (ASTM D 4318-17e1),
CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D 2216-19)**

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

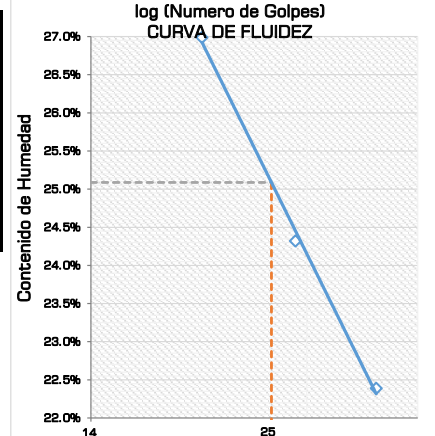
SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
 DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo
ITEM: -.-

REGISTRO: 002
FECHA: AGOSTO 2024

1. MUESTRA UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2
 MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.60 m

2. PERSONAL OPERADOR: K.O.C.
 ASISTENTE: W.A.J

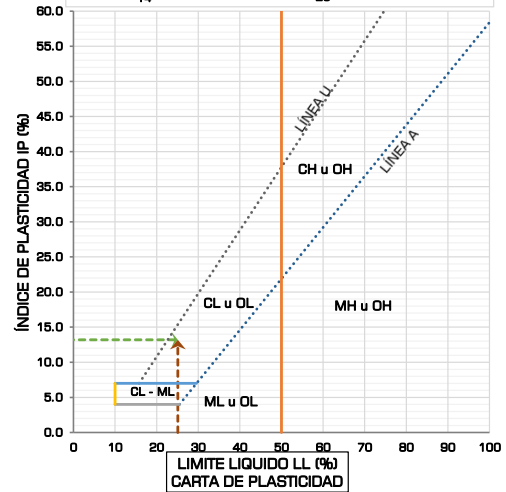
3.-LIMITE LIQUIDO				
DESCRIPCIÓN	UN.	MUESTRAS		
RECIPIENTE	ID	T-540	T-543	T-541
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	41.38	43.39	44.73
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	37.20	38.83	39.23
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	18.53	20.08	18.85
PESO DEL AGUA	(gr)	4.18	4.56	5.50
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	18.67	18.75	20.38
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.39	24.32	26.99
NUMERO DE GOLPES	N°	35	27	20



4.-LIMITE PLASTICO			
DESCRIPCIÓN	UN.	MUESTRAS	
RECIPIENTE	ID	T-513	T-520
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(gr)	34.95	33.45
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(gr)	34.08	32.62
PESO DEL RECIPIENTE	(gr)	26.79	25.61
PESO DEL AGUA	(gr)	0.87	0.83
PESO DEL SUELO SECO	(gr)	7.29	7.01
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	11.93	11.84

LIMITE LIQUIDO (%)	25%
LIMITE PLÁSTICO (%)	12%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	13%

5.- CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216, NTP 339, 127)			
DESCRIPCIÓN	UN.	MUESTRAS	
RECIPIENTE	N°	508	506
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	gr	309.25	304.89
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	gr	290.89	286.91
PESO RECIPIENTE	gr	25.74	27.22
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	18.36	17.98
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	265.15	259.69
HUMEDAD	%	6.90%	6.92%
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.91%	



6. EQUIPOS DE MEDICIÓN						7. RECIPIENTES	
EQ	Balanza	Casa Grande	Balanza	Horno	Tamiz # 40	508	506
ID	SE6001F	FORNEY	AUTCOMP	AUTCOMP	FORNEY	ALUMINIO	ALUMINIO

8. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
WELHNER ACUÑA JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 28964-A
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZ (ASTM D 6913/D6913M-17)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 002

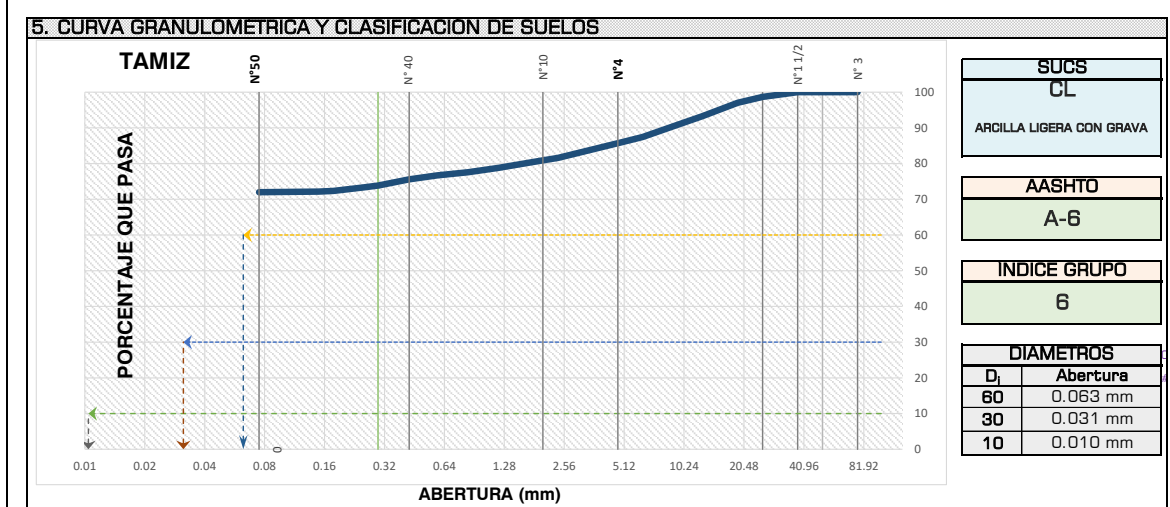
FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: -

1. MUESTRA
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.60 m

2. PERSONAL
OPERADOR: K.O.C.
ASISTENTE: W.A.J

3. TAMIZADO							4. RESUMEN	
N°	ASTM	ABERTURA (mm)	RETENIDO			PASANTE MATERIAL SUELO	DESCRIPCIÓN	VALOR
			PESO (g)	Parcial %	Acumulado %			
DATOS GENERALES								
1	3"	76.200	0.0	0.00	0.00		Peso muestra seca	2,807 g
2	2 1/2"	63.500	0.0	0.00	0.00		Peso muestra seca y lavada	787 g
3	2"	50.800	0.0	0.00	0.00		Perdida por lavado	2,021 g
4	1 1/2"	38.100	0.0	0.00	0.00	100.00	ENSAYOS ESTANDAR	
5	1"	25.400	37.6	1.34	1.34	98.66	% Grava	14.28%
6	3/4"	19.050	45.8	1.63	2.97	97.03	Grava Gruesa-Hasta (N°1 1/2)	0.00%
7	1/2"	12.700	104.0	3.70	6.68	93.32	Grava Fina-Hasta (N°4)	14.28%
8	3/8"	9.525	68.6	2.44	9.12	90.88	% Arena	13.74%
9	1/4"	6.350	96.3	3.43	12.55	87.45	Arena Gruesa-Hasta (N°10)	4.81%
10	N°4	4.760	48.6	1.73	14.28	85.72	Arena Media-Hasta (N°40)	5.34%
11	N°8	2.380	115.4	4.11	18.39	81.61	Arena Fina-Hasta (N°100)	3.59%
12	N°10	2.000	19.6	0.70	19.09	80.91	% Finos	71.98%
13	N°16	1.190	59.3	2.11	21.20	78.80	COEFICIENTES	
14	N°20	0.840	34.4	1.23	22.43	77.57	Uniformidad (Cu)	6.00
15	N°30	0.590	24.3	0.87	23.29	76.71	Curvatura (Cc)	1.50
16	N°40	0.426	31.9	1.14	24.43	75.57	TIPO TAMIZADO	-
17	N°50	0.297	48.3	1.72	26.15	73.85	PROCEDIMIENTO	Secado al Horno
18	N°60	0.250	15.2	0.54	26.69	73.31	TAMIZ DE SEPARACION/DESIGNADO	-
19	N°80	0.177	27.1	0.97	27.66	72.34	LIMITES DE ATTERBERG	
20	N°100	0.149	5.6	0.20	27.86	72.14	DESCRIPCIÓN	REGISTRO
21	N°200	0.075	4.5	0.16	28.02	71.98	Limite Liquido (LL):	25%
22	Fondo			0.00	28.02		Limite Plástico (LP):	12%
23	Lavado		2020.8	71.98	100.00		Indice Plástico(IP):	13%
24	TOTAL		2807.3	100.0			DESCRIPCION DEL SUELO	
							Malo	



6. EQUIPOS DE MEDICIÓN			7. TAMICES						
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 2"	Tamiz 3/8"	Tamiz # 4	Tamiz # 10	Tamiz # 40	Tamiz #200
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY	FORNEY	FORNEY	FORNEY	FORNEY	FORNEY

8. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 002

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo **FECHA:** AGOSTO 2024

ITEM: -,-

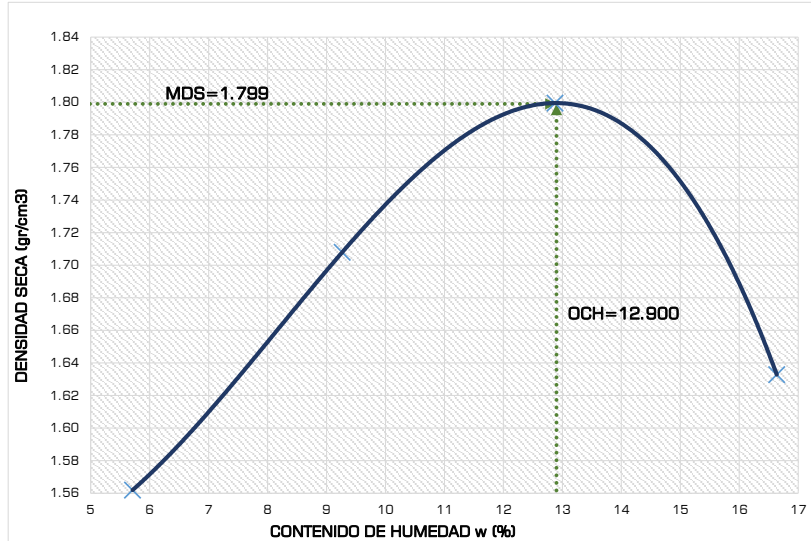
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.60 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M1	Peso Molde (gr) :	SUCS: ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	3900.00	AASHTO : A-6 (7)
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	Molde (Pulg)	4 Volumen : 939.4 gr/cm ³
METODO DE PREPARACION			HUMEDO		

4. ENSAYO DE COMPACTACION						5. GRANULOMETRIA		
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	5451.00	5853.00	5808.00	5689.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	1,551.0	1,753.0	1,908.0	1,789.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	1.65	1.87	2.03	1.90	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	1.56	1.71	1.80	1.83	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N° 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		44.0	27.0	48.0	23.0
Peso del tarro	gr	26.690	27.940	30.360	27.310
Peso tarro + suelo húmedo	gr	426.41	434.79	431.56	438.09
Peso de tarro + suelo seco	gr	404.82	400.29	385.80	379.50
Peso del agua	gr	21.59	34.50	45.76	58.59
Peso del suelo seco	gr	378.13	372.35	355.44	352.19
Contenido de humedad	%	5.71	9.27	12.87	16.64

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
OCH=12.900
MDS Máxima Densidad Seca (tr/m ³)
MDS=1.799

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ	10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY	

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Cangallo
 DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 002

FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: --

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.60 m	ASISTENTE: W.A.J

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	10.00		11.00		12.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	58.00		25.00		10.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	11,991.00	12,123.00	11,780.00	11,974.00	11,548.00	11,821.00
PESO DEL MOLDE	7,626.00	7,626.00	7,627.00	7,627.00	7,628.00	7,628.00
PESO DEL SUELO HUMEDO	4,365.00	4,497.00	4,153.00	4,347.00	3,920.00	4,193.00
VOLUMEN DEL MOLDE	2,146.75	2,146.75	2,146.75	2,146.75	2,146.75	2,146.75
DENSIDAD HUMEDA	2.03	2.09	1.93	2.02	1.83	1.95
DENSIDAD SECA	1.80	1.81	1.72	1.69	1.62	1.55
TARRO N°	155.00	502.00	155.00	129.00	155.00	503.00
TARRO + SUELO HUMEDO	326.49	348.16	326.49	338.05	326.49	314.22
TARRO + SUELO SECO	293.80	304.40	293.80	286.49	293.80	255.18
AGUA	32.69	43.76	32.69	51.56	32.69	59.04
PESO DEL TARRO	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO	256.24	278.28	256.24	259.51	256.24	229.27
% DE HUMEDAD	12.76	15.73	12.76	19.87	12.76	25.75
PROMEDIO DE HUMEDAD	14.2		16.3		19.3	

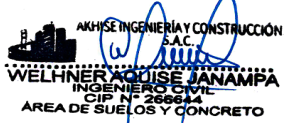
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/06/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
27/06/2024	18:00:00	24:00:00	15.00	116.58	0.3%	38.00	117.11	0.8%	68.00	117.93	1.5%
28/06/2024	18:00:00	48:00:00	18.00	116.66	0.4%	39.00	117.19	0.9%	72.00	118.03	1.6%
29/06/2024	18:00:00	72:00:00	20.00	116.71	0.4%	41.00	117.24	0.9%	74.00	118.08	1.6%
30/06/2024	18:00:00	96:00:00	21.00	116.73	0.5%	42.00	117.27	0.9%	75.00	118.11	1.6%

5. PENETRACION													
PENETRACION Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		54.4	119	40		16.6	36	12		9.1	20	7	
0.050		86.2	189	63		34.0	75	25		23.3	51	17	
0.075		107.7	236	79		58.6	128	43		34.2	75	25	
0.100	1000	127.0	278	93	9.3	81.3	178	59	5.9	41.7	92	31	3.1
0.150		151.4	332	111		115.6	253	84		46.6	102	34	
0.200	1500	184.5	361	120	8.0	131.5	288	96	6.4	51.1	112	37	2.5
0.250		179.1	393	131		143.2	314	105		57.1	125	42	
0.300		191.5	420	140		150.2	329	110		62.7	137	46	
0.400		211.2	463	154		160.4	352	117		68.0	149	50	
0.500		243.9	535	178		176.6	387	129		75.6	166	25	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	10.00	11.00	12.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: **Revisado por:**


WELHNER AQUISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 26664
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

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

PROYECTO: "ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLIMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

REGISTRO: 002

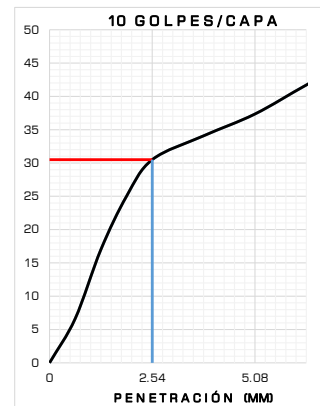
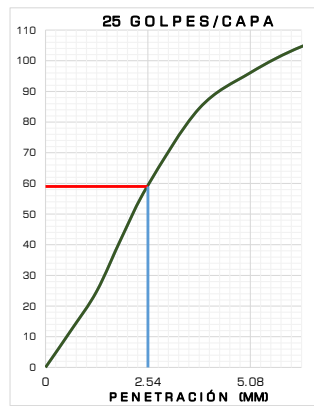
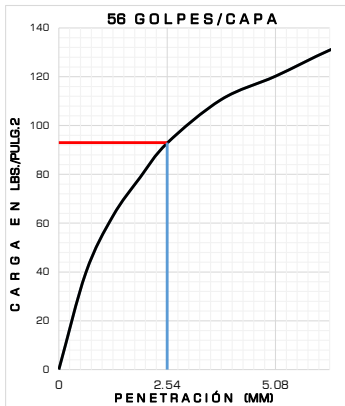
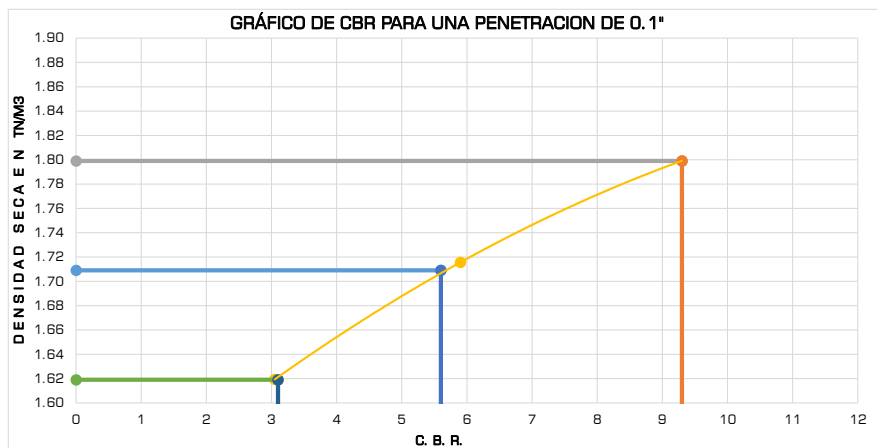
UBICACION: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: -.-

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACION: Km 3+000	CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.	
MATERIAL: E-2	PROFUNDIDAD: 1.60 m	ASISTENTE: W.A.J	

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificacion AASHTO : A-6	(7)
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) : 1.80		Optimo Contenido de Humedad OCH % = 12.90	
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.9		IP % = 0.13	LP % = 0.1
CBR AL 100% DE LA MDS = 9.3	CBR AL 95% DE LA MDS = 5.60	CBR AL 90% = 3.10	



7. EQUIPOS DE MEDICION			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCION DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

WELHNER AQUISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 28864
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.25%) **FECHA:** AGOSTO 2024

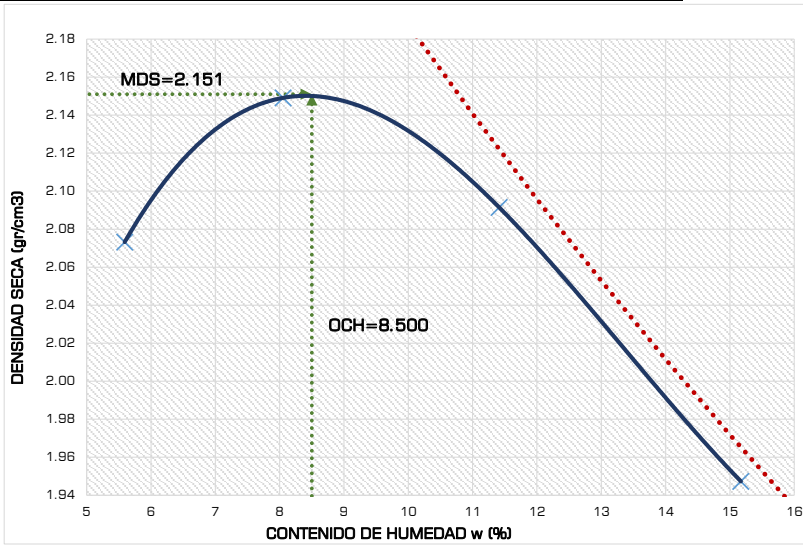
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
Nº Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr) :	5740.00
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	SUCS:	ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Golpes/Cape:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	AASHTO :	A-6 (7)
METODO DE PREPARACION		HUMEDO			
Molde (Pulg)	4	Volumen :	2.127.8 gr/cm ³		

4. ENSAYO DE COMPACTACION						5. GRANULOMETRIA		
Determinación Nº		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10398.00	10681.00	10698.00	10512.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,658.0	4,941.0	4,958.0	4,772.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.19	2.32	2.33	2.24	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.07	2.15	2.09	1.95	3/8"	1.34	98.66
						Nº 4	1.63	97.03
						<Nº 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro Nº		26.0	38.0	48.0	52.0
Peso del tarro	gr	27.100	26.940	0.000	27.670
Peso tarro + suelo húmedo	gr	351.78	400.63	433.01	418.11
Peso de tarro + suelo seco	gr	334.57	372.78	388.65	386.68
Peso del agua	gr	17.19	27.85	44.36	51.43
Peso del suelo seco	gr	307.47	345.84	388.65	339.01
Contenido de humedad	%	5.59	8.05	11.41	15.17

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.500
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m ³) MDS=2.151

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ		10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
 DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 001

FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.25%)

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN: Km 3+000	CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.	
MATERIAL: E-2	PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J	

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	18.00		17.00		16.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	58.00		25.00		10.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	12,601.00	12,687.00	12,672.00	12,810.00	12,340.00	12,554.00
PESO DEL MOLDE gr.	7,832.00	7,832.00	8,157.00	8,157.00	8,069.00	8,069.00
PESO DEL SUELO HUMEDO gr.	4,769.00	4,855.00	4,515.00	4,653.00	4,271.00	4,485.00
VOLUMEN DEL MOLDE cc	2,041.87	2,041.87	2,043.64	2,043.64	2,055.67	2,055.67
DENSIDAD HUMEDA gr./cc	2.34	2.38	2.21	2.28	2.08	2.18
DENSIDAD SECA gr./cc	2.15	2.18	2.04	2.05	1.91	1.93
TARRO N°	23.00	9.00	24.00	23.00	11.00	24.00
TARRO + SUELO HUMEDO gr.	312.12	419.72	366.19	412.63	394.73	411.96
TARRO + SUELO SECO gr.	290.76	386.39	341.22	374.87	366.42	366.66
AGUA gr.	21.36	33.39	24.97	37.76	28.31	44.70
PESO DEL TARRO gr.	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO gr.	253.20	360.21	303.66	347.89	328.86	340.75
% DE HUMEDAD	8.44	9.27	8.22	10.85	8.61	13.12
PROMEDIO DE HUMEDAD	8.9		9.5		10.9	

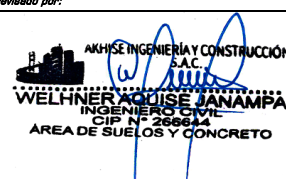
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
21/07/2024	18:00:00	24:00:00	28.00	116.94	0.6%	31.00	116.99	0.7%	36.00	117.17	0.8%
22/07/2024	18:00:00	48:00:00	32.00	117.01	0.7%	32.00	117.01	0.7%	39.00	117.19	0.9%
23/07/2024	18:00:00	72:00:00	32.00	117.01	0.7%	33.00	117.04	0.7%	39.00	117.19	0.9%
24/07/2024	18:00:00	96:00:00	32.00	117.01	0.7%	33.00	117.04	0.7%	39.00	117.19	0.9%

5. PENETRACION													
PENETRACION Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		373.7	819	273		72.6	159	53		98.2	215	72	
0.050		502.0	1101	367		182.6	401	134		142.8	313	104	
0.075		548.7	1203	401		264.6	580	193		174.5	382	127	
0.100	1000	575.3	1261	420	42.0	329.5	722	241	24.1	198.4	435	145	14.5
0.150		647.6	1420	473		347.2	761	254		214.1	469	156	
0.200	1500	724.5	1588	529	35.3	355.6	780	260	17.3	232.8	510	170	11.3
0.250		856.6	1878	626		379.6	832	277		263.3	577	192	
0.300		888.4	2125	708		401.0	879	293		292.6	642	214	
0.400		1064.4	2334	778		414.4	908	303		323.3	709	236	
0.500		1208.0	2648	883		458.2	1004	335		369.9	811	123	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	18.00	17.00	16.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____





ENSAYO DE LABORATORIO

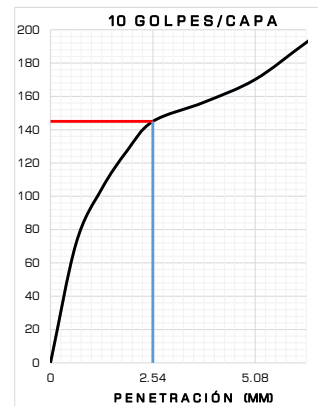
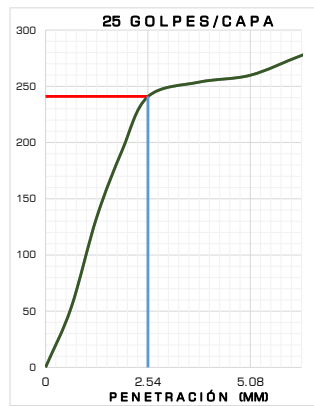
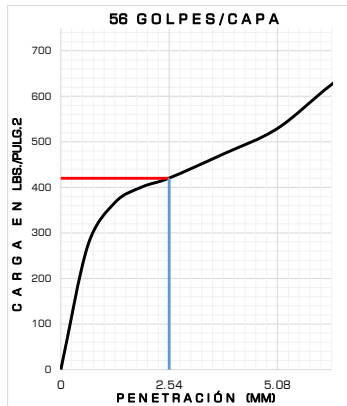
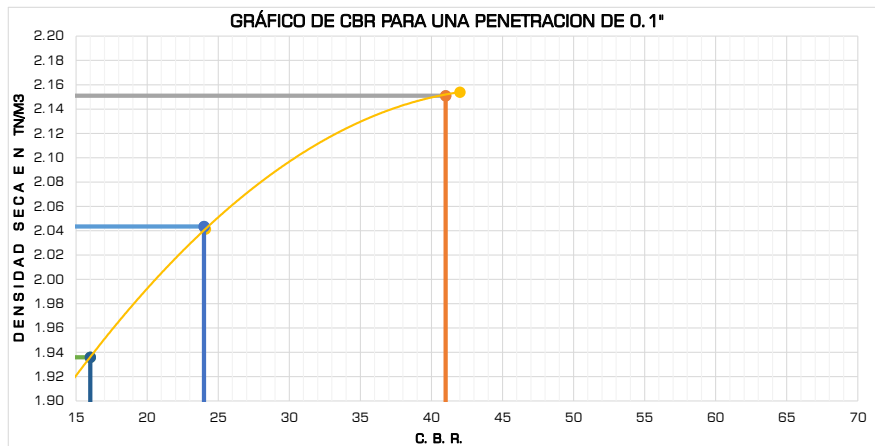
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.25%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6 (7)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.15	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	8.50
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.5		IP % = 0.13	LP % = 0.1
CBR AL 100% DE LA MDS = 41.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 24.00	CBR AL 90% = 16.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

WELHNER AKHISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 286644
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.50%) **FECHA:** AGOSTO 2024

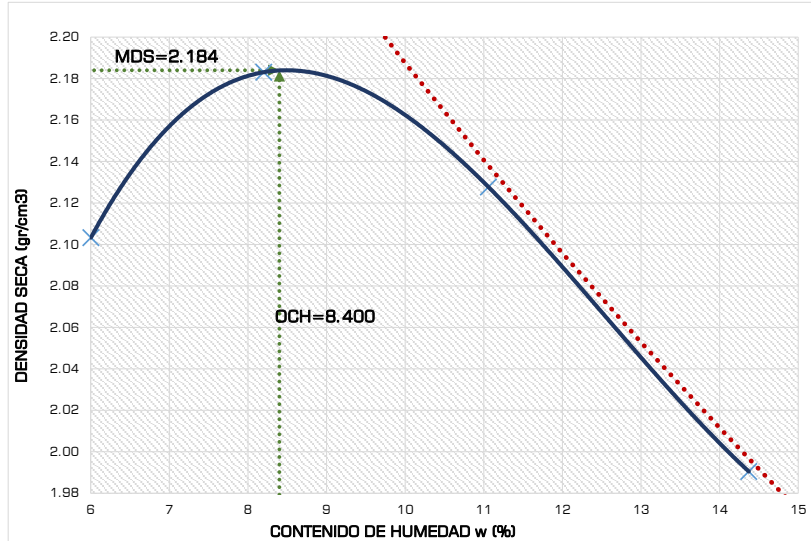
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr):	5740.00
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	SUCS:	ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	AASHTO:	A-6 (7)
METODO DE PREPARACION		HUMEDO			
Molde (Pulg)	4	Volumen:	2.127.8 gr/cm ³		

4. ENSAYO DE COMPACTACION					5. GRANULOMETRIA			
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10484.00	10768.00	10768.00	10584.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,744.0	5,026.0	5,028.0	4,844.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.23	2.36	2.36	2.28	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.10	2.18	2.13	1.99	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N° 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		22.0	25.0	30.0	33.0
Peso del tarro	gr	38.880	26.540	27.710	27.140
Peso tarro + suelo húmedo	gr	392.60	348.60	352.10	374.60
Peso de tarro + suelo seco	gr	372.57	324.19	319.80	330.94
Peso del agua	gr	20.03	24.41	32.30	43.66
Peso del suelo seco	gr	333.69	297.65	292.09	303.80
Contenido de humedad	%	6.00	8.20	11.06	14.37

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.400
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m ³) MDS=2.184

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ	10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY	

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 001

FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.50%)

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN: Km 3+000	CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.	
MATERIAL: E-2	PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J	

3. COMPACTACION DEL CBR						
	19.00		20.00		21.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	58.00		25.00		12.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	13,117.00	13,221.00	12,823.00	12,990.00	12,415.00	12,905.29
PESO DEL MOLDE	8,036.00	8,036.00	8,055.00	8,055.00	7,908.00	7,908.00
PESO DEL SUELO HUMEDO	5,081.00	5,185.00	4,768.00	4,935.00	4,507.00	4,997.29
VOLUMEN DEL MOLDE	2,143.94	2,143.94	2,143.94	2,143.94	2,126.40	2,126.40
DENSIDAD HUMEDA	2.37	2.42	2.22	2.30	2.12	2.35
DENSIDAD SECA	2.19	2.20	2.05	2.08	1.95	2.12
TARRO N°	8.00	18.00	10.00	18.00	32.00	8.00
TARRO + SUELO HUMEDO	279.84	424.14	274.48	401.55	227.02	410.24
TARRO + SUELO SECO	261.03	387.42	256.20	366.14	212.17	372.70
AGUA	18.61	36.72	18.26	35.41	14.85	37.54
PESO DEL TARRO	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO	223.47	361.30	218.64	339.16	174.61	346.79
% DE HUMEDAD	8.33	10.16	8.35	10.44	8.50	10.82
PROMEDIO DE HUMEDAD	8.2		8.4		8.7	

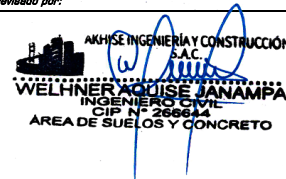
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
21/07/2024	18:00:00	24:00:00	15.00	116.58	0.3%	15.00	116.58	0.3%	123.00	119.32	2.7%
22/07/2024	18:00:00	48:00:00	15.00	116.58	0.3%	15.00	116.58	0.3%	125.00	119.38	2.7%
23/07/2024	18:00:00	72:00:00	15.00	116.58	0.3%	18.00	116.61	0.3%	125.00	119.38	2.7%
24/07/2024	18:00:00	96:00:00	15.00	116.58	0.3%	18.00	116.61	0.3%	125.00	119.38	2.7%

5. PENETRACION													
PENETRACION Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		142.7	313	104		52.5	115	38		30.5	67	22	
0.050		380.5	790	263		159.2	349	116		88.5	150	50	
0.075		555.3	1217	406		260.3	571	190		153.2	336	112	
0.100	1000	892.3	1518	506	50.6	340.5	746	249	24.9	205.3	450	150	15.0
0.150		800.1	1754	585		407.7	894	298		245.5	538	179	
0.200	1500	895.5	1963	654	43.6	455.5	999	333	22.2	278.7	611	204	13.6
0.250		1075.2	2357	786		533.5	1170	390		328.2	720	240	
0.300		1165.9	2556	852		588.9	1291	430		371.5	814	271	
0.400		1270.6	2786	929		630.5	1382	461		407.2	893	298	
0.500		1450.7	3180	1060		729.6	1600	533		467.8	1026	342	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	19.00	20.00	21.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____





ENSAYO DE LABORATORIO

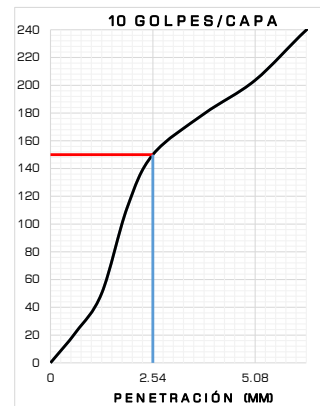
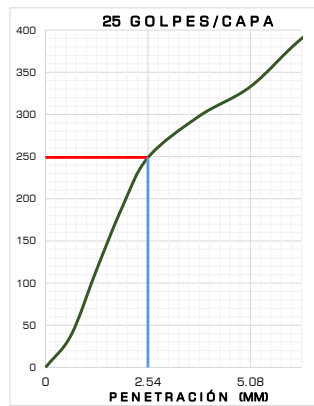
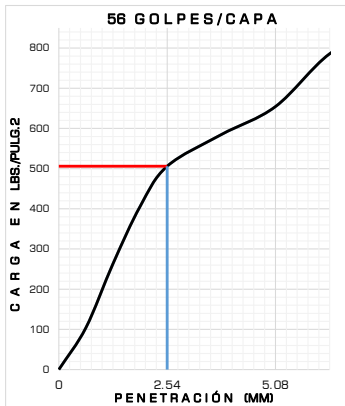
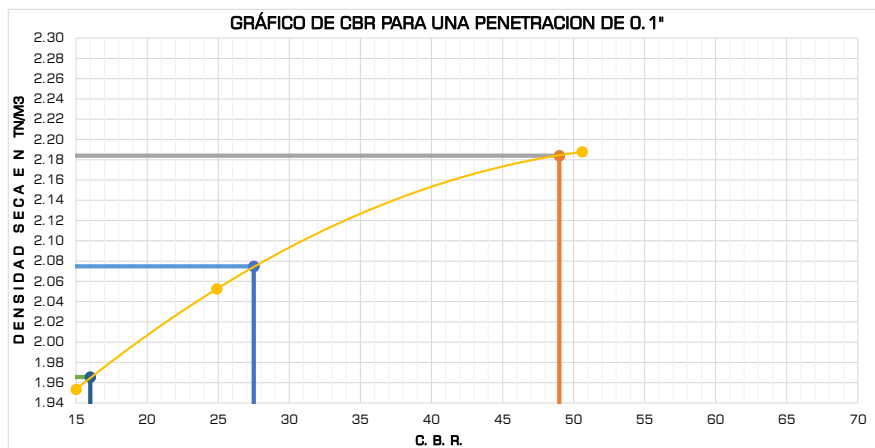
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.50%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6	(7)
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.18	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	8.40
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.4		IP % = 0.13	LP % = 0.12
CBR AL 100% DE LA MDS = 49.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 27.50	CBR AL 90% = 16.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por:	Revisado por:
	<p>AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. WELHNER QUIJSE JANAMPA INGENIERO CIVIL CIP N° 26664 AREA DE SUELOS Y CONCRETO</p>

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.75%) **FECHA:** AGOSTO 2024

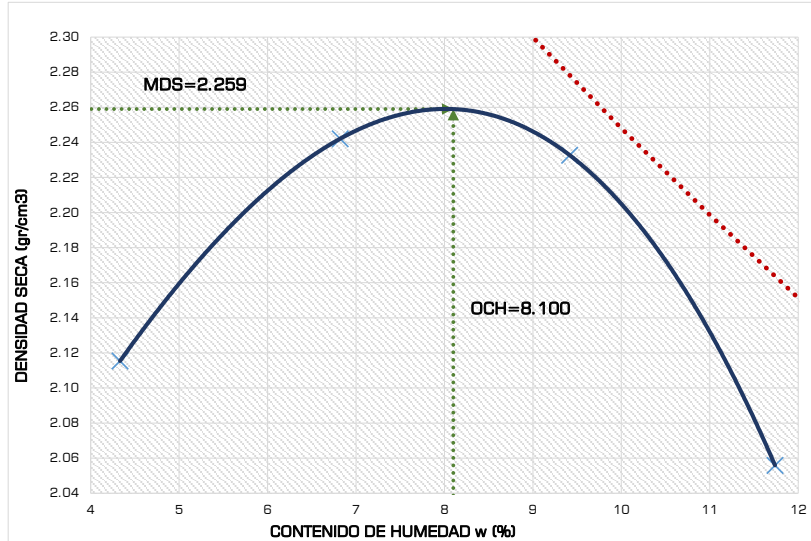
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas: 5.00	Codigo: M2	Peso Molde (gr): 5740.00	SUCS: ARCILLA LIGERA CON GRAVA	CL	
Metodo: METODO A	Energia: 27.4 kg-cm/cm³	AASHTO: A-6	(7)		
Golpes/Capa: 25	Altura de Caída de Piston: 45.72 cm	Molde (Pulg): 4	Volumen: 2.127.8 gr/cm³		
METODO DE PREPARACION: HUMEDO					

4. ENSAYO DE COMPACTACION						5. GRANULOMETRIA		
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10436.00	10838.00	10838.00	10628.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,696.0	5,096.0	5,198.0	4,888.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.21	2.40	2.44	2.30	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.12	2.24	2.23	2.06	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N° 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		532.0	505.0	500.0	502.0
Peso del tarro	gr	25.310	26.130	26.430	26.140
Peso tarro + suelo húmedo	gr	392.60	387.28	405.17	397.41
Peso de tarro + suelo seco	gr	377.35	364.22	372.58	358.41
Peso del agua	gr	15.25	23.06	32.59	39.00
Peso del suelo seco	gr	352.04	338.09	346.15	332.27
Contenido de humedad	%	4.39	6.82	9.41	11.74

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.100
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m³) MDS=2.259

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ	10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY	

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

WELNER ACUISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 266644
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

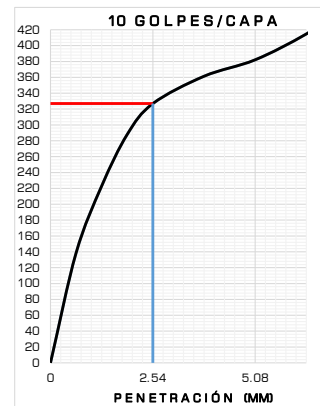
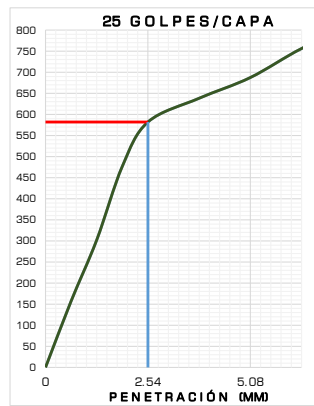
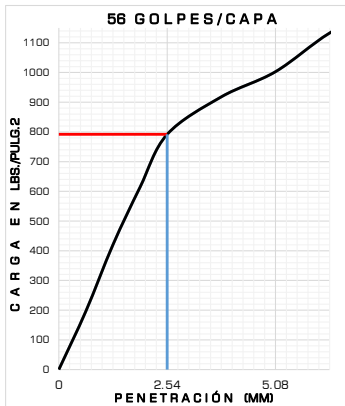
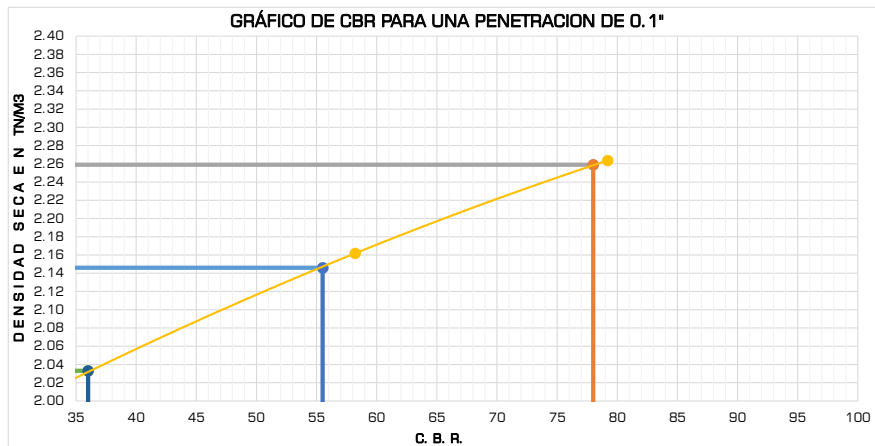
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (0.75%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6 (7)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.26	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	8.10
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.2		IP % = 0.13	LP % = 0.1
CBR AL 100% DE LA MDS = 78.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 55.50	CBR AL 90% = 36.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER ACUISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 289644
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo **FECHA:** AGOSTO 2024

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (1.00%)

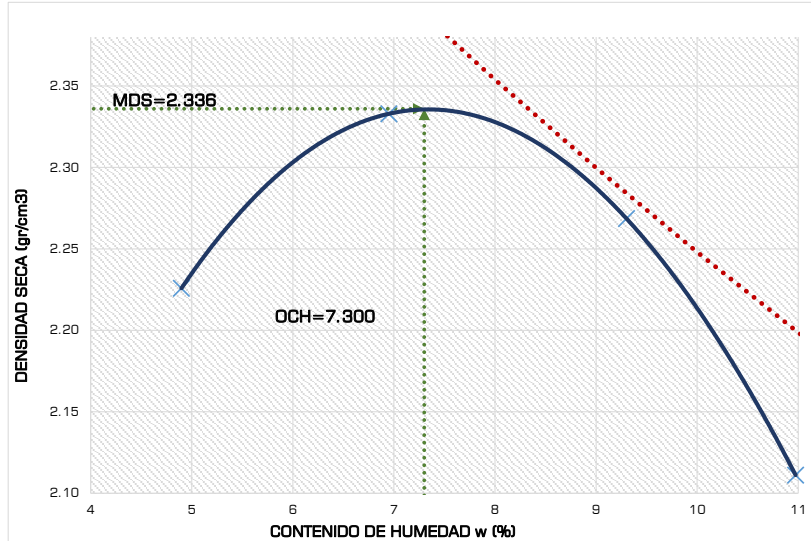
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr) :	SUCS: ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	5740.00	AASHTO : A-6 (7)
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	Molde (Pulg)	4 Volumen : 2.127,8 gr/cm ³
METODO DE PREPARACION			HUMEDO		

4. ENSAYO DE COMPACTACION					5. GRANULOMETRIA			
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa(%)
Peso del molde y muestra	gr	10708.00	11049.00	11016.00	10725.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,968.0	5,309.0	5,276.0	4,985.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.33	2.50	2.48	2.34	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.29	2.93	2.27	2.11	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N°4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		32.0	39.0	37.0	15.0
Peso del tarro	gr	26.310	27.140	27.720	37.480
Peso tarro + suelo húmedo	gr	402.84	416.27	396.84	449.15
Peso de tarro + suelo seco	gr	385.26	390.98	365.43	408.44
Peso del agua	gr	17.58	25.29	31.41	40.71
Peso del suelo seco	gr	358.95	363.84	337.71	370.96
Contenido de humedad	%	4.90	6.95	9.30	10.97

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=7.300
MDS Máxima Densidad Seca (tr/m ³) MDS=2.336

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ		10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (1.00%)

REGISTRO: 001

FECHA: AGOSTO 2024

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	4.00		14.00		15.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	58.00		25.00		12.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	13,018.00	12,855.00	12,771.00	13,093.00	12,340.00	12,618.00
PESO DEL MOLDE	7,626.00	7,626.00	7,630.00	7,630.00	7,631.00	7,631.00
PESO DEL SUELO HUMEDO	5,390.00	5,229.00	5,141.00	5,463.00	4,709.00	4,988.00
VOLUMEN DEL MOLDE	2,152.40	2,152.40	2,146.75	2,146.75	2,146.75	2,146.75
DENSIDAD HÚMEDA	2.50	2.43	2.39	2.54	2.19	2.32
DENSIDAD SECA	2.34	2.24	2.24	2.27	2.05	2.11
TARRO N°	5.00	47.00	14.00	21.00	2.00	20.00
TARRO + SUELO HUMEDO	282.75	447.93	258.45	439.08	258.96	419.03
TARRO + SUELO SECO	266.72	414.36	253.39	395.38	244.05	382.28
AGUA	16.03	33.57	15.06	43.70	14.91	36.74
PESO DEL TARRO	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO	229.16	388.24	215.83	368.40	206.49	356.38
% DE HUMEDAD	7.00	8.65	6.98	11.86	7.22	10.31
PROMEDIO DE HUMEDAD	7.8		8.4		8.8	

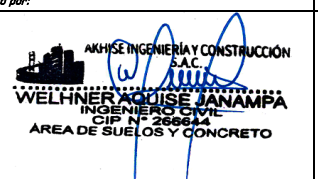
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
21/07/2024	18:00:00	24:00:00	6.00	116.35	0.1%	7.00	116.38	0.2%	12.00	116.50	0.3%
22/07/2024	18:00:00	48:00:00	6.00	116.35	0.1%	7.00	116.38	0.2%	12.00	116.50	0.3%
23/07/2024	18:00:00	72:00:00	6.00	116.35	0.1%	8.00	116.43	0.2%	14.00	116.56	0.3%
24/07/2024	18:00:00	96:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%

5. PENETRACION													
PENETRACIÓN Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA				CARGA				CARGA			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0	0	0	0	0	0.0	0	0	0	
0.025		508.8	1118	373	285.8	627	209		141.9	311	104		
0.050		868.2	1903	634	589.8	1293	431		239.5	525	175		
0.075		1241.0	2721	907	873.1	1914	638		320.9	704	235		
0.100	1000	1430.4	3136	1045	1010.9	2216	739	73.9	386.2	847	282	28.2	
0.150		1822.6	3557	1186	1195.8	2490	830		442.3	970	323		
0.200	1500	1798.4	3938	1313	1257.9	2758	919	61.3	486.5	1088	363	24.2	
0.250		2082.7	4566	1522	1402.7	3075	1025		569.1	1248	416		
0.300		2209.1	4843	1614	1558.3	3416	1139		637.2	1397	466		
0.400		2255.9	4946	1649	1678.5	3680	1227		692.1	1517	506		
0.500		2315.9	5077	1692	2016.8	4421	1474		802.9	1760	268		

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	4.00	14.00	15.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____



AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER AKHISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 26664 M
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

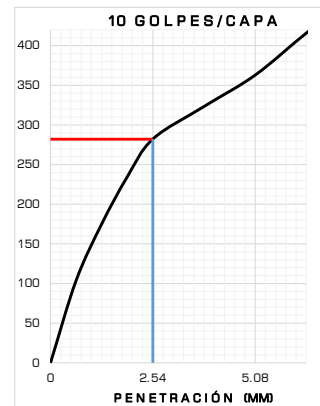
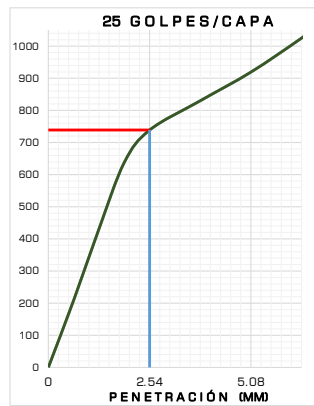
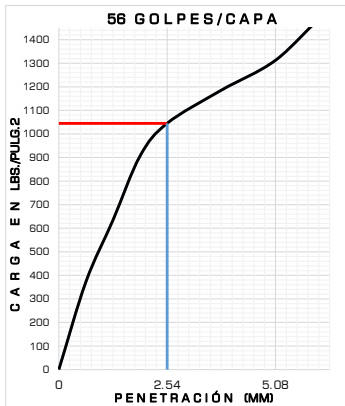
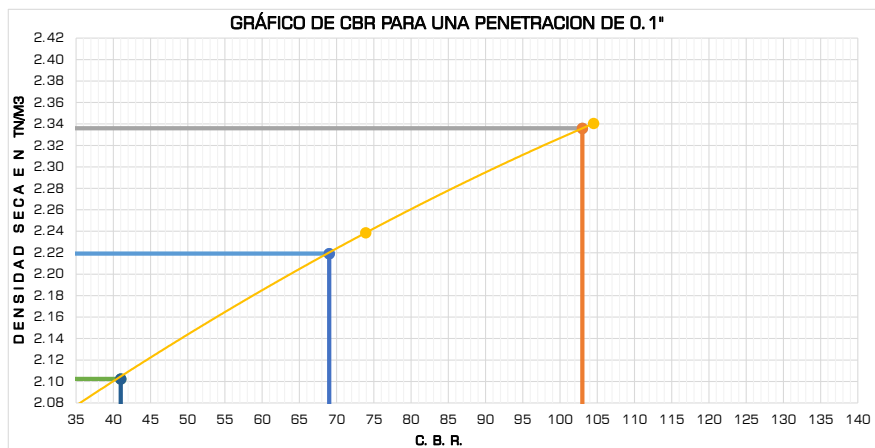
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: MEGASOIL- POLIMERO (0.36gr) + CEMENTO (1.00%)	

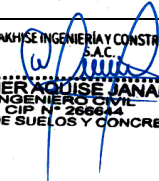
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6 (7)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.34	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	7.30
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.1		IP % = 0.13	LP % = 0.12
CBR AL 100% DE LA MDS = 103.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 69.00	CBR AL 90% = 41.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por:	Revisado por:
	 AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. WELHNER ACUÑA JANAMPA INGENIERO CIVIL CIP N° 266644 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.25%) **FECHA:** AGOSTO 2024

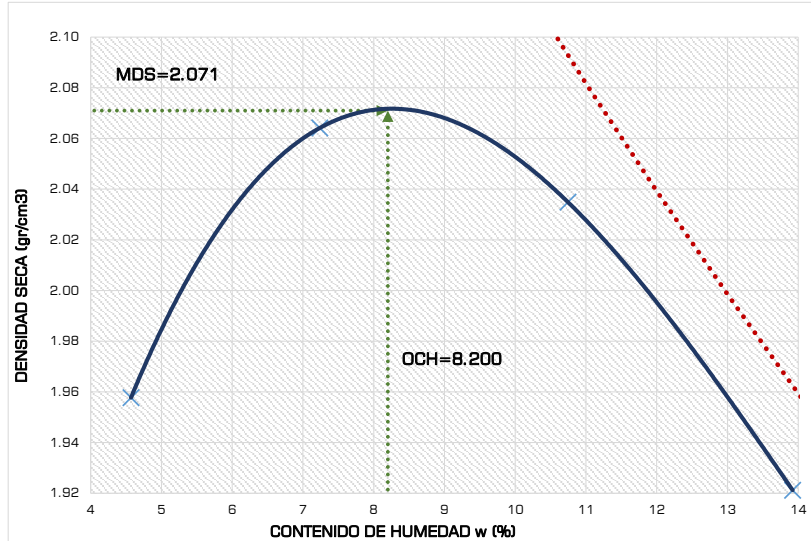
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr) :	SUCS: ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm³	5740.00	AASHTO : A-6 (7)
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	Molde (Pulg)	4
METODO DE PREPARACION					HUMEDO
					Volumen : 2.127,8 gr/cm³

4. ENSAYO DE COMPACTACION					5. GRANULOMETRIA			
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10096.00	10450.00	10535.00	10397.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,356.0	4,710.0	4,795.0	4,657.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.05	2.21	2.25	2.19	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	1.96	2.06	2.03	1.92	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N° 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		501.0	502.0	503.0	504.0
Peso del tarro	gr	26.030	26.140	25.930	26.220
Peso tarro + suelo húmedo	gr	391.66	493.96	475.17	356.25
Peso de tarro + suelo seco	gr	368.12	462.38	431.58	315.92
Peso del agua	gr	15.54	31.58	43.59	40.33
Peso del suelo seco	gr	340.09	436.24	405.65	289.70
Contenido de humedad	%	4.57	7.24	10.75	13.92

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.200
MDS Máxima Densidad Seca (tr/m³) MDS=2.071

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ	10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY	

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
 DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 001

FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.25%)

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN: Km 3+000	CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.	
MATERIAL: E-2	PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J	

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	8.00		5.00		1.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	58.00		25.00		12.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	12,813.00	12,744.00	12,281.00	10,090.29	11,794.00	10,580.38
PESO DEL MOLDE	7,797.00	7,797.00	7,631.00	7,631.00	7,462.00	7,462.00
PESO DEL SUELO HUMEDO	4,816.00	4,947.00	4,630.00	2,459.29	4,332.00	3,098.38
VOLUMEN DEL MOLDE	2,146.75	2,146.75	2,155.50	2,155.50	2,143.84	2,143.84
DENSIDAD HUMEDA	2.24	2.30	2.15	1.14	2.02	1.45
DENSIDAD SECA	2.07	2.12	1.98	1.10	1.88	1.37
TARRO N°	18.00	11.00	47.00	2.00	13.00	1.00
TARRO + SUELO HUMEDO	426.67	419.22	457.60	434.81	431.45	410.84
TARRO + SUELO SECO	396.88	387.84	424.50	418.65	401.06	390.10
AGUA	29.69	31.28	33.10	15.96	30.39	20.74
PESO DEL TARRO	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO	359.42	361.82	386.94	391.67	363.50	364.19
% DE HUMEDAD	8.26	8.65	8.55	4.07	8.36	5.69
PROMEDIO DE HUMEDAD	8.5		6.9		7.0	

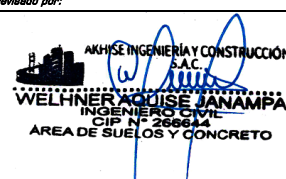
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
21/07/2024	18:00:00	24:00:00	32.00	117.01	0.7%	37.00	117.14	0.8%	44.00	117.32	1.0%
22/07/2024	18:00:00	48:00:00	34.00	117.06	0.7%	37.00	117.14	0.8%	44.00	117.32	1.0%
23/07/2024	18:00:00	72:00:00	35.00	117.09	0.8%	38.00	117.17	0.8%	45.00	117.34	1.0%
24/07/2024	18:00:00	96:00:00	35.00	117.09	0.8%	38.00	117.17	0.8%	45.00	117.34	1.0%

5. PENETRACION													
PENETRACION Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		123.9	272	91		88.9	195	65		78.9	173	58	
0.050		247.1	542	181		189.5	372	124		119.1	261	87	
0.075		353.2	774	258		289.1	524	175		146.9	322	107	
0.100	1000	457.3	1003	334	33.4	288.2	632	211	21.1	168.8	370	123	12.3
0.150		537.2	1178	393		334.5	733	244		185.3	406	135	
0.200	1500	609.5	1336	445	29.7	360.9	791	264	17.6	198.5	435	145	9.7
0.250		700.2	1535	512		405.2	888	296		214.4	470	157	
0.300		777.5	1705	568		446.9	978	326		231.9	508	169	
0.400		845.7	1854	618		487.7	1069	356		246.9	541	180	
0.500		878.9	2146	715		563.3	1235	412		290.1	636	97	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	8.00	5.00	1.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____





ENSAYO DE LABORATORIO

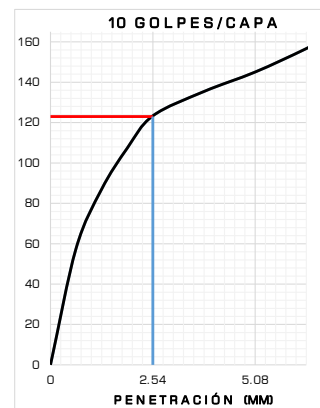
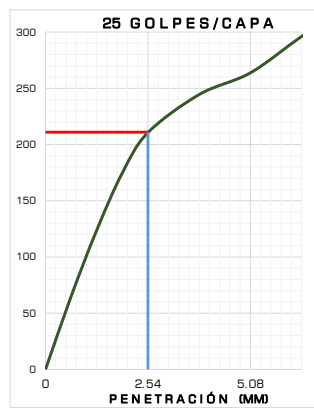
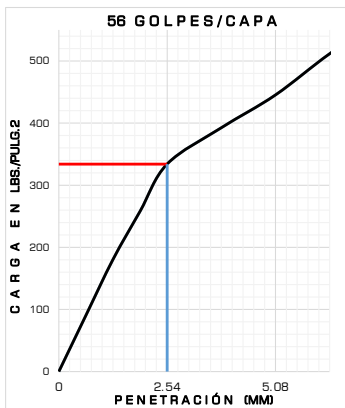
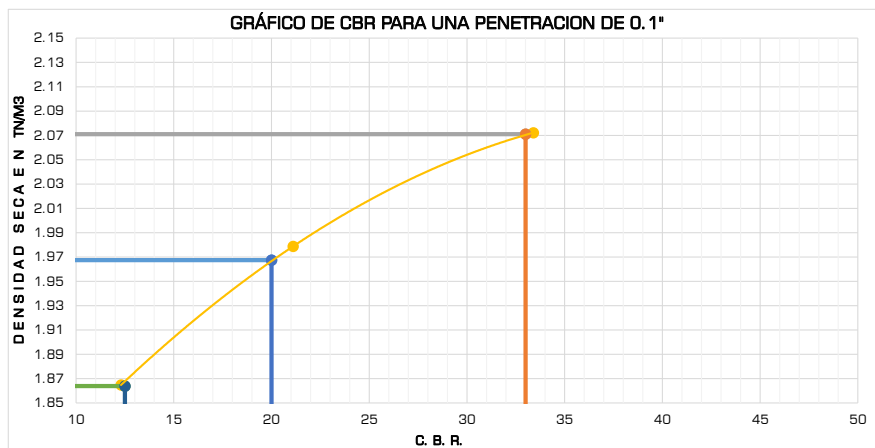
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.25%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6 (7)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.07	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	8.20
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.6		IP % = 0.13	LP % = 0.12
CBR AL 100% DE LA MDS = 33.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 20.00	CBR AL 90% = 12.50	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por:	Revisado por:
	 AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. WELHNER ACWISE JANAMPA INGENIERO CIVIL CIP N° 26664 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.50%) **FECHA:** AGOSTO 2024

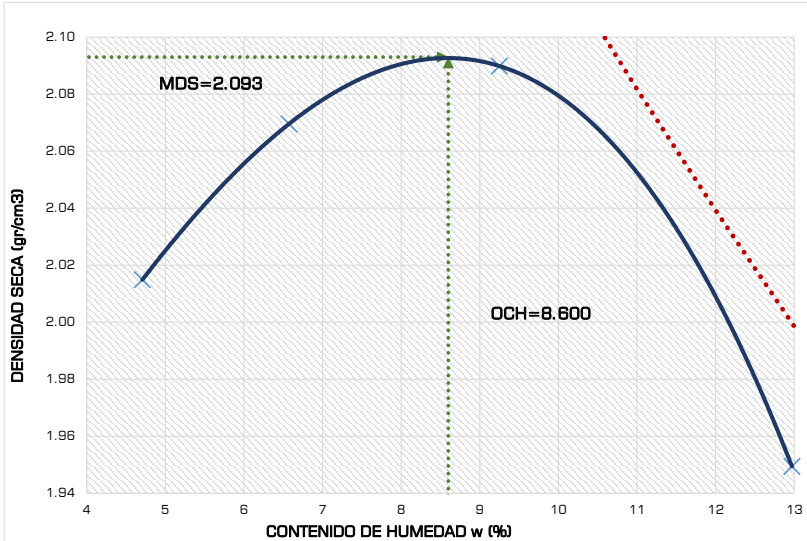
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr):	5740.00
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	SUCS:	ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	AASHTO:	A-6 (7)
METODO DE PREPARACION		HUMEDO			
Molde (Pulg)	4	Volumen:	2.127,8 gr/cm ³		

4. ENSAYO DE COMPACTACION					5. GRANULOMETRIA			
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10229.00	10439.00	10598.00	10426.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4.489.0	4.693.0	4.858.0	4.686.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.11	2.21	2.28	2.20	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.01	2.07	2.09	1.95	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N° 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		2.0	4.0	3.0	5.0
Peso del tarro	gr	26.880	30.690	27.220	33.530
Peso tarro + suelo húmedo	gr	398.11	425.82	398.59	428.17
Peso de tarro + suelo seco	gr	381.42	401.26	367.15	382.88
Peso del agua	gr	16.69	24.36	31.44	45.31
Peso del suelo seco	gr	354.54	370.57	339.93	349.33
Contenido de humedad	%	4.71	6.57	9.25	12.97

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.600
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m ³) MDS=2.093

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ		10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ *Revisado por:* _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

REGISTRO: 001

FECHA: AGOSTO 2024

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.50%)

1. MUESTRA		2. PERSONAL	
UBICACIÓN: Km 3+000	CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.	
MATERIAL: E-2	PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J	

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	6.00		3.00		2.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	56.00		25.00		12.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	12,744.00	12,837.00	11,910.00	12,046.00	11,733.00	11,937.00
PESO DEL MOLDE	7,891.00	7,891.00	7,318.00	7,318.00	7,438.00	7,438.00
PESO DEL SUELO HUMEDO	4,853.00	4,946.00	4,592.00	4,728.00	4,295.00	4,499.00
VOLUMEN DEL MOLDE	2,146.75	2,146.75	2,118.15	2,118.15	2,119.43	2,119.43
DENSIDAD HUMEDA	2.26	2.30	2.17	2.23	2.03	2.12
DENSIDAD SECA	2.09	2.12	2.01	2.03	1.87	1.92
TARRO N°	40.00	45.00	37.00	30.00	48.00	14.00
TARRO + SUELO HUMEDO	382.42	407.59	416.88	461.72	350.38	460.85
TARRO + SUELO SECO	356.78	376.89	388.59	421.85	334.76	438.83
AGUA	25.64	30.90	27.09	39.87	25.62	43.82
PESO DEL TARRO	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO	319.22	350.57	352.03	394.87	297.20	410.92
% DE HUMEDAD	8.03	8.81	7.70	10.10	8.62	10.66
PROMEDIO DE HUMEDAD	8.4		8.9		8.6	

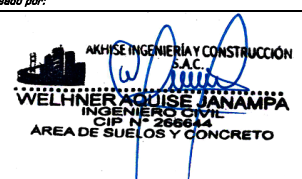
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
23/07/2024	18:00:00	24:00:00	16.00	116.61	0.3%	23.00	116.78	0.5%	26.00	116.86	0.6%
24/07/2024	18:00:00	48:00:00	22.00	116.76	0.5%	24.00	116.81	0.5%	27.00	116.89	0.6%
25/07/2024	18:00:00	72:00:00	23.00	116.78	0.5%	25.00	116.84	0.5%	28.00	116.91	0.6%
26/07/2024	18:00:00	96:00:00	24.00	116.81	0.5%	25.00	116.84	0.5%	28.00	116.91	0.6%

5. PENETRACION													
PENETRACION Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		246.0	539	180		157.0	344	115		99.0	217	72	
0.050		511.0	1120	373		317.0	695	232		180.0	417	139	
0.075		738.0	1618	539		440.0	965	322		242.0	531	177	
0.100	1000	803.0	1980	660	66.0	531.0	1164	388	38.8	282.0	618	206	20.6
0.150		1040.0	2280	760		597.0	1309	436		305.6	670	223	
0.200	1500	1133.0	2484	828	55.2	652.0	1429	476	31.8	323.8	710	237	15.8
0.250		1286.0	2819	940		737.0	1616	539		357.4	784	261	
0.300		1403.4	3077	1026		830.0	1820	607		379.2	831	277	
0.400		1506.2	3302	1101		898.0	1969	656		405.8	890	297	
0.500		1711.0	3751	1250		1020.0	2236	745		460.0	1008	315	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	6.00	3.00	2.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____





ENSAYO DE LABORATORIO

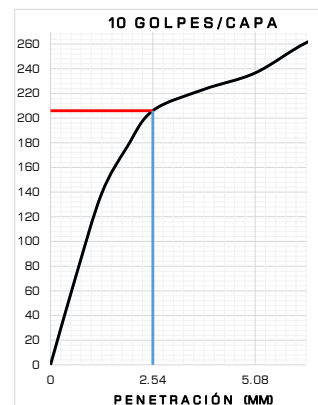
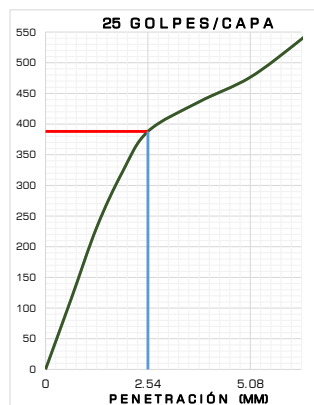
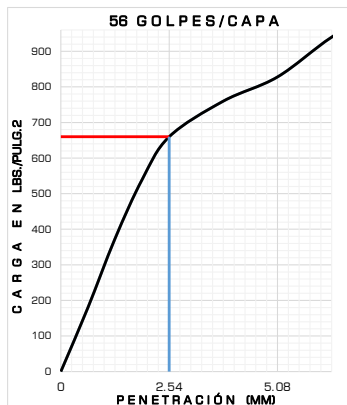
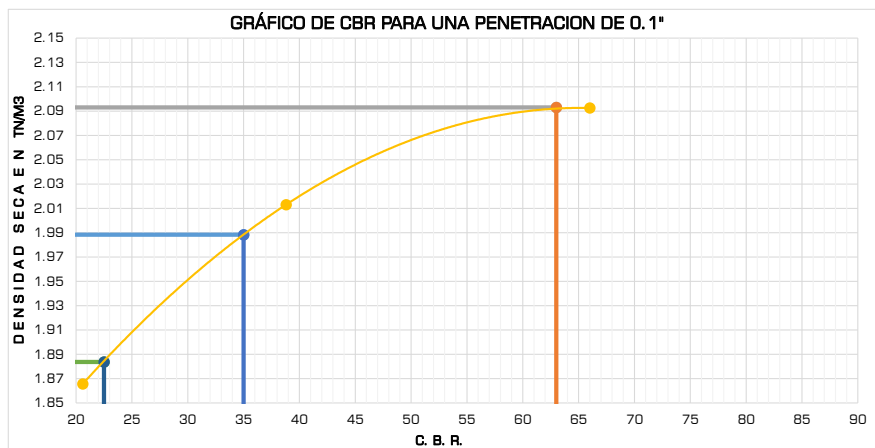
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.50%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6 (7)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.09	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	8.60
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.5		IP % = 0.13	LP % = 0.1
CBR AL 100% DE LA MDS = 63.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 35.00	CBR AL 90% = 22.50	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER ACWISSE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 26864
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.75%) **FECHA:** AGOSTO 2024

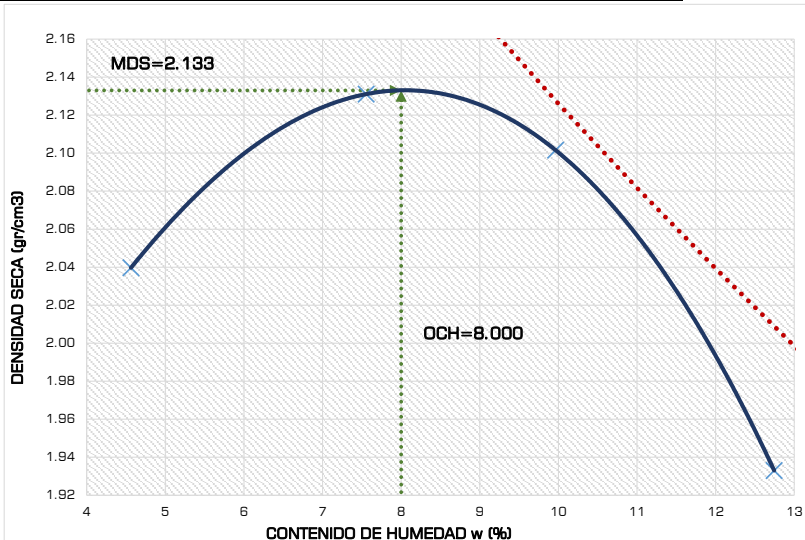
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
N° Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr):	5740.00
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm ³	SUCS:	ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	AASHTO:	A-6 (7)
METODO DE PREPARACION		HUMEDO			
Molde (Pulg)	4	Volumen:	2.127.8 gr/cm ³		

4. ENSAYO DE COMPACTACION						5. GRANULOMETRIA		
Determinación N°		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa (%)
Peso del molde y muestra	gr	10278.00	10617.00	10657.23	10377.26	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,538.0	4,877.0	4,917.2	4,637.3	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.13	2.29	2.31	2.18	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.04	2.13	2.10	1.93	3/8"	1.34	98.66
						N° 4	1.63	97.03
						<N° 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		505.0	506.0	522.0	548.0
Peso del tarro	gr	26.130	27.240	24.680	25.310
Peso tarro + suelo húmedo	gr	399.17	328.48	408.17	421.46
Peso de tarro + suelo seco	gr	382.89	305.46	373.42	376.68
Peso del agua	gr	16.28	21.02	34.75	44.78
Peso del suelo seco	gr	356.76	278.22	348.74	351.37
Contenido de humedad	%	4.56	7.56	9.96	12.74

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=8.000
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m ³) MDS=2.133

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ		10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

ENSAYO DE LABORATORIO

C. B. R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho **PROVINCIA:** Fajardo
DISTRITO: Alcamenca **LOCALIDAD:** PE-32A - Huambo
ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.75%)

REGISTRO: 001
FECHA: AGOSTO 2024

1. MUESTRA **2. PERSONAL**
UBICACIÓN: km 3+000 **CALICATA:** C-2 **OPERADOR:** K.O.C.
MATERIAL: E-2 **PROFUNDIDAD:** 1.50 m **ASISTENTE:** W.A.J

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	18.00		17.00		16.00	
CAPAS N°	5.00		5.00		5.00	
GOLPES POR CAPA N°	56.00		25.00		12.00	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	12,576.00	12,693.65	12,707.00	13,184.63	12,321.00	12,574.00
PESO DEL MOLDE	7,832.00	7,832.00	8,157.00	8,157.00	8,069.00	8,069.00
PESO DEL SUELO HUMEDO	4,744.00	4,861.65	4,550.00	5,027.63	4,252.00	4,505.00
VOLUMEN DEL MOLDE	2,041.87	2,041.87	2,043.64	2,043.64	2,055.67	2,055.67
DENSIDAD HUMEDA	2.32	2.38	2.23	2.46	2.07	2.19
DENSIDAD SECA	2.14	2.18	2.05	2.23	1.91	1.95
TARRO N°	19.00	6.00	37.00	10.00	40.00	7.00
TARRO + SUELO HUMEDO	371.00	486.81	373.75	415.92	367.81	442.16
TARRO + SUELO SECO	344.38	448.12	347.86	378.85	361.73	397.03
AGUA	26.62	38.69	25.89	37.07	26.08	45.13
PESO DEL TARRO	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO	306.82	422.00	310.30	351.87	324.17	371.12
% DE HUMEDAD	8.68	9.17	8.34	10.54	8.05	12.16
PROMEDIO DE HUMEDAD	8.9		8.4		10.1	

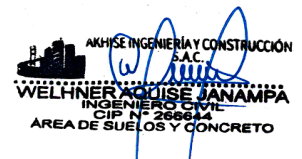
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
25/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
26/07/2024	18:00:00	24:00:00	8.00	116.40	0.2%	9.00	116.43	0.2%	19.00	116.68	0.4%
27/07/2024	18:00:00	48:00:00	10.00	116.45	0.2%	11.00	116.48	0.2%	20.00	116.71	0.4%
28/07/2024	18:00:00	72:00:00	11.00	116.48	0.2%	12.00	116.50	0.3%	20.00	116.71	0.4%
29/07/2024	18:00:00	96:00:00	11.00	116.48	0.2%	12.00	116.50	0.3%	20.00	116.71	0.4%

5. PENETRACION													
PENETRACIÓN Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA				CARGA				CARGA			
		Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (DI)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		319.0	699	233		199.0	436	145		146.0	320	107	
0.050		595.0	1304	435		376.0	824	275		227.0	498	166	
0.075		780.0	1710	570		513.0	1125	375		265.0	581	194	
0.100	1000	980.0	2148	716	71.6	636.0	1394	465	46.5	293.0	642	214	
0.150		1133.0	2484	828		724.0	1587	529		306.0	671	224	
0.200	1500	1236.0	2710	903	60.2	806.0	1767	589	39.3	318.0	697	232	
0.250		1366.0	3060	1020		912.0	1999	666		344.0	754	251	
0.300		1507.0	3304	1101		981.0	2151	717		366.0	802	267	
0.400		1596.0	3499	1166		1034.0	2267	756		390.0	855	285	
0.500		1762.0	3863	1288		1118.0	2451	817		442.0	969	314	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	18.00	17.00	16.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____





ENSAYO DE LABORATORIO

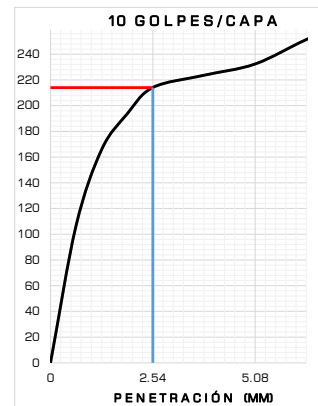
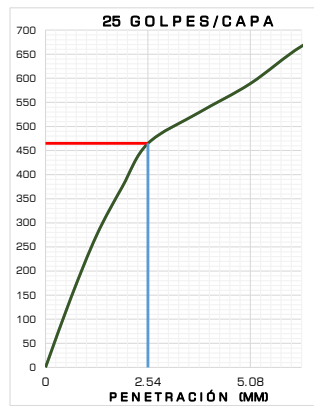
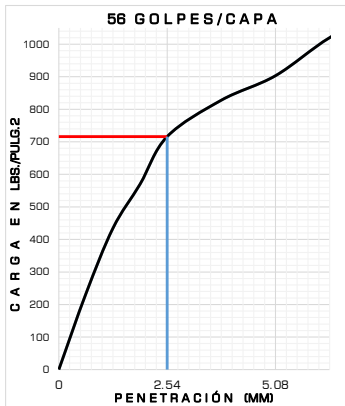
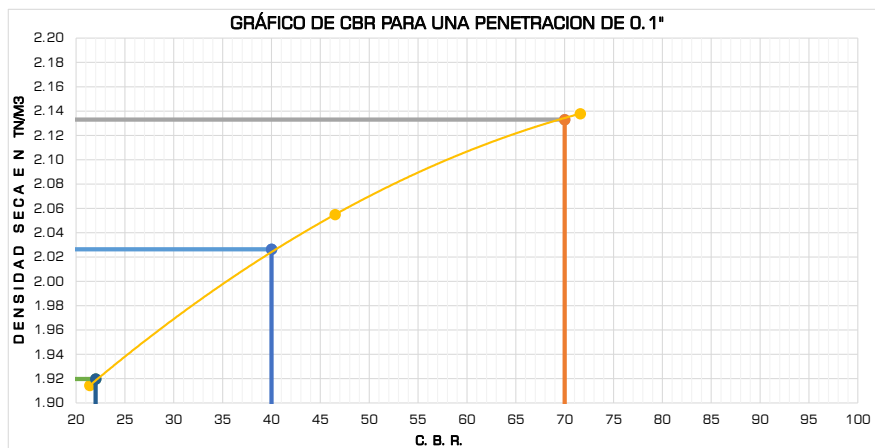
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (0.75%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6 (7)	
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.13	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	8.00
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.2		IP % = 0.13	LP % = 0.12
CBR AL 100% DE LA MDS = 70.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 40.00	CBR AL 90% = 22.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por:	Revisado por:
	 AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C. WELHNER ACUISE JANAMPA INGENIERO CIVIL CIP N° 266644 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-12e1 / D 4718 / D4718-15)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo **REGISTRO:** 001

DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (1.0%) **FECHA:** AGOSTO 2024

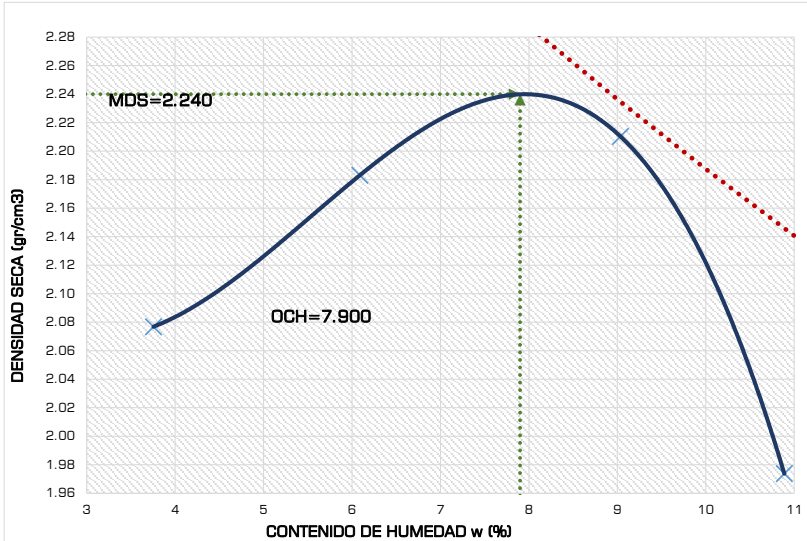
1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO					
Nº Capas:	5.00	Codigo:	M2	Peso Molde (gr) :	SUCS: ARCILLA LIGERA CON GRAVA CL
Metodo:	METODO A	Energia:	27.4 kg-cm/cm³	5740.00	AASHTO : A-6 (7)
Golpes/Capa:	25	Altura de Caída de Piston:	45.72 cm	Molde (Pulg)	4 Volumen : 2.127,8 gr/cm³
METODO DE PREPARACION		HUMEDO			

4. ENSAYO DE COMPACTACION					5. GRANULOMETRIA			
Determinación Nº		O1	O2	O3	O4	Tamiz	Ret. Par. (%)	Pasa(%)
Peso del molde y muestra	gr	10325.00	10688.00	10868.00	10397.00	2 1/2"		100.00
Peso de la muestra compactada	gr	4,585.0	4,928.0	5,128.0	4,657.0	2"	0.00	100.00
Densidad húmeda	gr/cc	2.15	2.32	2.41	2.19	3/4"	0.00	100.00
Densidad seca	gr/cc	2.08	2.18	2.21	1.97	3/8"	1.34	98.66
						Nº 4	1.63	97.03
						<Nº 4	97.03	0.00

6. CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro Nº		12.0	13.0	20.0	22.0
Peso del tarro	gr	37.600	30.740	29.370	38.880
Peso tarro + suelo húmedo	gr	422.18	405.67	436.18	436.18
Peso de tarro + suelo seco	gr	408.26	384.15	402.47	397.17
Peso del agua	gr	13.92	21.52	33.71	39.01
Peso del suelo seco	gr	370.66	353.41	373.10	358.29
Contenido de humedad	%	3.78	6.09	9.04	10.89

7. CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%) OCH=7.900
MDS Máxima Densidad Seca (tr/m³) MDS=2.240

8. EQUIPOS DE MEDICIÓN			9. TAMIZ		10. DATOS PARA COORECCION POR SOBRETAMAÑO	
EQ	Balanza	Balanza	Horno	Tamiz 3/4"		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP	FORNEY		

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

WELHNER ROJISE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 286644
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ENSAYO DE LABORATORIO

C.B.R. DE SUELOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883, AASHTO T 193, MTC E 132-2000)

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024*

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS

UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo

ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (1.0%)

REGISTRO: 001
FECHA: AGOSTO 2024

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°	21.00	20.00	19.00			
CAPAS N°	5.00	5.00	5.00			
GOLPES POR CAPA N°	56.00	25.00	12.00			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO	HUMEDO	MOJADO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO	13,081.00	13,186.00	13,053.00	13,224.00	12,675.00	12,946.00
PESO DEL MOLDE gr.	7,908.00	7,908.00	8,055.00	8,055.00	8,036.00	8,036.00
PESO DEL SUELO HUMEDO gr.	5,173.00	5,278.00	4,998.00	5,169.00	4,639.00	4,910.00
VOLUMEN DEL MOLDE cc.	2,126.40	2,126.40	2,143.94	2,143.94	2,143.94	2,143.94
DENSIDAD HUMEDA gr./cc	2.43	2.48	2.33	2.41	2.16	2.29
DENSIDAD SECA gr./cc	2.25	2.25	2.17	2.15	2.01	1.98
TARRO N°	26.00	7.00	38.00	48.00	52.00	34.00
TARRO + SUELO HUMEDO gr.	368.56	440.55	351.76	400.83	433.01	418.11
TARRO + SUELO SECO gr.	344.01	401.62	330.57	359.87	405.65	384.68
AGUA gr.	25.55	38.93	21.19	40.76	27.36	53.43
PESO DEL TARRO gr.	37.56	26.12	37.56	26.98	37.56	25.91
PESO DEL SUELO SECO gr.	306.45	375.50	293.01	332.89	368.09	338.77
% DE HUMEDAD	8.34	10.37	7.23	12.24	7.43	15.77
PROMEDIO DE HUMEDAD	8.4		8.7		11.8	

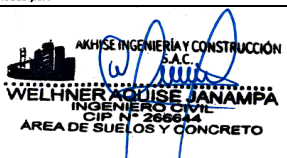
4. EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/07/2024	18:00:00	0:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%
27/07/2024	18:00:00	24:00:00	16.00	116.61	0.3%	15.00	116.58	0.3%	14.00	116.56	0.3%
28/07/2024	18:00:00	48:00:00	18.00	116.66	0.4%	15.00	116.58	0.3%	14.00	116.56	0.3%
29/07/2024	18:00:00	72:00:00	18.00	116.66	0.4%	16.00	116.61	0.3%	15.00	116.58	0.3%
30/07/2024	18:00:00	96:00:00	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%	0.00	116.20	0.0%

5. PENETRACION													
PENETRACIÓN Pulg.	CARGA STAND. Lbs/Pulg. ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA				CARGA				CARGA			
		Lec (D)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (D)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %	Lec (D)	Lbs.	Lbs /Pulg. ²	CBR %
0.000		0.0	0	0		0.0	0	0		0.0	0	0	
0.025		386.0	868	289		315.0	691	230		142.8	313	104	
0.050		968.0	2122	707		656.0	1438	479		262.8	576	192	
0.075		1338.0	2933	978		936.0	2052	684		319.2	700	233	
0.100	1000	1669.0	3440	1147	114.7	1178.0	2583	861	86.1	367.2	805	268	
0.150		1778.0	3900	1300		1312.0	2876	959		405.6	889	296	
0.200	1500	1857.0	4290	1430	95.3	1415.0	3102	1034	68.9	448.8	984	328	
0.250		2182.0	4784	1595		1570.0	3442	1147		472.8	1037	346	
0.300		2335.0	5119	1706		1661.0	3641	1214		504.0	1105	368	
0.400		2425.0	5316	1772		1730.0	3793	1264		535.2	1173	391	
0.500		2681.0	5834	1945		1840.0	4034	1345		717.8	1573	239	

7. EQUIPOS DE MEDICIÓN				8. MOLDES DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	21.00	20.00	19.00	
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP				

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____



AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER ACQUISE JANAMPA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 26664
AREA DE SUELOS Y CONCRETO



ENSAYO DE LABORATORIO

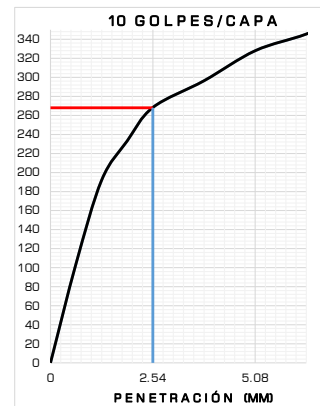
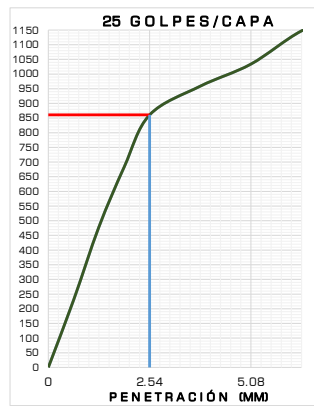
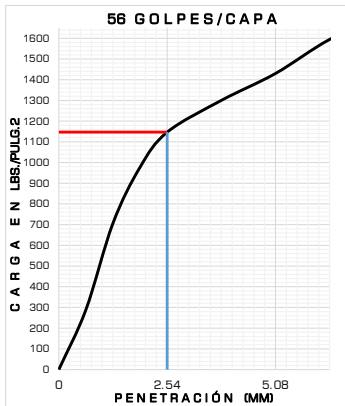
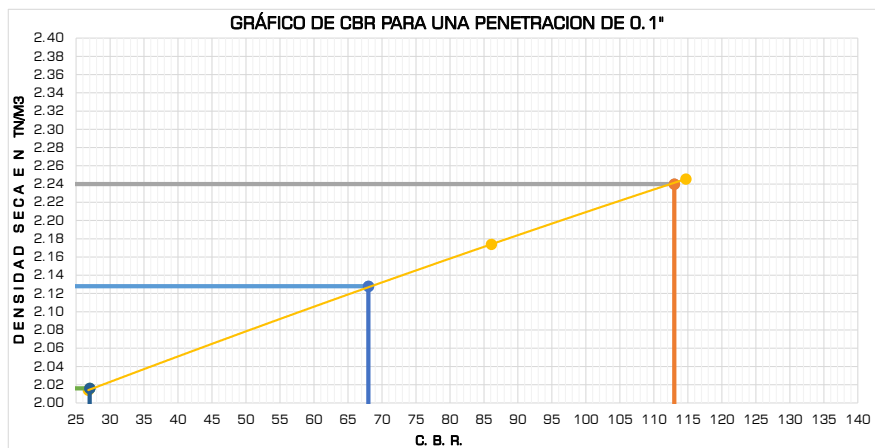
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

PROYECTO: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON POLÍMERO Y ORGANOSILANO INCORPORADOS CON CEMENTO, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DEL SUELO Y LA RENTABILIDAD AYACUCHO 2024"

SOLICITANTE: BACHILLER RONALD CARITAS BARRIENTOS	REGISTRO: 001
UBICACIÓN: DEPARTAMENTO: Ayacucho PROVINCIA: Fajardo	FECHA: AGOSTO 2024
DISTRITO: Alcamenca LOCALIDAD: PE-32A - Huambo	
ITEM: TERRASIL - ORGANOSILANO (10gr) + CEMENTO (1.0%)	

1. MUESTRA	2. PERSONAL
UBICACIÓN: Km 3+000 CALICATA: C-2	OPERADOR: K.O.C.
MATERIAL: E-2 PROFUNDIDAD: 1.50 m	ASISTENTE: W.A.J

3. DATOS DEL ENSAYO			
SUCS : CL	ARCILLA LIGERA CON GRAVA	Clasificación AASHTO : A-6	(7)
Maxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	2.24	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	7.90
% Grava = 14.28	% Arena = 13.74	% Finos = 71.98	LL % = 0.25
Expansion % = 0.1		IP % = 0.13	LP % = 0.12
CBR AL 100% DE LA MDS = 113.0	CBR AL 95% DE LA MDS = 68.00	CBR AL 90% = 27.00	



7. EQUIPOS DE MEDICIÓN			8. PRENSA DE CBR			
EQ	Balanza	Balanza	Horno	PRENSA DE CBR		
ID	SE6001F	R31P30	AUTCOMP			

9. DESCRIPCIÓN DE SUELO

Elaborado por: _____ Revisado por: _____

AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
WELHNER ACWISSE JANAMPA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 26864
 AREA DE SUELOS Y CONCRETO

ANEXOS 2:

Cotización proforma – Productos cemento, polímero y organosilano



FICHA TÉCNICA CEMENTO SOL

DESCRIPCIÓN:

Tipo I, Cemento Portland de uso general.

BENEFICIOS:

- > Acelerado desarrollo de resistencias iniciales.
- > Óptima trabajabilidad.
- > Permite menor tiempo de desencofrado.
- > Excelente desarrollo de resistencias en shotcrete.
- > Excelente permanencia del slump.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

- > Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP - 334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

APLICACIONES:

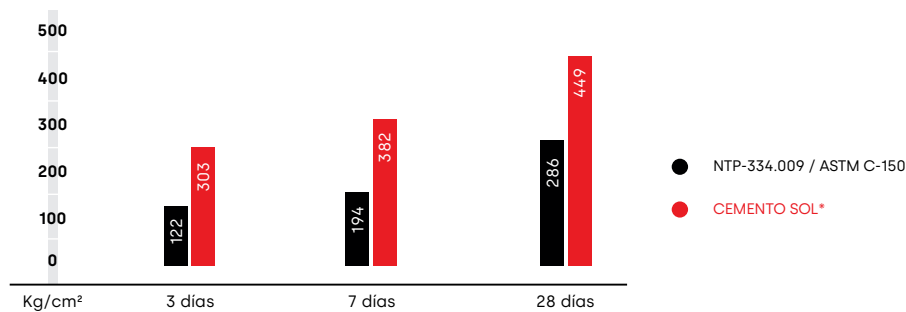
- > Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- > Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.

FORMATO DE DISTRIBUCIÓN:

- > Bolsas de 42.5 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Bolsas de 25 kg: 03 pliegos (02 de papel + 01 film plástico).
- > Granel: A despacharse en camiones bombonas y big bags.

REQUISITOS MECÁNICOS:

COMPARACIÓN RESISTENCIAS NTP-334.009 / ASTM C-150 VS. CEMENTO SOL



* Valores referenciales

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

PARÁMETRO	UNIDAD	CEMENTO SOL	REQUISITOS NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	7	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.09	Máximo 0.80
Superficie específica	m ² /kg	323	Mínimo 260
Densidad	g/cm ³	3.13	No específica
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm ²	303	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm ²	382	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm ²	449	Mínimo 285 (*)
TIEMPO DE FRAGUADO			
Fraguado Vicat inicial	min	129	45 a 375
COMPOSICIÓN QUÍMICA			
MgO	%	2.9	Máximo 6.0
SO ₃	%	2.8	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.9	Máximo 1.5
FASES MINERALÓGICAS			
C2S	%	12	No específica
C3S	%	55	No específica
C3A	%	10	No específica
C4AF	%	10	No específica

(*) Requisito opcional

RECOMENDACIONES GENERALES

DOSIFICACIÓN:

- > Utilizar agua, arena y piedra libre de impurezas.
- > Respetar la relación agua-cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- > Para desarrollar la resistencia a la compresión del concreto y evitar grietas, se necesita curar por lo menos durante 7 días.

MANIPULACIÓN:

- > Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- > Usar la vestimenta y epp adecuados: casco, protectores para los ojos, guantes y botas.
- > El contacto con la humedad o con el polvo de cemento sin protección puede causar irritación o daño en la piel.

ALMACENAMIENTO:

- > Las bolsas con cemento deben ser almacenadas en recintos secos, protegidos de la intemperie, lluvia y humedad.
- > Las bolsas deben ser colocadas sobre parihuelas de madera seca, en áreas niveladas y estables. Posteriormente cubrirlas con mantas de plástico.
- > Apilar como máximo 10 bolsas de cemento y evitar tiempos prolongados de almacenamiento.



www.unacem.pe

UNACEM

MSDS – Hoja de Datos de Seguridad del Material CEMENTO PORTLAND

Sección 1: Identificación de la sustancia

Nombre: Cemento Portland
Sinónimos: Cemento Tipo I; Cemento Portland Tipo I; **Cemento SOL.**
Fabricante: UNACEM Perú S.A
Dirección: Av. Atocongo 2440, Villa María del triunfo – Lima - Perú – América del Sur
Teléfono para informes: (511) 217-0200
Teléfono de emergencias: (511) 217-0221 01-4110000 anexo 2248/2249 (Oficina Lima) 01-4110000 anexo 1225 (Planta Condorcocha)
Fecha de elaboración / revisión de la MSDS: 15/09/2021
Apariencia: Polvo gris verdusco, resulta de la mezcla de Clinker finamente molido con yeso y otros componentes. Se comercializa a granel, en bolsas de 1.5 Ton, 42.5 Kg y 25 Kg.
Nota: Esta MSDS cubre varios productos, los componentes individuales varían.

Sección 2: Composición / información de ingredientes

Compuesto	N° CAS	Fórmula Química)
Silicato Tricálcico	12168-85-3	3CaO.SiO ₂
Silicato Dicálcico	10034-77-2	2CaO.SiO ₂
Aluminato Tricálcico	12042-78-3	3CaO.Al ₂ O ₃
Ferroaluminato tetra cálcico	12068-35-8	4CaO.Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃
Yeso	13397-24-5	CaSO ₄ .H ₂ O
Caliza	1317-65-3	CaCO ₃

Sección 3: Identificación de los peligros

Es un polvo gris que presenta riesgos dependiendo del tiempo de exposición, tiempos breves no causan daños graves. La exposición con mezclas de cemento humedecido puede causar graves daños a los tejidos (piel u ojos) en forma de quemaduras químicas o una reacción alérgica.

Posibles efectos sobre la salud.

- **Contacto con los ojos:** La exposición a partículas de polvo puede causar irritación inmediata o tardía o inflamación. El contacto ocular con grandes cantidades de polvo seco o salpicaduras de cemento húmedo pueden causar irritación ocular moderada, quemaduras químicas y en extremo ceguera. Tales exposiciones requieren primeros auxilios y atención médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** De acuerdo al tiempo de exposición puede producir alergias e irritación. Procurar minimizar el contacto para evitar lesiones en la piel, especialmente con cemento húmedo. Pueden presentarse efectos hasta horas después de terminado la exposición. Evitar dejar que el cemento humedecido se seque sobre la piel esta condición puede causar sequedad e irritación leve. Exposiciones severas de contacto entre la piel humedad y el cemento húmedo puede causar engrosamiento, grietas o fisuras en la piel. El contacto prolongado con la piel puede causar daño severo en forma de quemaduras químicas (cáustica).
- **Ingestión:** No existe información de las cantidades mínimas que puedan ser perjudiciales, cantidades mayores pueden ser nocivas; causar quemaduras en la tráquea y sistema digestivo.
- **Inhalación:** La exposición prolongada al polvo de cemento puede causar afecciones pulmonares; irritación de las mucosas de la nariz, garganta y sistema respiratorio superior.

Sección 4: Medidas de primeros auxilios

En caso de inhalación: Retirar a la persona afectada a un área ventilada; en caso sea necesario suministrar oxígeno. Si las molestias continúan consultar a un médico.

En caso de contacto con los ojos: Lave 15 minutos con agua, incluso debajo de los párpados, si la persona afectada tiene lentes de contacto, retírelos con cuidado. Si las molestias continúan consultar a un médico oftalmólogo.

En caso de contacto con la piel: Retire ropa contaminada, lavar con agua y jabón neutro. En caso de irritación severa o erupción cutánea, consultar a un médico.

En caso de ingestión: No induzca el vómito, si está consciente suministrar al paciente bastante agua y busque inmediatamente a un médico.

Nota: Los trabajadores que den los primeros auxilios, deben evitar entrar en contacto con el Cemento Portland húmedo o mezclas húmedas que lo contengan.

Sección 5: Medidas en caso de incendio

Punto de Inflamación: Ninguno.
Límite inferior de explosividad: Ninguno.
Medios de extinción: No combustible.
Productos combustibles peligrosos: Ninguno.
Temperatura de autoignición: No combustible
Límite superior de explosividad: Ninguno.
Fuego inusual y peligro de explosión: Ninguno.
Aunque el Cemento Tipo I; Cemento Portland Tipo I; Cemento SOL no presente riesgo de combustión, un equipo de respiración autónomo (ERA) debe ser usado para limitar la exposición en caso de incendio en el entorno.

Sección 6: Medidas en caso de vertidos accidentales

Medidas de precaución respecto al personal:
Eliminar la fuente de la fuga o derrame, confinar y aislar el derrame. Use métodos secos de limpieza para evitar dispersar el polvo en el Evitar su inhalación o contacto con la piel. Usar equipo de protección respiratorio para material particulado.

Medidas de precaución respecto al medio ambiente:
No verter el material en desagües, sumideros y corrientes de agua, depositar en lugares apropiados según la legislación.

Procedimientos de recojo/limpieza:
En lo posible recoger el material en seco, evitando formar nubes o polvo que pueda ser transportado por el aire y proceder a eliminar residuos.

Sección 7: Almacenamiento – Manipuleo

• Manipulación:
Minimizar la presencia de polvo del cemento en el ambiente de trabajo. No respirar el polvo. Evitar el contacto con los ojos. No utilizar en las zonas sin una ventilación adecuada. Llevar equipo de protección individual. Lávese cuidadosamente las zonas del cuerpo expuestas después de la manipulación.

• Almacenamiento:
Mantener los envases cerrados, colocar en lugares secos; proteger de la humedad y corrientes de aire. Existe el riesgo de sepultamiento, no ingresar a silos o contenedores sin las medidas adecuadas de seguridad, el cemento puede adherirse y/o acumularse en las paredes de los silos, soltarse, derrumbarse y caer inesperadamente sobre el personal.

Sección 8: Controles de exposición y protección personal

Los equipos de protección personal deben elegirse específicamente de acuerdo al puesto de trabajo en función a la cantidad y concentración del polvo de cemento.

• Protección de las manos:
Evite el contacto con productos de cemento húmedo. Si se produce el contacto, lave inmediatamente el área afectada con agua y jabón neutro o detergente suave. Use guantes y ropa impermeable. Use botas impermeables para eliminar la exposición de los pies al material. No usar cremas o ungüentos protectores sobre la piel cuando se usan guantes y botas impermeables.

Si se produce irritación, lavar inmediatamente el área afectada y buscar asistencia médica. Lavar o desechar la ropa contaminada con cemento humedecido.

Usar guantes de caucho nitrilo, jébe o cuero resistentes a la corrosión y mamelucos en caso de derrames y exposición continua.

• Protección respiratoria:
Evite acciones que causen nubes de polvo o que pueda ser transportado por el aire. Use respiradores apropiados y certificados. Usar ventilación local o generar dilución para controlar la exposición dentro de espacios confinados. Usar equipo de respiración autónomo (ERA) en caso de grandes concentraciones en el entorno.

• Protección para los ojos:
En condiciones donde el usuario puede estar expuesto a salpicaduras o soplos de cemento, utilice lentes de seguridad de preferencia con protectores laterales. No se debe usar lentes de contacto cuando se trabaja con cemento.

• Medidas de higiene particulares:
Sustituir la ropa contaminada. Lavarse las manos después de culminar el trabajo.

Sección 9: Propiedades físicas y químicas

Apariencia física: Sólido, polvo finamente molido
Color: Gris verdusco
Olor: Ninguno
Peso específico: 3.12 a 3.15

PH (en agua): 12 a 13
Punto de congelación: Ninguno, sólido
Viscosidad: Ninguna, sólido
Solubilidad en agua: Leve (0.1 – 1.0%)

Sección 10: Estabilidad y reactividad

Estabilidad:

En condiciones normales es estable, no se producen reacciones peligrosas ni espontáneas.

Condiciones a evitar:

Contacto con agua y humedad. El cemento reacciona lentamente con el agua, formando compuestos hidratados, liberando calor y produciendo una fuerte solución alcalina. Evitar el contacto prolongado con la atmósfera para evitar que se produzca hidratación que puede alterar la calidad del producto.

Incompatibilidad:

El cemento es alcalino por lo cual evitar contacto con ácidos, sales de amonio y aluminio metálico y compuestos de fluor..

Descomposición peligrosa:

No ocurre. El cemento no se descompone en otros productos peligrosos.

Reactividad:

El cemento reacciona químicamente con agua formando una pasta que endurece rápidamente.

Sección 11: Información toxicológica

11.1. Efectos agudos

Contacto con los ojos: el contacto directo con cemento puede provocar daños en la córnea por estrés mecánico, irritación e inflamación inmediata o retardada.

El contacto con grandes cantidades de cemento (polvo o salpicaduras de pasta fresca) puede producir queratopatías de diferente consideración.

Contacto con la piel: El cemento puede irritar la piel húmeda por tener las pastas de cemento un pH elevado. El contacto de la piel sin protección adecuada con cemento puede provocar lesiones de la dermis como agrietamiento o quemaduras cáusticas sin que aparezcan síntomas previos.

Ingestión: En caso de ingestión significativa, el cemento puede causar irritación y dolores en el tracto digestivo.

Inhalación: El cemento puede provocar irritación de la garganta y el tracto respiratorio.

Exposiciones a concentraciones superiores a los valores límite de exposición profesional pueden producir tos, estornudos y sensación de ahogo.

11.2. Efectos crónicos

Inhalación: La exposición crónica a concentraciones de polvo respirable, de partículas (insolubles o poco solubles), superiores a los valores límite de exposición profesional puede producir tos, falta de aliento y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas.

Carcinogenicidad: No se ha establecido ninguna relación causal entre la exposición al cemento y el desarrollo de cáncer

Dermatitis de contacto/Efectos sensibilizantes: Algunos individuos expuestos a la pasta de cemento fresco pueden desarrollar eczema, causado bien porque el elevado pH induzca una dermatitis de contacto o bien por una reacción inmunológica frente al Cromo (VI) que provoque una dermatitis alérgica de contacto. La reacción provocada es una combinación de estos dos mecanismos y sus efectos pueden ir desde una leve erupción hasta una grave dermatitis.

A menudo es difícil realizar un diagnóstico preciso.

11.3. Agravamiento de enfermedades previas por exposición

Respirar polvo de cemento puede agravar los síntomas de enfermedades previamente diagnosticadas tales como patologías respiratorias, enfisema, asma, algunas patologías oculares y algunas patologías cutáneas.

Sección 12: Información ecológica

Biodegradabilidad:

Los métodos para la determinación de la Biodegradabilidad no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Efectos ecotóxicos y biológicos:

No hay efectos reconocidos en planta y animales, no es tóxico para el medio ambiente.

Bioacumulativo: No reúne los criterios para ser reconocido como tal.

Sección 13: Información sobre desechos

Eliminar los residuos de Cemento Portland en botaderos autorizados como residuos de construcción o de desmonte. Los recipientes en desuso, considerarlos residuos no peligrosos, su disposición se debe realizar en rellenos autorizados.

En el caso de restos de cemento portland en polvo, fresco o fraguado se debe evitar su vertido en redes de alcantarillado, sistemas de drenaje o aguas superficiales. La disposición de estos desechos de cemento o los residuos de envases completamente vacíos deberá ser de acuerdo a las regulaciones locales vigentes.

Sección 14: Información sobre transporte

Descripción de material peligroso: No aplica.

Clase de peligro: No requerida.

Clase de identificación: No requerida.

Texto en la Etiqueta: No requerida.

Substancias peligrosas: No aplica.



Sección 15: Información reglamentaria

Ley 28256, Ley que regula el transporte de materiales y residuos peligrosos: El cemento de uso general, no es considerado un Material Peligroso.

Sección 16: Información adicional

La información proporcionada en esta hoja de datos de seguridad de materiales es un resumen práctico de los peligros al usar o manipular el Cemento Portland, la hoja no puede anticipar y proporcionar toda la información que podría ser necesario en cada situación. Los usuarios inexpertos deben obtener una formación adecuada antes de usar este producto.

Para utilizar el producto con seguridad se requiere que el usuario conozca que el cemento reacciona químicamente con el agua, y que algunos de los productos intermedios de esta reacción pueden causar posibles lesiones en la piel y los ojos si no se toman las medidas de seguridad descritas en esta hoja.

Los datos suministrados en esta hoja de seguridad de materiales no abordan los peligros que pueden ser planteados por otros materiales mezclados con cemento para producir productos de cemento.

Los datos suministrados en esta hoja de seguridad de materiales se basan en nuestro conocimiento actual sobre este producto y describen las medidas de seguridad en su uso y manipulación.

Cualquiera que utilice este producto, deberá inicialmente examinar todas las leyes y normas aplicables de su país/estado/región.

COTIZACIÓN N° 000000006309

OTOYA MH SAC

Av. Primavera 939, Of. 303 Chacarrilla, San Borja - Lima
(+51) 966983775 - 999026650
danielrosas@bituper.com - gonzaloloyola@bituper.com
RUC: 20602782043



BITUPER

Página **01/01**
Fecha **11/11/2025**

Empresa:	CARITAS BARRIENTOS RONALD
Dirección:	-
Atte.	Ronald Caritas
E-mail:	caritasunschic@gmail.com

Asunto : Cotización de Estabilizador Químico MEGASOIL

Proyecto: Camino Vecinal Puente cangallo-Huambo-Dist. Alcamencia, prov. de Fajardo, Ayacucho

Estimado Sr.

Por medio de la presente le cotizamos lo siguiente:

Item	Cantidad	Producto / Servicio	Unidad	P.U. S/.	Precio Total S/.
01	828.00	MEGASOIL "ESTABILIZADOR QUIMICO"	Kg.	220.00	182,160.00
	(69.0 Bidones)				
				Sub - Total	182,160.00
				IGV (18)%	32,788.80
				TOTAL	214,948.80

Son: DOSCIENTOS CATORCE MIL NOVECIENTOS CUARENTA Y OCHO Y 80/100 (SOLES)

Forma de Pago

1. aL Contado

2. Depósito en CTA. CTE.

BCP 191-9409930-0-96/CCI 002-191-009409930096-57

BBVA 0011-0713-0100028359/CCI 011-713-000100028359-56

Entrega

1. Fecha de entrega : De acuerdo a programación con 48 horas de anticipación.

2. Forma de entrega : En Bidones de 12.0 Kg

3. Lugar de entrega : Planta BITUPER, Cajamarquilla, Lima

Validez de Oferta

10 días, salvo variación del precio del MERCADO.

Los diseños de laboratorio los realizamos en forma gratuita y además brindamos a nuestros clientes charlas de asesoría técnica y acompañamiento en obra sin costo alguno.

Sin otro particular, quedo de ustedes.

Atentamente.

Ing. LOYOLA LOZANO, PABLO GONZALO
Ejecutivo Técnico Comercial



BITUPER S.A.C.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NOMBRE COMERCIAL	Megasoil®
DISTRIBUIDOR	Bitúmenes del Perú S.A.C. (Bituper S.A.C.).
USO	Estabilizador de suelos
RANGO DE APLICACIÓN	De uso en suelos tanto plásticos como no plásticos. Se puede aplicar a suelos naturales, desde gravas limpias hasta suelos orgánicos altamente expansivos.
DESCRIPCIÓN GENERAL	Polímero cohesionador en polvo granular, envasado en botellas de plástico con contenido neto de 2 kg.
PROPIEDADES FÍSICAS <i>Consistencia:</i> <i>Color:</i> <i>Olor:</i> <i>Gravedad específica:</i> <i>pH:</i>	Polvo granulado concentrado. Verde claro. Sin olor u olor leve. De 0,8 a 1. En solución presenta pH neutro.
CARACTERÍSTICAS MEDIOAMBIENTALES	No tóxico, químicamente inerte, no inflamable. Producto no peligroso.
COMPORTAMIENTO	Ligante no iónico en su estado sólido, pero iónico en solución con las sales propias del agua de compactación y suelos. Aglomera y cohesionan las partículas del suelo confiriéndole al mismo una mayor resistencia. Se mantiene estable a través de ciclos secos y húmedos. Reduce el deterioro de la plataforma y la base, sub base y sub rasantes de las vías.
EFFECTO	Aumenta la capacidad del soporte del suelo (CBR), reduce la plasticidad y permeabilidad, incrementa ligeramente la densidad y reduce la expansión por humedad.
RENDIMIENTO	Se estabiliza hasta 100 toneladas de material suelto seco con 2 Kg de estabilizador.
MODO DE EMPLEO	Consultar información adicional publicada por el distribuidor.
PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO EN LABORATORIO	Consultar la publicación: "Procedimiento de laboratorio para el uso del estabilizador químico Megasoil®".
DATOS DE SEGURIDAD	Consultar: Ficha de datos de seguridad (FDS-BP-MEGASOIL) publicada por el distribuidor.
VENCIMIENTO	No presenta vencimiento si se mantiene herméticamente cerrado y sin exposición directa de los rayos del sol.

Bitúmenes del Perú S.A.C.

Oficina: Av. Del Pinar 152 - Of. 1005, Surco • Lima 33 - Perú • Telfs: (511) 372 7601 / 372 7605 / 372 6943
Oficina Técnica: Calle Las Mimosas Mz.G-1, Lote 26-A • Urb. La Capitana, Distrito de Lurigancho • Lima 15 - Perú
Telfs: (511) 717 5169 / 999 026 650 • e-mail: administracion@bituper.com • www.bituper.com



BITUPER S.A.C.



MEGASOIL® es un producto polimérico estabilizador de suelos de alto desempeño usado solo o con cemento en la construcción y mantenimiento de vías públicas y privadas, accesos a centros mineros, estacionamientos, terraplenes, etc.

La función de **MEGASOIL®** es mejorar la resistencia del suelo que se tiene in-situ, de manera fácil y económica; además de reducir la expansión y/o contracción del mismo.

Una de las ventajas del estabilizante **MEGASOIL®** es la simplicidad de su uso. **MEGASOIL®** viene envasado en botellas plásticas con un peso neto de 2 kg, con lo cual se estabiliza aproximadamente 100 toneladas de material suelto seco. La tasa de aplicación es de 0,002 a 0,0022% ⁽¹⁾.

Al estabilizar bases, sub-bases o sub-rasantes con **MEGASOIL®** se mejora la rentabilidad de la obra debido al diseño de un pavimento con bases más económicas y resistentes.

Campo de aplicación

Una de las grandes ventajas del **MEGASOIL®** radica en su eficiencia en una gran variedad de tipos de suelos, incluyendo limos, arcillas, gravas, entre otros. Si la obra requiere estabilizar con cemento, se puede reemplazar parte del cemento por **MEGASOIL®** obteniendo de esta manera beneficios económicos y técnicos.

Modo de empleo

MEGASOIL® es esparcido seco mediante el uso de pequeñas y simples unidades esparcidoras manuales que pueden ser proporcionadas por nuestra empresa, **BITUMENES DEL PERU**. La velocidad de avance por carril en el esparcido es de 3 km/hr aproximadamente. Este procedimiento es muy sencillo y puede ser realizado por cualquier miembro de la cuadrilla que haya sido instruido en poco tiempo en el uso de la esparcidora.

Una vez que se ha esparcido el producto, todo lo que se necesita es lo usual para una estabilización in-situ, es decir, motoniveladora, rodillos y camión cisterna con

agua. Antes de la compactación es importante haber mezclado bien el **MEGASOIL®** con el material del suelo por medio de la motoniveladora. También se puede mezclar el **MEGASOIL®** en planta.

Debido a que **MEGASOIL®** incrementa notablemente el CBR de casi cualquier tipo de suelo, nuestro producto es extremadamente económico, ya que no es necesario transportar a la obra grava u otros materiales de préstamo que incrementan considerablemente el costo de ejecución. ¡Tan sólo use el material que tiene in-situ y listo!

La acción de **MEGASOIL®** es inmediata después de que se haya mezclado con el suelo manteniendo la humedad óptima de compactación. El tiempo de ejecución de su obra casi no se ve aumentado ya que se requiere de sólo unos minutos para el esparcido del **MEGASOIL®**.

Cuando se opere la unidad esparcidora, el operador deberá usar gafas y mascarilla.

NOTA IMPORTANTE:

En caso emplee **MEGASOIL®** con cemento, primero mezcle el **MEGASOIL®** con el suelo, dejar actuar el **MEGASOIL®** de una a dos horas (de preferencia dos) y sólo después añadir y mezclar el cemento.

Modo de acción

MEGASOIL® se disuelve cuando entra en contacto con la humedad del suelo.

Luego se mezcla y recubre los agregados gracias al movimiento de mezclado que le da la motoniveladora (u otro tipo de unidad). Una vez que **MEGASOIL®** ha recubierto las partículas del suelo, las cementa unas con otras, confiriéndole gran solidez y resistencia al suelo. La elevación de la resistencia del suelo comienza con la compactación y aumenta conforme este se va secando, por lo tanto los resultados son muy rápidos

Presentación

La presentación de **MEGASOIL®** es en pequeños gránulos envasados en botellas plásticas con un contenido neto de 2 kg.

⁽¹⁾La tasa de aplicación puede subir hasta 0,0028% aproximadamente cuando el Megasoil® se utiliza conjuntamente con cemento, midiéndose la resistencia según el procedimiento ASTM D-1633 (MTC E1103).

MEGASOIL PRODUCTO ESTABILIZADOR DE ALTO COMPORTAMIENTO

Es un producto polimérico empleado para mejorar la resistencia del suelo de una manera fácil y económica, puesto que con solamente 2kgrs de Megasoil se puede estabilizar hasta 100 ton. de material suelto seco de cualquier tipo.

PROCESO DE APLICACIÓN

CONDICION DE LA VÍA

La superficie del camino deberá estar totalmente libre de vegetación, raíces, maderas u otros cuerpos extraños antes de comenzar los trabajos. Las cunetas y todos los drenajes necesarios, alcantarillados, etc., y cualquier otro trabajo requerido en la obra deben estar concluidos para garantizar el correcto escurrimiento de las aguas, bajo cualquier condición de tiempo reinante.

EQUIPO A EMPLEAR:

Para escarificar

En la profundidad pre establecida:

Moto niveladora con escarificado posterior

Para Humectar (regar el agua)

Cisterna de agua con llave de corte rápido

Para aplicar el Megasoil

Dispensador - esparcidor

Para compactar

Rodillo liso vibratorio

En cantera (Acopio):

Zarandas

Cargador para mezclado

Volquetes para llevar a plataforma de la vía

CONDICIONES PARA LA DISPERCION DEL MEGASOIL EN EL SUELO.

EQUIPO DISPERSADOR DE MEGASOIL: capacidad 9 kg



Paso 1: ajustar la manecilla al dispensador.



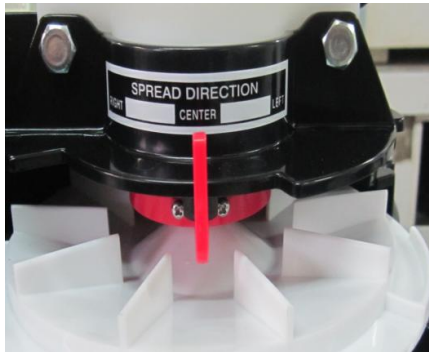
Paso 2 :
cerrar la salida del dispensador



Paso 3 : poner la abertura de la compuerta de la salida del dispensador en 1.9 y ajustarla para que no se mueva



Paso 4 : poner en el centro la salida de dirección del dispensador para la formación del abanico y la distribución sea homogénea



PESAR LA CANTIDAD DE MEGASOIL REQUERIDO:
de acuerdo al terreno (volumen), y verterlo en el dispensador



EQUIPO DE SEGURIDAD PARA LA APLICACION DE MEGASOIL

Implementos EPP



DISTRIBUCION DEL MEGASOIL EN OBRA

Esparcido del Megasoil en un ancho de 3 m a una velocidad de 3 km/hr aproximadamente.

Esparcir Megasoil en el suelo de acuerdo Al volumen de material extendido (volumen de suelo suelto) **ES MUY IMPORTANTE** mantener la humedad optima, proceder a mezclar con la motoniveladora con acciones de vuelco y volteo, dejar reposar 2 hrs aproximadamente, luego extender el material uniformemente, una vez perfilada la superficie se procede a compactar con un rodillo liso vibratorio hasta alcanzar el 100 % de su densidad.



APLICACIÓN DE MEGASOIL EN CANTERA

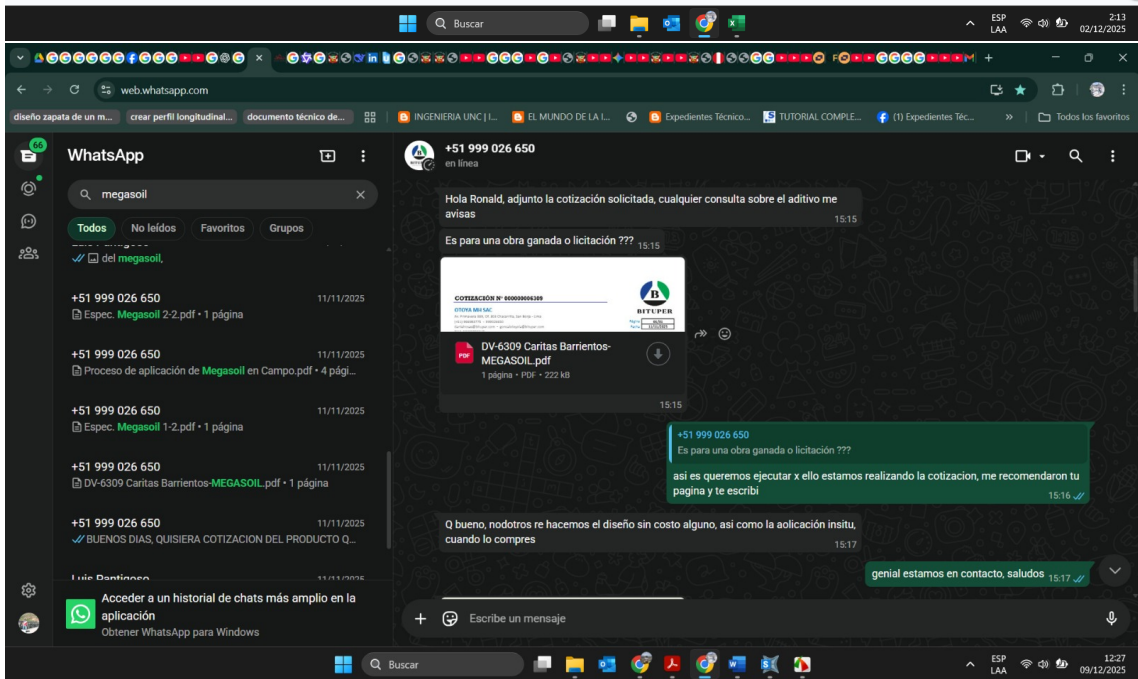
Esparcir homogéneamente el Megasoil de acuerdo a material acopiado (volumen) con la humedad optima en todo el material, después mezclar con el cargador frontal unas 3 a 5 vueltas, dejar reposar 2 hrs aproximadamente hasta que el producto reaccione con el suelo, luego transportar a la obra, extender y perfilar con la motoniveladora, luego se procede a compactar y si es necesario se agrega agua



DOSIFICACIONES DE MEGASOIL

2 Kg de Megasoil para 100 toneladas de suelo seco .

MATERIAL PUSS: Kg/m3	ESPESOR (m)	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	V. TOTAL / M3 (+35% espoj.)	PESO Kg	CANT MEGASOIL Kg
Arena Fina 1400	0.15	1,000.00	7.00	1417.5 m3	1'984,500	39.69
Hormigón 1800	0.15	1,000.00	7.00	(30% espoi) 1365.0 m3	2'457,000	49.14
Arcilla 1300	0.15	1,000.00	7.00	1417.5 m3	1'842.,750	36.86
Afirmado 1700	0.15	1,000.00	7.00	(30% espoi) 1365.0 m3	2'320,500	46.41



COTIZACIÓN



PARA: CARITAS BARRIENTOS FLORES RUC. 10456638649
 ATT: Ronald Caritas Barrientos
 TELF:
 EMAIL: caritasunschic@gmail.com

Fecha: 12-Nov-25
 Oferta No.: 101/511
 Email: grios@brem.com.pe

REF.: ADITIVO ESTABILIZADOR DE SUELOS BASADO EN NANOTECNOLOGÍA +
 TERRASIL®

Tiempo de entrega: Inmediata
 Forma de pago: Al Contado
 Lugar de entrega: Puesto en Lima

Validez oferta: 15 días

Ítem	Cant.	U	Descripción	Precio Unt. US\$	PrecioTotal US \$
1	10,000	Lt	<p>ADITIVO ESTABILIZADOR DE SUELOS BASADO EN NANOTECNOLOGÍA COMPUESTO POR ORGANOSILANOS TERRASIL®</p> <p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejora la capacidad Portante del Suelo (Incrementa radicalmente el CBR) - Convierte al suelo hidrófobo (repele el agua, eliminando los problemas que se derivan de la presencia de la misma). - Mejora la Cohesión - Mantiene la transpiración del suelo (expulsa el agua en forma de vapor). - Reduce el índice de plasticidad de los suelos. - Reduce efectos de erosión. - Facilidad de Aplicación. - Compatible con el medio ambiente. - Acabado Natural. <p>DOSIFICACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para Estabilización 0.2 - 1.0kg - Lt/m3 - Para Riego Impermeabilizante 1:300 (1gln de Terrasil en 300glns de Agua) (Rend. 2 l/m2) <p>PRESENTACIÓN Garrafas de 20 Lt</p>	\$ 20.10	\$ 201,000.00
TOTAL : Doscientos un mil y 00/100 Dolares Americanos					\$ 201,000.00

Nota: Estos precios NO incluyen IGV ,no incluyen Transporte.

BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS SAC
 ADITIVO ESTABILIZADOR DE SUELOS TERRASIL®
 > Cada garrafa contiene 20,00 lt de aditivo
 > Cotización adjunta de 500 garrafas

Realizar el deposito o transferencia interbancaria a las siguientes cuentas:

Banco BCP
 Cuenta S./ 193-2346885-0-07
 Cuenta \$ 193-2322169-1-61
 Banco BBVA
 Cuenta S./ 0011-0372-0100043312-06
 Cuenta \$ 0011-0372-0100043320-09

FICHA TÉCNICA

Definición

TERRASIL es un aditivo para suelos de última generación, formado al 100% por organosilanos, capaz de repeler el agua, eliminar el hinchamiento y la absorción de suelos. Es, por tanto, un agente impermeabilizante de suelos, que aporta ventajas adicionales a la estabilización tradicional de suelos.

Características físicas

Forma	Líquida
Color	Rojizo pálido
Punto de inflamación	> 90 °C (recipiente cerrado)
Punto de ebullición	200°C
Propiedades Explosiva	No Explosivo
Densidad	1,04 g/ml
Viscosidad(25°C)	100-500 cps

NOTA: Las características son típicas. Estas pueden variar sin que se vea afectado el desempeño del producto.

Dosificación Mezclada

Agua	Terrasil
Necesaria para alcanzar el óptimo de compactación	0,2-2 kg/m ³

Aplicar en el procedimiento mezclado con el material a estabilizar y en disolución con el agua óptima para alcanzar la densidad máxima.

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

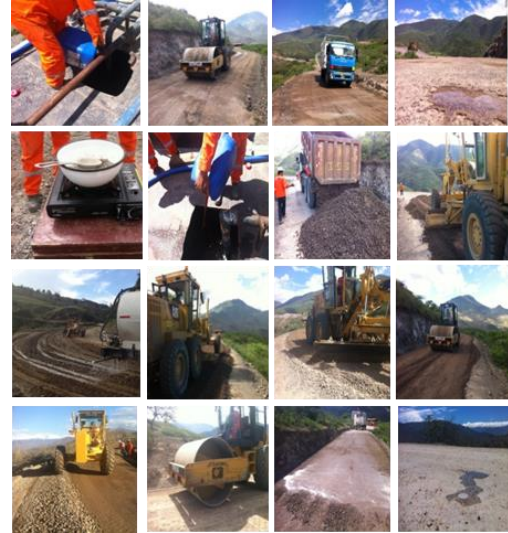
Dosificación Riegos

Agua	Terrasil	Dosificación
300 litros	1 kg	0,01 Kg/m ²

Aplicar sobre la superficie compactada con 3 l/m² de la disolución en dos fases

Estas son dosificaciones recomendadas. La solución definitiva se obtiene de los ensayos de laboratorio realizados a cada tipo de material, evaluando el coste-beneficio en cada proyecto.

Aplicación del sistema



Pasos a seguir:

1. Mezcla de TerraSil para impermeabilización de suelo existente. (Siempre que sea posible y se vaya a realizar una recarga u aportación de material)
2. Compactación del terreno existente
3. Riego de la solución 1:300. 3 litros/m² en dos fases. RIEGO-SECADO-RIEGO
4. Comprobar impermeabilidad.
5. Comprobación de datos de humedad y características del material a estabilizar
6. Mezcla de TerraSil en el agua necesaria para alcanzar la humedad óptima de compactación.
7. Colocación del material sobre el suelo existente impermeabilizado, si se aporta material o se realiza recarga.
8. Escarificado o reciclado en función de la maquinaria a emplear.
9. Aplicación de la mezcla de agua + TerraSil.
10. Mezclado con el material a estabilizar.
11. Nivelación, bombeos y pendientes.
12. Compactado de la tongada estabilizada.
13. Refinado del material.
14. Compactado al 100%.
15. Riego de sellado 1:300 de TerraSil.
16. Comprobación de impermeabilidad.

Beneficios

1. El suelo tratado consigue características hidrófobas de forma permanente.
2. El suelo mantiene la transpiración (expulsa el agua en forma de vapor).
3. Reduce el índice de plasticidad de los suelos.
4. Se aumentan los valores de CBR.
5. El Hinchamiento se reduce.
6. Mejora el Módulo Resiliente.
7. Se mejoran los datos de densidad y compactación en obra.
8. Es posible reducir el consumo de agua necesaria para la compactación del material.

Debido a la inexistencia de grupos polares en la superficie de los suelos, las gotas de agua no sufren ruptura en sus moléculas constitutivas, al no formarse los enlaces de hidrógeno necesarios para ello. De esta manera, las repulsiones de tipo sustancia polar-sustancia apolar originan que se mantenga la tensión superficial en las gotas de agua, permaneciendo sobre la superficie del suelo.



Aspecto de gotas de agua depositadas sobre suelos tratados con TerraSil. Como se puede observar, la repelencia de la gota es total.

Modo de Acción

TerraSil es un aditivo modificador de suelos compuesto al 100% por organosilanos, soluble en agua, estable al calor y la radiación ultravioleta. Su principal acción, por tanto, consiste en la impermeabilización de suelos y subsuelos.

Posee grupos silanol, que reaccionan con los silicatos presentes en el suelo, transformando su superficie y confiriéndoles propiedades hidrófobas permanentes.

Así, el suelo repelerá las moléculas de agua, impermeabilizándolo y evitando los problemas derivados de la presencia de la misma.

Presentación

La presentación de los productos se realiza en bidones de 20 kg.

Exposición a la humedad

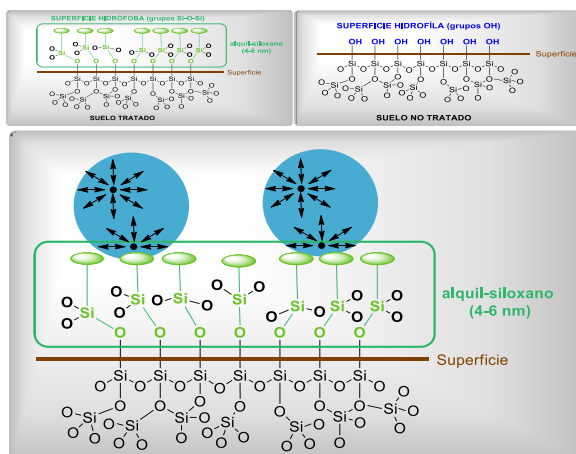
El producto es reactivo a la humedad. La exposición excesiva a la humedad puede conducir a un aumento de la viscosidad y gelificación.

Almacenamiento

Almacenar en lugar fresco. Conservar el envase herméticamente cerrado en lugar seco y bien ventilado. Mantener alejado de cualquier material oxidante, inflamable, percloratos, ácido crómico o ácido nítrico.

Estabilidad del producto mezclado

No almacenar el producto después de la dilución en agua.



Repulsión de las gotas de agua sobre la superficie por interacciones desfavorables polar-apolar.

Comprobación del agua y del TerraSil.

Antes de comenzar es necesario comprobar la calidad del agua (TDS hasta 1.000 ppm). Si no requerimos de esta información, hacer una solución de 1 ml de TerraSil de TerraSil y 10 ml de agua para formar una solución transparente.

En caso de que la solución salga blanquecina no proceda a la aplicación y póngase en contacto con el representante de Zydex (Optimasoil).



Equipo necesario para la aplicación.

Camión cisterna o equipo de agua para hacer la solución.

Cisterna de agua con pulverizador (la cisterna debe estar limpia).

Fuente de Agua Portable (TDS hasta 1000 ppm).

Equipo de seguridad (casco, chaleco de seguridad..)

Preparación de la Solución.

Preparar una solución de agua con TerraSil.

Por ejemplo para riegos de impermeabilización se mezclara en la proporción 1 litro de TerraSil cada 300 litros de agua.

Se recomienda llenar el tanque o la cisterna con el agua necesaria y añadir posteriormente la cantidad de TerraSil previamente calculada.

Mezclar con movimiento previo a su aplicación.

Comprobación de la impermeabilización

Antes de la aplicación comprobar la permeabilidad en una zona mediante el Test de RILEM.

Después del secado realizar el Test de RILEM en la superficie tratada, y observar reducción en la tasa de percolación frente a la primera prueba.

Test de Rilem

Limpie la superficie

Fijar la arcilla alrededor del tubo RILEM, colocar en superficie de la carretera y presione la arcilla fuertemente

Llenar de agua el tubo RILEM con cuentagotas hasta el nivel. En el caso de aparición de burbujas de aire eliminar por gotero.

Inicie el cronómetro y registrar el tiempo que tarda en bajar el agua por debajo del nivel a partir de los 4 ml.

La duración del ensayo es de 20 minutos después del tratamiento aumentar la duración del ensayo RILEM 1 hora para simular condiciones fuertes lluvias.

Manipulación segura

Lavar exhaustivamente tras la manipulación.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Los recipientes que se abren deben volverse a cerrar cuidadosamente y mantener en posición vertical para evitar pérdidas.

NOTA 1: En caso de contacto por cualquier vía proporcionar atención médica.

NOTA 2: La información y sugerencias son hechas con base en la experiencia e investigaciones realizadas, esto no implica una garantía ya que se recomienda que cada cliente realice las pruebas preliminares.

CONTACTE A SU ASESOR TÉCNICO COMERCIAL.
CONSULTE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD.

Estabilización iónica de suelos TERRASIL[®]



3. APLICACIÓN Y COMBINACIONES

3.1. Aplicación y maquinaria

TERRASIL es extremadamente versátil en cuanto a sus formas de aplicación. Su solubilidad en agua permite tratar las superficies mediante riego o mezcla con el terreno. Además, la maquinaria necesaria no es sofisticada, y puede aplicarse en combinación con otros productos. Por otro lado, las propiedades hidrófobas que proporciona a los suelos hacen que éstos sean compatibles con polímeros y betún, lo que aumenta más si cabe las posibilidades de aplicación y combinaciones.



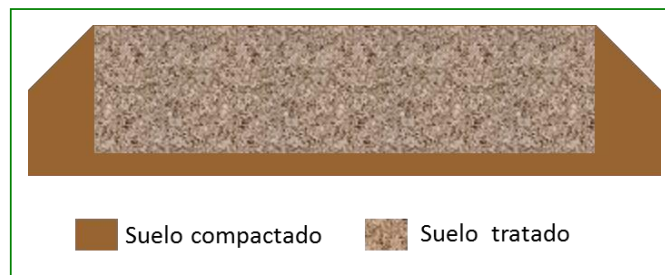
Ejemplo de aplicación de **TERRASIL**

4. PROCEDIMIENTOS DE APLICACIÓN

4.1. Estabilización mezclada (EMC)

La EMC consiste en mezclar la solución **TERRASIL** con el terreno previamente tratado. Posteriormente, se compacta el terreno, que estará perfectamente estabilizado (mayor compactación y resistencia a la acción de la lluvia).

El espesor de terreno a tratar dependerá en cada caso de las exigencias del proyecto, y variará por tanto en cada aplicación. Origina excelentes resultados y permite la aplicación posterior de capas asfálticas, riegos de imprimación... dadas las características finales de la superficie tratada (presenta propiedades hidrófobas, de manera que la afinidad por el betún se incrementa de manera considerable).



La maquinaria necesaria para esta aplicación varía en función de las condiciones del terreno y de la superficie a tratar, pero de forma general puede hacerse con un rotovator y un compactador, o bien con una estabilizadora.

- El procedimiento a seguir se indica a continuación:



1. Preparar el terreno



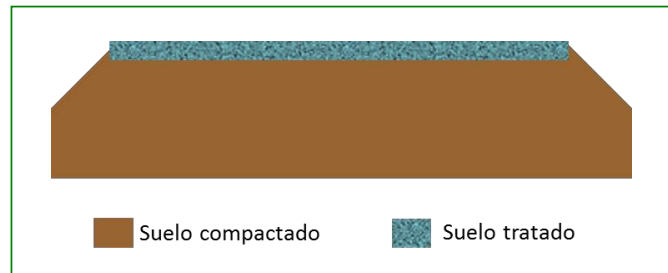
2. Regar con la solución



3. Mezclar la solución con el terreno, compactar y dejar secar

4.2. Estabilización tónica (ET)

En este caso, en lugar de mezclarse la solución con el terreno a tratar, la aplicación se realiza mediante simple riego de la superficie. Se trata de una aplicación sencilla, de menor coste y rapidez de aplicación; pero no apta para cualquier tipo de suelo ni para estabilizaciones fuertes.



- El procedimiento a seguir se indica a continuación:



1. Compactación del terreno a tratar.

2. Aplicación del primer riego. En esta primera aplicación se cubrirá aproximadamente un 95% de la superficie del suelo.

3. Compactación y secado. (30 mins)

4. Aplicación del segundo riego. Se cubrirán las zonas no tratadas en el primer riego y las micro fisuras generadas en los ciclos de riego-secado.

5. DOSIFICACIONES RECOMENDADAS

5.1. TERRASIL

Somos conscientes de que cada proyecto es distinto. Por ello, es difícil establecer dosificaciones generales que se adecúen a todos ellos. Sin embargo, de manera general, las dosificaciones de **TERRASIL** podrían establecerse de acuerdo al siguiente cuadro:

Estabilización	Dilución (kg:L)	Dosificación	Ciclos
EMC	---	0.5-1 Lt/m ³	1
ET	1:300	2-3 L/m ²	1/2

Los rangos establecidos en la tabla anterior varían en función de las características del terreno, de la capacidad portante del mismo. De acuerdo a dichas características, las dosificaciones se realizan de acuerdo a la siguiente tabla:

Características del suelo (CBR)	Dosificación (EMC)
0-2	1 kg/m ³
2-6	0.3-0.7 kg/m ³
6-10	0.2-0.3 kg/m ³

En estabilizaciones estándar de 0.15 m (15 cm) se dosificará 0.75 Lt/m³

6. CONCLUSIONES: VENTAJAS

TERRASIL, es un aditivo químico que trabaja con todo tipo de suelos y se adaptan a las características de los distintos tipos de terreno. Asimismo, con la ayuda de nuestros técnicos, seremos capaces de adaptar las soluciones anteriormente propuestas a las necesidades específicas de cada proyecto, proponiendo la solución adecuada para cada caso.

Por otro lado, mediante el uso de soluciones **TERRASIL** además de reducir costos de aplicación y mantenimiento, se consiguen resultados competitivos, que aportan ventajas adicionales a los suelos tratados con estos productos:

- ✓ **Reducir los costos** de las aplicaciones tradicionales.
- ✓ **Aplicaciones de mayor eficiencia**, debido a la mayor penetración y cobertura de la solución.
- ✓ **Impermeabilización del terreno**, eliminándose así los problemas derivados de la presencia de lamisma.
- ✓ **Mejora de la capacidad portante**, ya que el suelo se comporta de manera análoga a las condiciones en seco.
- ✓ Facilidad de aplicación.
- ✓ Acabado natural.
- ✓ Productos 100% compatibles con el medio ambiente.



Av. Parque de las Leyendas No. 210
Torre A-Oficina 501, Urbanización Pando

T (51-1) 379 2584 C (51) 971354248

E achavez@brem.com.pe

San Miguel, Lima – Perú

www.brem.com.pe

ANEXOS 3:

Accreditación - Certificados de Calibración



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC135 - M - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERÍA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	600 g
División de escala (d)	0,01 g
Div. de verificación (e)	0,01 g
Clase de exactitud	II
Marca	OHUAS
Modelo	TAJ602
Número de Serie	B452431082
Capacidad mínima	0,2 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
5. Fecha de Calibración	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC135 - M - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

7. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
Jr. Pockrás Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,1 °C	21,2 °C
Humedad Relativa	57 %	57 %

10. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud F1) DM-INACAL: 1717-MPES-C-2023	PESAS (Clase de Exactitud M1)	0141-MPES-C-2024

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC135 - M - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

12. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21,1 °C	21,2 °C

Medición Nº	Carga L1 = 300,00 g			Carga L2 = 600,00 g		
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	300,00	6,0	-1,0	600,00	7,0	-2,0
2	300,00	5,0	0,0	600,00	6,0	-1,0
3	300,00	5,0	0,0	600,00	6,0	-1,0
4	300,00	5,0	0,0	600,00	5,0	0,0
5	300,00	6,0	-1,0	600,00	6,0	-1,0
6	300,00	5,0	0,0	600,00	6,0	-1,0
7	300,00	5,0	0,0	600,00	6,0	-1,0
8	300,00	6,0	-1,0	600,00	5,0	0,0
9	300,00	5,0	0,0	600,00	5,0	0,0
10	300,00	5,0	0,0	600,00	6,0	-1,0
	Diferencia Máxima 1,0			Diferencia Máxima 2,0		
	Error Máximo Permissible ± 30,0			Error Máximo Permissible ± 30,0		



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,2 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	l (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5,0	0,0	200,00	200,00	5,0	0,0	0,0
2		0,10	5,0	0,0		200,01	6,0	9,0	9,0
3		0,10	5,0	0,0		200,00	5,0	0,0	0,0
4		0,10	5,0	0,0		199,99	4,0	-9,0	-9,0
5		0,10	5,0	0,0		200,00	6,0	-1,0	-1,0
					Error máximo permisible				± 20,0

* Valor entre 0 y 10e

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC135 - M - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21,2 °C	21,2 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	E _c (mg)	
0,10	0,10	4,0	1,0						
0,20	0,20	5,0	0,0	-1,0	0,20	5,0	0,0	-1,0	10,0
1,00	1,00	6,0	-1,0	-2,0	1,00	5,0	0,0	-1,0	10,0
10,00	10,00	5,0	0,0	-1,0	10,00	6,0	-1,0	-2,0	10,0
20,00	20,00	6,0	-1,0	-2,0	20,00	5,0	0,0	-1,0	10,0
100,00	100,00	5,0	0,0	-1,0	100,00	6,0	-1,0	-2,0	20,0
200,00	200,00	5,0	0,0	-1,0	200,00	5,0	0,0	-1,0	20,0
300,00	300,00	5,0	0,0	-1,0	300,00	6,0	-1,0	-2,0	30,0
400,00	400,00	6,0	-1,0	-2,0	400,00	5,0	0,0	-1,0	30,0
500,00	500,00	6,0	-1,0	-2,0	500,00	6,0	-1,0	-2,0	30,0
600,00	600,00	6,0	-1,0	-2,0	600,00	6,0	-1,0	-2,0	30,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
l: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.



Lectura corregida

$$R_{CORREGIDA} = R + 0,00000414 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2 \times \sqrt{0,00002^2 + 0,000000000242 R^2}$$

13. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MC137 - M - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Masa

Página 1 de 4

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga AYACUCHO
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30 000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	10 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	R31P30
Número de Serie	8336330422
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
5. Fecha de Calibración	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC137 - M - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Masa

Página 2 de 4

7. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.

Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,1	21,1
Humedad Relativa (%)	58	58

10. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL 1717-MPES-C-2023	Pesas (exactitud M1)	0141-MPES-C-2024
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL 1305-MPES-2023	Pesa (exactitud M1)	0215-MPES-C-2024
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL 1303-MPES-C-2023	Pesa (exactitud M1)	0216-MPES-C-2024
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-370-2023	Pesa (exactitud M1)	0217-MPES-C-2024

11. Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MC137 - M - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Masa

Página 3 de 4

12. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	21,1 °C	21,1 °C

Medición N°	Carga L1 = 15 000,0 g			Carga L2 = 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
3	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
4	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
5	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
6	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,7	-0,2
7	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
9	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,7	-0,2
Diferencia Máxima	0,1		Diferencia Máxima		0,2	
Error Máximo Permisible	± 20,0		Error Máximo Permisible		± 30,0	

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

2	5
1	
3	4

Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	21,1 °C	21,1 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec						
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (L)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1		10	0,5	0,0		10 000	0,5	0,0	0,0	
2		10	0,5	0,0		9 999	0,4	-0,9	-0,9	
3	10,0 g	10	0,5	0,0	10 000,0 g	10 000	0,5	0,0	0,0	
4		10	0,5	0,0		10 001	0,6	0,9	0,9	
5		10	0,5	0,0		10 000	0,6	-0,1	-0,1	
Error máximo permisible									± 20,0	

* Valor entre 0 y 10e



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

RUC: 20607978892

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MC137 - M - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Masa

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	21,1 °C	21,1 °C

Carga L (g)	CARGA CRECIENTE				CARGA DECRECIENTE				± e.m.p (g)**
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
10,0	10	0,4	0,1						
20,0	20	0,4	0,1	0,0	20	0,4	0,1	0,0	10,0
100,0	100	0,5	0,0	-0,1	100	0,5	0,0	-0,1	10,0
500,0	500	0,6	-0,1	-0,2	500	0,5	0,0	-0,1	10,0
1 000,0	1 000	0,5	0,0	-0,1	1 000	0,5	0,0	-0,1	10,0
5 000,0	5 000	0,5	0,0	-0,1	5 000	0,6	-0,1	-0,2	10,0
10 000,1	10 000	0,6	-0,1	-0,2	10 000	0,6	-0,1	-0,2	20,0
15 000,0	15 000	0,5	0,0	-0,1	15 000	0,7	-0,2	-0,3	20,0
20 001,3	20 001	0,8	-0,6	-0,7	20 001	0,6	-0,4	-0,5	20,0
25 001,3	25 001	0,5	-0,3	-0,4	25 001	0,6	-0,4	-0,5	30,0
30 001,4	30 001	0,6	-0,4	-0,5	30 001	0,6	-0,4	-0,5	30,0

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E_o: Error en cero.

I: Indicación de la balanza.

E: Error encontrado

E_c: Error corregido.

LECTURA CORREGIDA

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 1,96 \times 10^{-5} \times R$$

INCERTIDUMBRE

$$U = 2 \times \sqrt{1,74 \times 10^{-1} \text{ g}^2 + 9,35 \times 10^{-10} \times R^2}$$

13. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SÓL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC369 - IV - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	CAZUELA CASAGRANDE
Marca	SOILTEST
Modelo	CL-208
Procedencia	U.S.A.
Número de Serie	2205
Código de Identificación	NO INDICA
Tipo de contador	ANALÓGICO
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SÓL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC369 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La Verificación se realizó tomando las medidas del instrumento, según las especificaciones de la norma internacional ASTM D4318 "Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit and Plastic Index of Soils."

8. Lugar de Verificación

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIÉ DE REY 300 mm con incertidumbre de medición de 18 µm	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
Termómetro de contacto Incertidumbre de 0,07 °C 1AT-154-2023 / METROIL S.A.C.		

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC369 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

12. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

DIMENSIONES DE LA BASE DE GOMA DURA

Altura (mm)	Profundidad (mm)	Ancho (mm)
49,77	151,25	126,33

HERRAMIENTA DE RANURADO

EXTREMO CURVADO

Espesor (mm)	Borde Cortante (mm)	Ancho (mm)
10,02	2,00	13,43

DIMENSIONES DE LA COPA

Radio de la copa (mm)	Espesor de la copa (mm)	Altura desde la guía del elevador hasta la base (mm)
54,28	2,02	47,22



Fin del Documento

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA SOLOGUREN ARISTOIES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

RUC: 20607978892

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC083 - T - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 6

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 300 °C
Marca	KAIZA CORP
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	161162
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 300 °C	0 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	CONTROLADOR DIGITAL	TERMÓMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC083 - T - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Temperatura

Página 2 de 6

7. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 min minutos.

El controlador se seteo en 110 °C

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Patrones de referencia de la Dirección de Metrología LT-294-2023 / INACAL	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	0016-TPES-C-2024

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SÓL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MC083 - T - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

12. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	max - T _m
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	111,3	109,7	110,9	108,4	111,2	112,9	110,9	110,0	110,5	111,9	110,8	4,5
02	110,0	111,4	109,7	110,8	108,2	111,2	112,7	110,9	110,0	110,8	111,7	110,7	4,5
04	110,0	111,4	109,7	110,9	108,3	111,1	112,6	110,9	110,0	110,8	111,7	110,7	4,3
06	110,0	111,6	109,9	110,8	108,2	111,2	112,7	110,8	110,0	110,9	111,8	110,8	4,5
08	110,0	111,4	109,9	110,8	108,2	111,2	112,6	110,9	110,0	110,8	111,9	110,8	4,4
10	110,0	111,6	109,9	110,8	108,5	111,1	112,6	110,9	110,2	110,8	111,8	110,8	4,1
12	110,0	111,7	109,9	110,6	108,5	111,2	112,6	110,8	110,2	110,8	111,9	110,8	4,1
14	110,0	111,6	109,9	110,9	108,7	111,2	112,6	110,8	110,2	110,8	111,8	110,8	3,9
16	110,0	111,6	109,8	110,9	108,7	111,2	112,6	110,9	110,2	110,9	111,8	110,8	3,9
18	110,0	111,6	109,9	110,9	108,6	111,1	112,7	110,8	110,2	110,9	111,9	110,8	4,1
20	110,0	111,6	109,8	111,0	108,6	111,2	112,7	110,8	110,2	110,9	111,9	110,9	4,1
22	110,0	111,6	109,9	110,6	108,5	111,0	112,7	110,8	110,2	110,9	111,9	110,8	4,2
24	110,0	111,7	109,8	110,5	108,6	111,2	112,7	110,8	110,1	110,8	111,8	110,8	4,1
26	110,0	111,7	109,9	110,7	108,8	111,2	112,8	110,8	110,1	110,9	111,8	110,9	4,0
28	110,0	111,6	109,8	110,6	108,6	111,2	112,8	110,9	110,1	110,9	111,8	110,8	4,2
30	110,0	111,4	109,8	110,7	108,6	111,4	112,8	110,8	110,0	110,9	111,9	110,8	4,2
32	110,0	111,6	109,8	110,6	108,6	111,4	112,7	110,9	110,0	110,9	111,9	110,8	4,1
34	110,0	111,7	109,9	110,7	108,7	111,3	112,7	110,8	110,0	110,8	111,8	110,8	4,0
36	110,0	111,6	110,0	110,9	108,7	111,4	112,8	110,8	110,0	110,9	112,0	110,9	4,1
38	110,0	111,6	109,8	110,8	108,7	111,3	112,9	110,8	110,0	110,9	111,9	110,9	4,2
40	110,0	111,6	109,9	110,8	108,7	111,4	112,9	110,9	110,0	110,9	111,9	110,9	4,2
42	110,0	111,6	109,9	110,9	108,5	111,5	112,9	111,1	110,2	110,9	111,9	110,9	4,4
44	110,0	111,7	109,9	110,8	108,5	111,5	112,7	111,1	110,2	110,8	111,9	110,9	4,2
46	110,0	111,7	109,9	110,8	108,6	111,4	112,7	111,1	110,2	110,8	111,7	110,9	4,1
48	110,0	111,7	109,9	110,8	108,6	111,4	112,9	110,8	110,2	110,8	111,8	110,9	4,3
50	110,0	111,7	109,8	110,7	108,7	111,3	112,9	111,0	110,1	110,8	111,9	110,9	4,2
52	110,0	111,6	109,9	110,7	108,7	111,4	112,9	111,0	110,1	110,8	111,9	110,9	4,2
54	110,0	111,6	109,9	110,6	108,5	111,4	112,9	110,8	110,1	110,8	111,9	110,8	4,4
56	110,0	111,6	109,9	110,7	108,5	111,4	112,9	110,9	110,0	110,8	111,9	110,8	4,4
58	110,0	111,7	109,7	110,9	108,7	111,4	112,8	111,1	110,1	110,9	111,9	110,9	4,1
60	110,0	111,6	109,8	110,7	108,7	111,4	112,7	111,2	109,9	110,8	112,0	110,9	4,0
T.PROM	110,0	111,6	109,8	110,7	108,6	111,3	112,7	110,9	110,1	110,8	111,8	110,8	
T.MAX	110,0	111,7	110,0	111,0	108,8	111,5	112,9	111,2	110,2	110,9	112,0		
T.MIN	110,0	111,3	109,7	110,5	108,2	111,0	112,6	110,8	109,9	110,5	111,7		
DTT		0,0	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MC083 - T - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Temperatura

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,9	0,3
Mínima Temperatura Medida	108,2	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,6	0,3
Desviación de Temperatura en el Espacio	4,2	0,3
Estabilidad Medida (\pm)	0,3	0,04
Uniformidad Medida	4,5	0,3

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

Incetidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del Medio Isotermo : 0,06 °C

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ DTT.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SÓL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

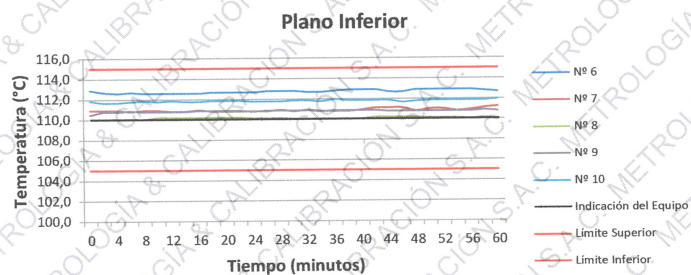
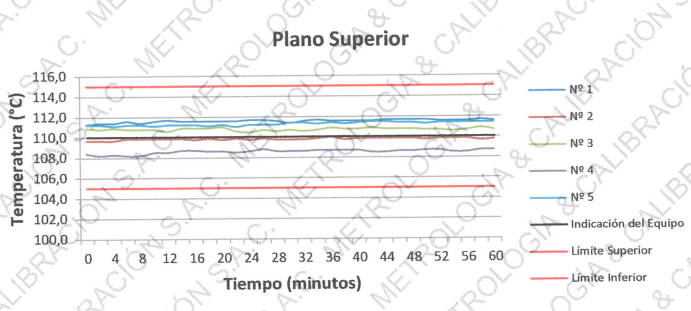
CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC083 - T - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: 110 °C ± 5 °C



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

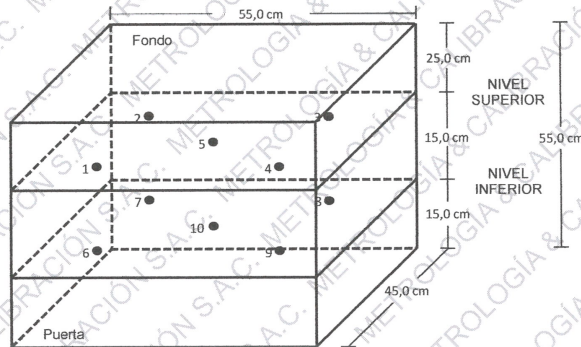
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MC083 - T - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Temperatura

Página 6 de 6

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 7 cm de las paredes laterales y a 6 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

13. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC377 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	MOLDE CILINDRICO PROCTOR ESTANDAR
Marca	PINZUAR
Serie	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Identificación	MC032 (*)
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de verificación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO - Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.

Sello



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC377 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables a los laboratorios de la Dirección de Metrología - INACAL tomando como referencia la NTP 339.141.

9. Patrones de Referencia

Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY de 300 mm con incertidumbre de medición de 18 µm.	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,2 °C
Humedad Relativa	57 °C	57 °C

11. Resultados

Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Altura del Collarín (mm)
101,39	116,48	940,5	60,38

Nota : Se calculó el volumen por el método de medición lineal.

12. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido en el instrumento.
- El rango admisible del diámetro del molde es de $101,6 \pm 0,4$ mm.
- El rango admisible de la altura del molde es de $116,4 \pm 0,5$ mm.
- El rango admisible del volumen del molde es de 944 ± 14 cm³.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC376 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	MOLDE CILINDRICO PROCTOR MODIFICADO
Marca	PINZUAR
Serie	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Identificación	MC031
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de verificación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGÉL JESÚS PÉREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

GEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC376 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables a los laboratorios de la Dirección de Metrología - INACAL tomando como referencia la NTP 339.141.

9. Patrones de Referencia

Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY de 300 mm con incertidumbre de medición de 18 μ m.	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 μ m) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	57 °C	57 °C

11. Resultados

Diámetro (mm)	Altura (mm)	Volumen (cm ³)	Altura del Collarín (mm)
152,43	116,42	2124,6	50,87

Nota : Se calculó el volumen por el método de medición lineal.

12. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- El rango admisible del diámetro del molde es de $152,4 \pm 0,7$ mm.
- El rango admisible de la altura del molde es de $116,4 \pm 0,5$ mm.
- El rango admisible de la altura del collar es de $60,33 \pm 0,5$ mm
- El rango admisible del volumen del molde es de 2124 ± 25 cm³.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC370 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	MOLDES CILINDRICO PARA ENSAYO CBR
Marca	KAIZA CORP
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	16 (*)
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de verificación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO - Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



**INFORME DE VERIFICACIÓN
MC370 - IV - 2024**

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables a los laboratorios de la Dirección de Metrología - INACAL tomando como referencia la NTP 339.141.

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY 300 mm con incertidumbre de medición de 19 um	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL 1717-MPES-2023	Pesas (exactitud M1)	0141-MPES-C-2024

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %HR	58 %HR

11. Resultados

MOLDE CBR	
Diámetro (mm)	152,48
Altura (mm)	177,83
Volumen (cm ³)	3247,29
Altura del Collarin (mm)	50,73

ACCESORIOS DE MOLDE CBR	
Masa de sobrecarga Abierta (g)	2272,4
Masa de sobrecarga Cerrada (g)	2272,2
Vastago de expansión (g)	1125,9

12. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- (*) Código de identificación grabado en el molde y sus accesorios.
- Se calculó el volumen por el método de medición lineal.
- El rango admisible del diámetro del molde es de $152,4 \pm 0,7$ mm.
- El rango admisible de la altura del molde es de $177,8 \pm 0,5$ mm.
- El rango admisible del volumen del molde es de 3243 ± 34 cm³.

Fin del Documento





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC371 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	MOLDES CILINDRICO PARA ENSAYO CBR
Marca	KAIZA CORP
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	17 (*)
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de verificación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO - Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aqui declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PÉREZ B.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC371 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables a los laboratorios de la Dirección de Metrología - INACAL tomando como referencia la NTP 339.141.

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY 300 mm con incertidumbre de medición de 19 um	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL 1717-MPES-2023	Pesas (exactitud M1)	0141-MPES-C-2024

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %HR	58 %HR

11. Resultados

MOLDE CBR		ACCESORIOS DE MOLDE CBR	
Diámetro (mm)	152,48	Masa de sobrecarga Abierta (g)	2272,4
Altura (mm)	177,80	Masa de sobrecarga Cerrada (g)	2272,2
Volumen (cm ³)	3246,74	Vastago de expansión (g)	1125,9
Altura del Collarin (mm)	50,73		

12. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- (*) Código de identificación grabado en el molde y sus accesorios.
- Se calculó el volumen por el método de medición lineal.
- El rango admisible del diámetro del molde es de $152,4 \pm 0,7$ mm.
- El rango admisible de la altura del molde es de $177,8 \pm 0,5$ mm.
- El rango admisible del volumen del molde es de 3243 ± 34 cm³.



Fin del Documento



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC372 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	MOLDES CILINDRICO PARA ENSAYO CBR
Marca	KAIZA CORP
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	18 (*)
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de verificación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO - Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC372 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables a los laboratorios de la Dirección de Metrología - INACAL tomando como referencia la NTP 339.141.

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY 300 mm con incertidumbre de medición de 19 um	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL 1717-MPES-2023	Pesas (exactitud M1)	0141-MPES-C-2024

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %HR	58 %HR

11. Resultados

MOLDE CBR	
Diámetro (mm)	152,50
Altura (mm)	177,79
Volumen (cm ³)	3247,41
Altura del Collarin (mm)	50,73

ACCESORIOS DE MOLDE CBR	
Masa de sobrecarga Abierta (g)	2272,4
Masa de sobrecarga Cerrada (g)	2272,2
Vastago de expansión (g)	1125,9

12. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- (*) Código de identificación grabado en el molde y sus accesorios.
- Se calculó el volumen por el método de medición lineal.
- El rango admisible del diámetro del molde es de $152,4 \pm 0,7$ mm.
- El rango admisible de la altura del molde es de $177,8 \pm 0,5$ mm.
- El rango admisible del volumen del molde es de 3243 ± 34 cm³.



Fin del Documento



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC379 - IV - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	PISÓN MANUAL MARTILLO DE COMPACTACIÓN PROCTOR ESTANDAR
Tipo	12 pulgadas de caída
Marca	PINZUAR
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	MC034 (*)
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de Verificación	Las instalaciones del cliente. Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO


ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC379 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método de comparación con patrones trazables a los patrones de referencia del DM-INACAL tomando como referencia la norma internacional ASTM D 698 "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))".

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY de 300 mm con incertidumbre de medición de 18 µm.	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,3 °C
Humedad Relativa	58 %HR	58 %HR

11. Resultados de Medición

CAÍDA (mm)	CARA DEL PISÓN (mm)	MASA (kg)
304,79	50,84	2,506



12. Observaciones

- (*) Código de identificación inscrito en el instrumento.
- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- El rango admisible para la caída del martillo de compactación de 12 Pulg. es de $304,8 \pm 1,3$ mm.
- El rango admisible de la cara golpeante del martillo de compactación de 12 Pulg. es de $50,80 \pm 0,25$ mm.
- El rango admisible para la masa del martillo de compactación de 12 Pulg. es de $2,5 \pm 0,01$ kg.

Fin del Documento



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC378 - IV - 2024

Metrología & calibración
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 2

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento de medición	PISÓN MANUAL MARTILLO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO
Tipo	18 pulgadas de caída
Marca	PINZUAR
Número de Serie	NO INDICA
Identificación	MC033 (*)
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28
7. Lugar de Verificación	Las instalaciones del cliente. Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una nueva verificación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO


ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC378 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 2

8. Método de Verificación

La verificación se realizó por el método de comparación con patrones trazables a los patrones de referencia del DM-INACAL tomando como referencia la norma internacional ASTM D 1557 "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort".

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	PIE DE REY de 300 mm con incertidumbre de medición de 18 µm.	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023		
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		

10. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,3 °C
Humedad Relativa	58 %HR	58 %HR

11. Resultados de Medición

CAÍDA (mm)	CARA DEL PISÓN (mm)	MASA (kg)
457,10	50,84	4,535

12. Observaciones

- (*) Código de identificación inscrito en el instrumento.
- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- El rango admisible para la caída del martillo de compactación de 18 Pulg. es de $457,2 \pm 1,6$ mm.
- El rango admisible de la cara golpeante del martillo de compactación de 18 Pulg. es de $50,80 \pm 0,25$ mm.
- El rango admisible para la masa del martillo de compactación de 18 Pulg. es de $4,54 \pm 0,01$ kg.

Fin del Documento





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC069 - F - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO.
4. Equipo	PRENSA CBR
Capacidad	5000 kgf
Marca	KAIZA CORP
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Identificación	MC024 (*)
Indicación	DIGITAL
Marca	HIWEIGH
Modelo	XK315A1-9-G
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	0,1 kgf
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
5. Fecha de Calibración	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SÓL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC069 - F - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." Julio 2006.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO,
Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,1 °C
Humedad Relativa	58 % HR	58 % HR

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,2 %	LEDI-PUCP INF-LE 016-24 B

11. Observaciones

- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido en el equipo.
- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo trabaja con una celda de carga, Marca: KELI, Modelo: NO INDICA y Serie: NO INDICA



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MC069 - F - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)	
10	500	500,7	500,4	501,1	500,8	
20	1000	1001,8	1001,9	1001,9	1001,9	
30	1500	1501,8	1502,1	1502,3	1502,0	
40	2000	2001,8	2001,8	2001,8	2001,8	
50	2500	2503,2	2503,1	2503,0	2503,1	
60	3000	3004,5	3004,7	3004,5	3004,6	
70	3500	3504,9	3504,6	3504,8	3504,8	
80	4000	4004,5	4004,4	4004,3	4004,4	
90	4500	4506,5	4506,4	4506,9	4506,6	
100	5000	5007,3	5007,4	5007,2	5007,3	
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0		

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa d (%)	
500	-0,16	0,14	---	0,02	0,30
1000	-0,19	0,01	---	0,01	0,30
1500	-0,13	0,03	---	0,01	0,30
2000	-0,09	0,00	---	0,01	0,30
2500	-0,12	0,01	---	0,00	0,30
3000	-0,15	0,01	---	0,00	0,30
3500	-0,14	0,01	---	0,00	0,30
4000	-0,11	0,00	---	0,00	0,30
4500	-0,15	0,01	---	0,00	0,30
5000	-0,15	0,00	---	0,00	0,30

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 - %
---	----------

13. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%. La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC384 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diámetro	8 pulgadas
Designación	1/2 in 12,5 mm
Marca	GRANOTEST
Número de serie	70514
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC384 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-09 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

8. Lugar de Verificación

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla patron de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 18 um	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		

11. Observaciones

- Se coloca una etiqueta autoadhesiva con la indicación de VERIFICADO.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC384 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

12. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	$+X$ Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-0,035	-0,080	12,580	2,499

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de 1/2 in es de $\pm 0,385$ mm.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de 1/2 in es de $\pm 0,83$ mm.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de 1/2 in es de 13,33 mm.

Nota 4.- El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de 1/2 in es de $2,5 \pm 0,40$ mm.



Fin del Documento

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB:

WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & GALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC385 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	1/4 in 6,3 mm
Marca	GRANOTEST
Número de serie	77286
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello



JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC385 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-09 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

8. Lugar de Verificación

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.

Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 18 um	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrándolo en buenas condiciones.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC385 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

12. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	$+X$ Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-0,048	-0,090	6,390	1,771

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de 1/4 in es de $\pm 0,197$ mm.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de 1/4 in es de $\pm 0,51$ mm.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de 1/4 in es de 6,81 mm.

Nota 4.- El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de 1/4 in es de $1,8 \pm 0,30$ mm.



Fin del Documento

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SÓL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB:

WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC383 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Díametro	8 pulgadas
Designación	1,00 in 25 mm
Marca	GRANOTEST
Número de serie	76912
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.


METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO


ANGEL JESUS PEREZ B.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC383 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-09 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

8. Lugar de Verificación

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla patron de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 18 um	1AD-0095-2024
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM		
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		

11. Observaciones

- Se coloca una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERIA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC383 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

12. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	$+X$ Variación máxima de abertura (mm)	Resultando Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-0,027	-0,070	25,070	3,493

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de 1,00 in es de $\pm 0,758$ mm.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de 1,00 in es de $\pm 1,38$ mm.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de 1,00 in es de 26,38 mm.

Nota 4.- El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de 1,00 in es de $3,55 \pm 0,55$ mm.



Fin del Documento

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 Urb. VILLA SOL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

TEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC386 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente	240146
2. Solicitante	AKHISE INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
3. Dirección	Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO
4. Instrumento	TAMIZ DE ENSAYO (SIEVE TEST)
Diametro	8 pulgadas
Designación	No. 4 4,75 mm
Marca	GRANOTEST
Número de serie	75338
Procedencia	COLOMBIA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Verificación	2024-09-23
6. Fecha de Emisión	2024-09-28

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGIA & CALIBRACION S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Sello

JEFE DE LABORATORIO

ANGEL JESUS PEREZ B.



METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C
CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. G1-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA
LOS OLIVOS - LIMA - LIMA
CEL.: 955 730 951; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE
ADMINISTRACION@METCAL.PE
WEB: WWW.METCAL.PE



RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC386 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

7. Método de Verificación

La verificación se realizó mediante una inspección detallada de las características del Tamiz tomando como referencia la Norma ASTM E 11-09 "Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves".

8. Lugar de Verificación

LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO.
Jr. Pockras Nro. 693, Ayacucho - Huamanga - AYACUCHO

9. Condiciones ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,5 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Regla patrón de Clase I INACAL DM / LLA-556-2023	REGLA PATRÓN de 1000 mm con incertidumbre de medición de 0,2 mm.	1AD-0109-2024
Magnificador óptico INACAL DM / LLA-067-2023		
Bloque patrón (Grado 0) LLA-081-2023 / INACAL-DM		
Bloque patrón (Grado 0) LLA-557-2023 / INACAL-DM	Pie de rey 300 mm con incertidumbre de 18 um	1AD-0095-2024
Varilla patrón (Incertidumbre de 0,3 µm) LLA-174-2023 / INACAL-DM		

11. Observaciones

- Se coloca una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **VERIFICADO**.
- Se realizó una inspección visual del instrumento encontrandola en buenas condiciones.





RUC: 20607978892

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN INDUSTRIALES,
DE LABORATORIO E INGENIERÍA CIVIL

INFORME DE VERIFICACIÓN MC386 - IV - 2024

Metrología & calibración

Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

12. Resultados

El equipo cumple con las especificaciones técnicas siguientes:

$\pm Y$ Variación de abertura Promedio (mm)	$+X$ Variación máxima de abertura (mm)	Resultado Abertura Máxima Individual (mm)	Diámetro de alambre Típica (mm)
-0,008	-0,020	4,770	1,634

Nota 1.- La variación máxima de abertura promedio permitido para tamices de No. 4 es de $\pm 0,15$ mm.

Nota 2.- La variación máxima de abertura permitida para tamices de No. 4 es de $\pm 0,41$ mm.

Nota 3.- El error máximo permitido de la abertura máxima individual para tamices de No. 4 es de 5,16 mm.

Nota 4.- El rango admisible del diámetro del alambre del tamiz de No. 4 es de $1,6 \pm 0,30$ mm.



Fin del Documento

METROLOGÍA & CALIBRACIÓN S.A.C

CA. SOLOGUREN ARISTIDES MZ. 61-37 URB. VILLA SOL 4TA ETAPA

LOS OLIVOS - LIMA - LIMA

CEL.: 955 730 957; 913 190 274

EMAIL: VENTAS@METCAL.PE

ADMINISTRACION@METCAL.PE

WEB: WWW.METCAL.PE



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERÍA
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 070-2025-FIMGC

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 523-2025-FIMGC-D**, a los **veintitrés días del mes de diciembre de 2025**, siendo las **04:00 p.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil**, bajo la presidencia del **Ing. Edmundo CANCHARI GUTIERREZ** y los miembros: **Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA**, **Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI** e **Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**, actuando como secretario docente el **Ing. Saúl Walter RETAMOZO FERNANDEZ**, para proceder en la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**, del bachiller:

RONALD CARITAS BARRIENTOS

Quien presentó la tesis denominada:

Estabilización de suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, para mejorar la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024

Los señores miembros del jurado, luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:


Aprobado con Quince (15)

Siendo las **06:00 p.m.** del día **23 de diciembre de 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad con lo actuado, los miembros del jurado firman al pie del presente.


Ing. Edmundo CANCHARI GUTIERREZ
Presidente


Ing. Ángel Hugo VILCHEZ PEÑA
Miembro


Ing. Alex Sander IRCAÑAUPA HUAMANI
Miembro


Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN
Miembro - Asesor


Ing. Saúl Walter RETAMOZO FERNANDEZ
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA
DE MINAS Y CIVIL
Av. Independencia S/N
Ciudad Universitaria
Central Tel. 066 312510
Anexo 151



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA N° 01-2026-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

Apellidos y Nombres : Ronald CARITAS BARRIENTOS
Escuela Profesional : INGENIERÍA CIVIL
Título de la Tesis : Estabilización de suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, para mejorar la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024
Evaluación de la Originalidad : 20 % Índice de Similitud
Identificador de la entrega : 2877694282

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 12 de febrero del 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCANAUPA HUAMANT
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

Estabilización de suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, para mejorar la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024

por Ronald CARITAS BARRIENTOS

Fecha de entrega: 12-feb-2026 01:31p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2877694282

Nombre del archivo: Te_Ronald_Caritas_Barrientos.pdf (10.77M)

Total de palabras: 28388

Total de caracteres: 163026

Estabilización de suelos arcillosos con polímero y organosilano incorporados con cemento, para mejorar la resistencia del suelo y la rentabilidad Ayacucho 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	21%	3%	13%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	10%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
4	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	studiespublicacoes.com.br Fuente de Internet	<1%
10	tesis.udea.edu.co Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%

<1 %

12

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

13

pirhua.udep.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

15

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

16

posgradoeducacion.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

17

repositorio.uni.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

18

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo