UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Bach. Callomamani Yunca, Juan Pelayo (ORCID: 0000-0003-2437-3613)

ASESOR:

M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta tesis la dedico a mis padres: Eugenio Callomamani y Josefa Yunca (†) por haberme apoyado y mostrado el camino correcto en los momentos de lucha y demostrar siempre su cariño y apoyo incondicional, a mi esposa Zoila Luz Rivera una gran persona por dejarme compartir su vida con la mía, por darme la confianza y por su apoyo incondicional, por darme a mis hermosos hijos Francis Farid, Bruno Alejandro, Ian Mateo y a mis hermanos Walter, Jhonny, Jesús, Beatriz, Nolberto, Erasmo, Eloy por brindarme su apoyo

Juan Pelayo

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad César Vallejo por brindarme la oportunidad de desarrollar esta investigación, asimismo agradezco al M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy por su asesoramiento, consejos y correcciones para lograr la culminación de esta tesis.

Agradezco a Dios, por haberme dado la vida y brindarme la salud permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

Quiero agradecer a mi familia, por comprenderme, apoyarme y motivarme en cada instante de mi vida.

Juan Pelayo

Declaratoria de autenticidad

Yo, Callomamani Yunca, Juan Pelayo Identificado con de D.N.I. N° 46403871, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, autor de la tesis titulada:

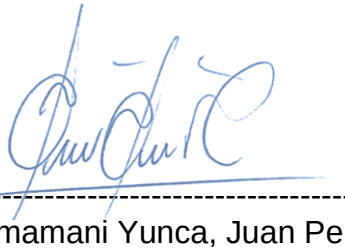
“Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022”.

DECLARO QUE:

El tema de tesis es auténtico, siendo resultado de mi trabajo personal, que no se ha copiado, que no se ha utilizado ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, articulo, memoria, etc., (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derecho del autor.

En este sentido, soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, son objeto de sanciones universitarias y/o legales.

Lima, 18 de julio del 2022



Callomamani Yunca, Juan Pelayo
D.N.I. N° 46403871

Huella digital

Resumen

El presente estudio denominado “Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022”, que posee como objetivo general Mejorar la transitabilidad vehicular por medio de estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca. La metodología es de tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño cuasi-experimental y nivel explicativo. Los resultados denotaron que el suelo patrón poseía un CBR al 95% de la MDS de 5.98% y que con las dosificaciones de SN+4%C+0.10%LA, SN+4%C+0.25%LA y SN+4%C+0.50%LA los valores fueron de 7.79%, 11.03% y 9.82% respectivamente, respecto al índice de plasticidad el suelo patrón poseía un IP de 26.5%, sin embargo, con las dosificaciones de SN+4%C+0.10%LA, SN+4%C+0.25%LA y SN+4%C+0.50% el valor de índice de plasticidad se reduce a 19.11%, 16.59% y 14.64% respectivamente. Llegando a la conclusión de que la incorporación de cal y lana de alpaca si mejora la transitabilidad vehicular, debido que los valores de capacidad de soporte se incrementaron significativamente, pasando de ser categorizada como una subrasante “insuficiente” a ser categorizada como “buena” y los valores de índice de plasticidad se redujeron considerablemente.

Palabras clave: *Estabilización, transitabilidad vehicular, lana de alpaca, cal, subrasante*

Abstract

The present study called "Soil stabilization with a mixture of lime and alpaca wool to improve vehicular passability, Salcedo - Puno 2022", whose general objective is to improve vehicular passability by means of soil extension with a mixture of lime and alpaca wool. alpaca. The methodology is applied type, quantitative approach, quasi-experimental design and explanatory level. The results denoted that the standard soil had a CBR at 95% of the MDS of 5.98% and that with the dosages of SN+4%C+0.10%LA, SN+4%C+0.25%LA and SN+4%C +0.50%LA the values were 7.79%, 11.03% and 9.82% respectively, with respect to the plasticity index, the standard soil had an IP of 26.5%, however, with the dosages of SN+4%C+0.10%LA, SN+4%C+0.25%LA and SN+4%C+0.50% the plasticity index value is reduced by 19.11%, 16.59% and 14.64% respectively. Concluding that the incorporation of lime and alpaca wool does improve vehicular passability, because the support capacity values increased significantly, going from being categorized as an "insufficient" subgrade to being categorized as "good" and the plasticity index values were greatly reduced.

Keywords: *Stabilization, vehicular passability, alpaca wool, lime, subgrade*

Índice de contenidos

Dedicatoria ii
Agradecimiento iii
Declaratoria de autenticidad iv
Resumen v
Abstract vi
Índice de contenidos vii
Índice de Tablas viii
Índice de figuras ix
Índice de abreviaturas x
I. INTRODUCCIÓN 1
II. MARCO TEÓRICO 6
III. METODOLOGÍA 12
3.1. Tipo y diseño de investigación 12
3.2. Variables y operacionalización 14
3.3. Población, muestra y muestreo 15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 17
3.5. Procedimientos 19
3.6. Método de análisis de datos 24
3.7. Aspectos éticos 24
IV. RESULTADOS 26
V. DISCUSIÓN 35
VI. CONCLUSIONES 38
VII. RECOMENDACIONES 39
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 40
ANEXOS

Índice de Tablas

Tabla 1. Propiedades físicas de la cal 3
Tabla 2. Tamaño de partículas de suelo 7
Tabla 3. Magnitudes y rango de la validez 18
Tabla 4. Datos de confiabilidad obtenidos 19
Tabla 5. Características de las muestras de suelo 26
Tabla 6. Resultados de Índice de plasticidad 27
Tabla 7. Resultados de densidad seca máxima 28
Tabla 8. Resultados de CBR al 95% de la MDS 29
Tabla 9. Análisis de varianza del índice de plasticidad 30
Tabla 10. Comparación de medias aritméticas 31
Tabla 11. Análisis de varianza de la densidad seca máxima 32
Tabla 12. Comparación de medias aritméticas 32
Tabla 13. Análisis de varianza del CBR al 95% de la MDS 34
Tabla 14. Comparación de medias aritméticas 34

Índice de figuras

Figura 1. Detalles de microscopio electrónico de fibras de lana..... 4
Figura 2. Equipo de CBR. 8
Figura 3. Transmisión de cargas 9
Figura 4. Estabilización de subrasante con cal. 10
Figura 5. Estabilización mecánica 10
Figura 6. Vista satelital de la Av. Industrial 20
Figura 7. Excavación de calicatas en la Av. Industrial 20
Figura 8. Mezclas de cal, lana de alpaca y suelo de estudio 21
Figura 9. Tamices usados para el ensayo de granulometría. 22
Figura 10. Ensayo de límite líquido. 22
Figura 11. Ensayo de límite plástico 23
Figura 12. Ensayo de Proctor modificado 23
Figura 13. Ensayo de Californian Bearing Ratio 24
Figura 14. Resultados de índice de plasticidad 27
Figura 15. Resultados de densidad seca máxima 28
Figura 16. Resultados de capacidad de soporte (CBR al 95% de la MDS) 29
Figura 17. Gráfico de normalidad del índice de plasticidad 30
Figura 18. Gráfico de normalidad de la densidad seca máxima 31
Figura 19. Gráfico de normalidad del CBR al 95% de la MDS 33

Índice de abreviaturas

CBR	: Californian Bearing Ratio
CH	: Arcilla de alta plasticidad
CL	: Arcilla de baja plasticidad
GE	: Grupo experimental
GP	: Grupo patrón
IP	: Índice de plasticidad
LL	: Límite líquido
LP	: Límite plástico
MDS	: Máxima densidad seca
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones
SUCS	: Sistema unificado de clasificación de suelos
SN	: Suelo natural
C	: Cal
MDS	: Máxima densidad seca
LA	: Lana de alpaca

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

En el planeta el crecimiento acelerado de la demografía, el incremento de la ocupación de las áreas urbanas y el aumento de trabajos relacionado con la construcción han ocasionado que exista una menor cantidad de suelos aptos para la edificación de estructuras. Muy frecuentemente las vías se conforman sobre suelos deficientes (débiles o expansivos). El mejoramientos de los suelos de subrasante con productos químicos facilita el mejoramientos de las capacidades ingenieriles del suelo, los productos químicos más utilizados para la estabilización de los suelos son el cemento, escoria proveniente de alto horno granuladas y molidas, cenizas volantes y de fondo (Sudhakaran, Sharma y Kolathayar, 2018).

En los países del continente americano las dificultades que se presentan en la construcción debido a los suelos compresibles, colapsables o expansibles, no se encuentra adecuadamente documentados, razón por la cual se ha desarrollado distintas técnicas de mejoramientos de suelos, uno de ellos es la estabilización de suelos mediante el uso de productos químicos como las cenizas derivados de diversos procesos industriales, cal, cemento, entre otros; los cuales son conocidos estabilizantes tradicionales, el mejoramiento de las propiedades geotécnicas de los suelos se da debido a procesos de reacción puzolánica y de hidratación (Tiwari, Satyam y Puppala, 2021, p. 15).

En los últimos años se han propuesto diversos residuos o aglutinantes sostenibles para su uso en el mejoramiento de suelos, la falta de conocimientos para la conformación de vías o edificaciones en suelos problemáticos es un peligro considerablemente riesgoso debido a la baja resistencia al punzonamiento y su alto grado de compresibilidad, estos problemas ocasionan o hacen susceptible al suelo a asentamientos diferenciales, por lo cual nace la necesidad de perfeccionar las características geotécnicas de los suelos mediante el uso de técnicas de estabilización que cuenten con la facultad de responder a situaciones más adversas y exigentes (Ghadir y Ranjbar, 2018).

El incremento de la vida útil de las estructuras viales depende de las características geotécnicas de los suelos de subrasante, las características de los suelos donde

se conforman los pavimentos no siempre cumplen con los requerimientos establecidos, por lo que se necesita modificar los suelos ineficientes en subrasantes eficaces (Paul y Cyrus, 2016).

El país de acuerdo a los datos de índice de competitividad de estructuras viales se encuentra ubicado por debajo de la media mundial, en comparación a los 141 países de la lista, este problema es observable en las vías urbanas y rurales en todo el Perú, por lo cual se necesita perfeccionar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante con adecuados procedimientos constructivos y con materiales reciclados, dándoles un segundo uso para la solución de este problema, los cuales muchos de ellos no se encuentran normados por el manual de carreteras del MTC (2013), lo cuales deberían adecuarse y normarse para la el mejoramientos de las vías nacionales (Villanueva, 2017). En el presente las subrasantes de las carreteras de las múltiples vías no brindan satisfacción a la demanda de uso, las carreteras tienden a deteriorarse apresuradamente y con la ausencia o escasez de materiales se debe seguir buscando un material adecuado (Vilchez, 2019).

A nivel local, en la región de Puno las carreteras son las principales vías de comunicación, debido a que conectan diversas urbes, ayudando al desarrollo económico de estas, razón por la cual las carreteras deben estar en continuo funcionamiento, y para garantizar el incremento de su vida útil las subrasantes donde se conforman las vías deben satisfacer todas la características geotécnicas, para lo cual se deben realizar estabilizaciones para el presente estudio con una mezcla de cal y lana de alpaca. Debido a que en la Av. Industrial que es la principal vía del centro poblado se observa la presencia de fisuras transversales longitudinales y transversales, baches, encalaminados, etc., siendo estos más notables en temporadas de inclemencias climáticas comúnmente usuales en el altiplano.

1.2 Formulación del problema

Problema general

¿Cómo la estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca mejoraría la transitabilidad vehicular, Salcedo – Puno 2022?

Problemas específicos

- ¿Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca se lograría una mejor compactación y reducción de espacios vacíos del suelo?
- ¿Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca se podría alcanzar un mejor índice de plasticidad del suelo?
- ¿Con una proporción definida de cal y lana de alpaca se podría generar una elevada estabilidad del suelo?

1.3 Justificación

Justificación teórica

Se justifica teóricamente debido a que se busca principalmente encontrar una nueva forma de estabilizar las subrasantes, para el presente estudio una mezcla de cal y lana de alpaca, del cual no se poseen suficientes bases teóricas para reducir esta brecha de conocimiento, con la finalidad de mejorar la transitabilidad vehicular.

Justificación práctica

El presente estudio se justifica de forma práctica, debido a que, con los resultados de las dosificaciones de cal y lana de alpaca, se podrá conseguir una dosificación adecuada para la estabilización de un suelo con lo cual se conseguirá mejorar la transitabilidad vehicular.

Justificación metodológica

Se justifica metodológicamente debido a que se describió todo el procedimiento y desarrollo de la aplicación de la mezcla de cal y lana de alpaca para su manipulación en porcentajes sobre el suelo de subrasante, los cuales podrían ser tomados como guía para posteriores investigaciones.

1.4 Objetivos

Objetivo general

Mejorar la transitabilidad vehicular por medio de estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca.

Objetivos específicos

- Lograr una mejor compactación y reducción de espacios vacíos del suelo usando una proporción establecida de cal y lana de alpaca.
- Alcanzar un mejor índice de plasticidad del suelo mediante una proporción establecida de cal y lana de alpaca.
- Generar una elevada estabilidad del suelo utilizando una proporción definida de cal y lana de alpaca.

1.5 Hipótesis

Hipótesis general

La estabilización de suelo con una mezcla de 4% de cal y 0.25% de lana de alpaca mejora la transitabilidad vehicular.

Hipótesis específicas

- Una proporción de 4% de cal y 0.10% de lana de alpaca mejora la compactación y reducción de espacios vacíos del suelo
- Una proporción de 4% de cal y 0.50% de lana de alpaca alcanza un mejor índice de plasticidad del suelo.
- Una proporción de 4% cal y 0.25% de lana de alpaca genera una elevada estabilidad del suelo

1.6 Delimitaciones

Delimitación temporal

El presente proyecto de investigación sobre el mejoramiento de la transitabilidad vehicular con el uso de una mezcla de cal y lana de alpaca fue realizado en un periodo de tiempo de 16 semanas, entre los meses de abril y julio del año 2022.

Delimitación espacial

La investigación fue desarrollada netamente en la jurisdicción del centro poblado de Salcedo el que se encuentra localizado aproximadamente a cinco kilómetros de

la capital de la región de Puno, el relieve es plano con una menor proporción de superficie semi-plana.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Para el mejor entendimiento y desarrollo del proyecto de investigación se tomaron en cuenta las siguientes investigaciones en los diferentes ámbitos:

Antecedentes internacionales

Nagrale, Patil y Bhaisare (2016) en su artículo científico denominado "Características de resistencia de la subrasante estabilizada con cal, cenizas volantes y fibra" para la revista International Journal of Engineering Research, que posee como objetivo general evaluar los beneficios de la estabilización del suelo de subrasante usando cal, cenizas volantes y fibra. Como metodología posee un diseño experimental, se seleccionaron dos tipos de suelo con CBR de 1.45% y 4.67% y tres tipos de estabilizadores, cal hidratada, cenizas volantes de clase F y fibra de polipropileno (relación de aspecto de 100) para la investigación de laboratorio. Los resultados de capacidad de soporte muestran que el valor de CBR de la subrasante del suelo A no estabilizado es de 1.45 %. Este valor aumenta a 2.04%, 6.86%, 7.70% y 7.60 % debido a la adición de 1.5%, 3%, 4.5% y 6 % de cal respectivamente. De manera similar, el valor CBR del suelo B no estabilizado es 4.67 %. Este valor aumenta a 8.17%, 14.89%, 15.91% y 12.40% debido a la adición de 1.5%, 3%, 4.5% y 6 % de cal respectivamente. La mejora máxima en CBR se observa tanto en la subrasante del suelo-A como en el suelo-B, cuando se estabiliza con 4,5 % de cal, 10 % de cenizas volantes y 0.5 % de estabilización de fibra. Concluyendo que la técnica de estabilización del suelo es más efectiva para suelos débiles en comparación con suelos moderados. Las cenizas volantes, que no solo son material de desecho sino también peligrosas para el medio ambiente, se pueden incorporar de manera eficiente como agente estabilizador para mejorar la resistencia característica del suelo de la subrasante.

Por su parte Narendra et al. (2018) en su artículo científico denominado "Estabilización expansiva de suelos con residuos de coco y cal para subrasante de pavimento flexible" para la revista Materials Science and Engineering, que posee como objetivo general usar una combinación de contenido de médula de coco seleccionado con contenido de cal seleccionado para mejorar el suelo expansivo

para usarlo en subrasantes de pavimentos flexibles. Como metodología posee un diseño experimental, se realizaron ensayos de laboratorio como granulometría, Proctor modificado y CBR. Los resultados demostraron que la naturaleza esponjosa y absorbente de humedad de la médula de coco con su gravedad específica más baja provoca una reducción significativa en la densidad seca, es decir, de 1.780 g/cm^3 a 1.550 g/cm^3 y un aumento en el contenido de agua óptimo, del 19 % al 24 % con un contenido de 3% de fibras y cal, el CBR del suelo tratado fue de 7% y 9% para 1.5% de contenido de médula de coco con 3% de cal y 2% de contenido de médula de coco con 3% de cal, respectivamente. Concluyendo que después de la modificación con cal y médula de coco, el suelo se puede utilizar como subrasante para carreteras con CBR mejorado de 8% y superior.

Tiwari, Satyam y Puppala (2021) en su artículo de estudio llamado “Evaluación de la resistencia y durabilidad de suelos expansivos estabilizados con cenizas recicladas y fibras naturales”, realizado para la Revista Transportation Geotechnics. Que poseía como principal objetivo evaluar la incidencia del empleo de cenizas y fibras naturales en la estabilización de subrasante de un suelo expansivo. Como metodología empleo el diseño experimental. Su población de estudio estuvo constituida por los suelos del Indian Institute of Technology Indore, y las muestras fueron extraídas de calicatas de 2.50 metros de profundidad. De acuerdo a sus resultados obtenidos la plasticidad del suelo disminuyo pasando de ser categorizada como una arcilla altamente plástica a una arcilla de menor plasticidad (CL) según la categorización SUCS. Llegando a la conclusión que los restos de ceniza cuenta con propiedades puzolánicas parecidas a las del cemento, por lo cual su uso como un estabilizante alternativo en suelos expansivos es factible..

Por su parte Dhar y Hussain (2019) en su artículo científico denominado “La resistencia y el comportamiento microestructural del suelo de subrasante estabilizado con cal en la construcción de carreteras” para la revista Journal of Geotechnical Engineering, que posee como objetivo general estudiar la mejora de la resistencia y la capacidad de carga del suelo de subrasante estabilizado con cal y también evaluar la viabilidad de la cal en el pavimento como estabilizador de subrasante. Como metodología posee un diseño experimental, se realizaron ensayos de laboratorio como granulometría, Proctor modificado y CBR. Los

resultados demostraron que el suelo no tratado poseía una capacidad de soporte de 3.2% y con la aplicación de 5% y 7% de cal los valores se incrementaban a 18.1% y 15.7% respectivamente. Concluyendo que el tratamiento con cal hace que las partículas de arcilla en escamas sufran floculación y disminuyan su doble capa difusa, por lo tanto, disminuya la tensión de contracción lineal. Al 9% de cal se observa un ligero aumento de la tensión de contracción lineal que se debe a fenómenos de ósmosis por exceso de cal. El suelo con un alto porcentaje de fracciones de arcilla muestra una mayor disminución de la tensión de contracción lineal después del tratamiento con cal.

Parra (2018) en su tesis de pregrado titulado “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante”, tiene como principal objetivo desarrollar la estabilización química de una subrasante a través de un mejoramiento químico de un suelo (caolín), a través de la incorporación de ceniza y cal en distintas proporciones para establecer una adecuada dosificación, asimismo posee una metodología de tipo experimental. De acuerdo a los resultados los valores de rigidez se incrementaban de 0.689 kg/cm^2 a 1.104 kg/cm^2, 2.616 kg/cm^2, 2.413 kg/cm^2 y 1.693 kg/cm^2 para adiciones de cal en 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, mientras que con la ceniza se alcanzaron valores de 1.059 kg/cm^2, 1,180 kg/cm^2, 1.040 kg/cm^2 y 1.101 kg/cm^2 para adiciones de ceniza 2%, 4%, 6% y 8% respectivamente, en relación al peso del suelo. Llegando a la conclusión de que la incorporación de cal mejora las propiedades mecánicas, resaltando la incorporación de 8%, debido que la muestra alterada mostró un mejor comportamiento respecto a la muestra patrón.

Antecedentes nacionales

Benel (2019) en su tesis de pregrado titulado “Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera ‘Bazán’ - Cajamarca, 2017”, que posee como objetivo general establecer la influencia de la adición de fibra de yute en la resistencia del material de afirmado proveniente de la Cantera “Bazán”, asimismo posee una metodología de tipo experimental. Los resultados demostraron que la muestra patrón poseía un CBR al 95% de la máxima densidad seca de 59.0% y con adiciones de 0.5%, 0.75% y 1% de fibra de yute la capacidad de soporte se incrementa a 68.0%, 84.0% y 93.5% respectivamente. Llegando a la conclusión de que los datos obtenidos de capacidad de soporte del

material de cantera destinado para afirmado A-1, estabilizados con 0.5%, 0.75% y 1% de fibra de yute, alcanzaron valores de CBR al 100% de la MDS de 101%, 110% y 113%.

Angulo y Zavaleta (2020) en su tesis de pregrado denominado “Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos” que posee como principal objetivo establecer la influencia del mejoramiento de suelos arcillosos con cal para el perfeccionamiento de la capacidades físicas y mecánicas como material de afirmado. Respecto a su metodología es de tipo descriptivo/explicativo y de diseño experimental. Los resultados demostraron que el suelo natural poseía un CBR de 2.15% al 95% de la máxima densidad seca, sin embargo, con las incorporaciones de cal hidratada en proporciones de 2%, 4% y 6% los valores de CBR se incrementaron a 2.70%, 2.25% y 2.44% respectivamente, mientras que cuando se adicionaba cal viva los valores de capacidad de soporte se incrementaron a 18.90%, 22.20% y 75.50% respectivamente. Concluyendo que la incorporación de cal viva produce un aumento en la capacidad de soporte, a medida que se aumenta la dosificación de cal, consiguiendo un CBR al 100% de la máxima densidad seca de 88.910%.

Asimismo, Quispe y Justo (2019) en su tesis de pregrado denominado “Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica” que posee como principal objetivo Mejorar la capacidad de soporte de la subrasante, a través de la aplicación de una dosificación de cal, con una adecuada proporción de cal. Respecto a su metodología es de tipo aplicativo, de enfoque cuantitativo y de diseño experimental. Los resultados demostraron que el suelo natural poseía un CBR de 3.30% al 95% de la máxima densidad seca, sin embargo, con las incorporaciones de cal en porcentajes de 9%, 15% y 21% los valores de CBR se incrementaron a 5.10%, 6.40% y 5.10%, poseyendo una tendencia de disminución cuando se incrementaba adiciones de cal desde 21%. Concluyendo que con la incorporación de 15% de cal al suelo de subrasante la capacidad de subrasante aumentó en un 78% respecto al suelo patrón, debido a que alcanzó un valor de soporte California de 5.9%.

Guerra y Mosqueira (2020) en su artículo de estudio llamado “Capacidad portante (CBR) de tres suelos arcillosos que incorporan fibra de pseudotallo de banano en diferentes porcentajes”. Que poseía como fundamental objetivo establecer el valor de soporte de 3 suelos con la adición de fibras de pseudotallo de plátano en proporciones de 0.25%, 0.50% y 0.75%, desarrollando una mezcla homogénea con las partículas de suelo. Como metodología se empleó el diseño experimental. De acuerdo a sus resultados obtenidos los suelos estudiados poseían un contenido de humedad de 58.30%, 38.52% y 53.27% respectivamente, mientras que los datos de densidad seca máxima mostraron un incremento de 1.336 g/cm3 a 1.505 g/cm3, 1.368 g/cm3 y 1.413 g/cm3 para las adiciones de 0.25%, 0.50% y 0.75% de fibras de pseudotallo de plátano respectivamente, asimismo los valores de óptimo contenido de agua disminuyeron a 26%, 28.02% y 28.5%. Llegando a la conclusión de que a medida que se incrementaba la densidad del suelo estabilizado lo valores de contenido de humedad decrecían.

Machco (2019) en su tesis de pregrado denominado “Aplicación de cal para mejorar la estabilidad de subrasante en la Calle Luna Pizarro A. H. Cueva de los Tallos, Ventanilla, 2019”. Tuvo como objetivo perfeccionar las capacidades mecánicas del suelo de subrasante. Tomando en cuenta las teorías sobre la consolidación de suelos con la adición de cal. La metodología fue de tipo aplicativo y diseño cuasi-experimental, su población estuvo compuesta por los suelos de zona, de donde se extrajeron muestra de suelo de tres sondeos. Los resultados denotaron que con la aplicación de cal en porcentajes de 12%, 14% y 16% los resultados fueron de 1.964 g/cm^3, 2.005 g/cm^3 y 2.043 g/cm^3 respectivamente, mientras que los resultados de CBR al 95% de la máxima densidad seca fueron de 10.90%, 15.20% y 16.10% respectivamente. Concluyendo que la adición de cal que tuvo mejor comportamiento fue la adición de 16% de cal debido a que incrementó la capacidad de soporte de 9.60% a 16.10%.

Teorías relacionadas al tema

Para un mejor entendimiento y comprensión del presente estudio se tomaron en cuenta las siguientes fundamentaciones teóricas:

Bases teóricas

Teoría de formación de suelos

De acuerdo a Hans (1996, p. 14) el cambio de la roca en suelo se denomina formación de suelo. La roca puede ser gneis, piedra caliza, esquisto, arena, loess, turba, etc. Para evitar una interpretación demasiado liberal del término "roca", los edafólogos prefieren utilizar la expresión material "primario" o material del "suelo". La relación entre el material original, la formación del suelo y el suelo puede expresarse convenientemente como sigue:

Material primario (Roca) ⟶ Suelo
Formación del suelo

La expresión anterior añade una nueva variable o factor en nuestra discusión, a saber, el tiempo. Los estados del sistema del suelo cambian con el pasar de los años, por lo que, no son estables. Supongamos que consideramos unas partículas de granito que se traslada a la superficie de la tierra. En la parte interior del planeta, el granito pudo haberse encontrado en equilibrio con su entorno inmediato; pero ahora, en la superficie de la tierra, se encuentra en un entorno completamente nuevo, y el sistema rocoso es muy inestable. Cambia continuamente sus propiedades en una dirección definida, es decir, hacia un nuevo estado de equilibrio. Cuando se ha alcanzado el estado de equilibrio final, el proceso de transformación, de formación del suelo, se ha completado y la roca se ha convertido en un suelo maduro. Es costumbre designar los estados inestables intermedios como suelos inmaduros (Hans, 1996, p. 15).

Material primario (Roca)	⟶	Suelo
Estado inicial del sistema	Estado intermedio	Estado final del sistema

En esta formulación, el suelo se trata como un sistema dinámico. Se pone énfasis en las variaciones de las características del suelo en función del tiempo. Puede ser bueno señalar que el concepto anterior de formación del suelo es más amplio que el de cierto grupo de científicos del suelo que distinguen claramente entre la meteorización y la formación del suelo. Se dice que el primer proceso es geológico y destructivo, mientras que el segundo es pedológico y creativo (Hans, 1996, p. 15).

Teoría de la consolidación de suelos

La teoría de consolidación unidimensional fue desarrollada por Terzaghi en 1943 en el que se modeló el suelo saturado que consiste en sólidos del suelo y agua como un recipiente cilíndrico (presión intersticial) con una serie de pistones separados por resortes (sólidos del suelo). Los manantiales y el agua circundante representan el suelo saturado. En esta disposición, la compresión es unidimensional y el flujo será en dirección vertical. Terzaghi asume que las partículas de suelo están más o menos unidas por ciertas fuerzas moleculares que constituyen un material poroso con propiedades elásticas. Si se aplica una carga sobre este suelo, se producirá un asentamiento basado en la velocidad a la que se exprime el agua de los vacíos. Este concepto se ha aplicado para analizar el asentamiento de una columna de suelo bajo una carga constante que restringe la expansión lateral de la columna. Pero la teoría de Terzaghi es un problema unidimensional de una columna bajo una carga constante, que luego se extendió a tres dimensiones y también se estableció para cualquier variable de carga arbitraria con el tiempo. En la teoría de Terzaghi, se supone que el suelo está confinado lateralmente y que las deformaciones se dan solo en direcciones verticales. Mientras que en los problemas reales, las cargas superficiales provocan presiones intersticiales excesivas tanto en dirección vertical como horizontal. Esto implica deformaciones tanto horizontales como verticales y se denomina consolidación tridimensional. El estudio de Blot desarrolló una teoría más general para las consolidaciones tridimensionales que acoplan la deformación del suelo y la presión intersticial. Se aplica una herramienta matemática conocida como cálculo operativo para el cálculo del asentamiento que no requiere ninguna distribución de tensión o presión intersticial dentro del suelo. Esto simplifica la solución de problemas bidimensionales y tridimensionales más complejos (Radhika, Krishnamoorthy y Rao, 2020, pp. 1-2).

Marco conceptual

Cal

Es el producto químico más antiguo utilizado para la estabilización de suelos, es económica y mejora las propiedades de ingeniería del suelo. La cal hidratada con alto contenido de calcio, la cal de calcita, la cal dolomítica monohidratada y la cal viva dolomítica son los tipos de cal que se utilizan típicamente para la estabilización del suelo. Generalmente, las tasas de aplicación de 1 a 3 % (por peso) de cal pueden secar suelos húmedos y º, y las aplicaciones de 3 a 5 % de cal pueden aumentar la capacidad de carga del suelo y la resistencia al corte. Sin embargo, la cantidad óptima de cal depende de las propiedades del suelo específicas del sitio y de la cal, las propiedades físicas de la cal se detallan en la tabla 1. Los impactos secundarios de las adiciones de cal a los suelos arcillosos son un cambio en la capacidad de intercambio catiónico, la floculación, la carbonatación y las reacciones puzolánicas. El límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad se han utilizado ampliamente para definir el comportamiento de plasticidad de los suelos de textura arcillosa (Keybondori y Abdi, 2021, p. 1).

Tabla 1. *Propiedades físicas de la cal*

Propiedades	**Valor**
Gravedad específica	3.1 g/cm^3
Punto de fusión	2570ºC
Punto de ebullición	2850ºC
Ph	12.5

Nota. Adaptado de Dhar y Hussain (2019, p. 3)

La lana

La lana grasosa se considera actualmente un desecho especial por su alta carga bacteriana, con altos costos de eliminación para los criadores de ovejas. Por este motivo, la lana suele ser quemada o enterrada, con graves consecuencias para el medio ambiente. Por otro lado, la lana de oveja está bien considerada como una de las fibras naturales aislantes de mayor rendimiento debido a sus propiedades termo higrométricas y acústicas. En el sector de la construcción, la lana de oveja cumple con los requisitos de los componentes de construcción ecológica porque es un material ecológico, hay un excedente, es renovable anualmente y totalmente

reciclable. Si se usa en lugar de los materiales aislantes comunes (fibra de vidrio, lana de roca, espuma de poliuretano, poliestireno), la lana ofrece beneficios significativos para la sostenibilidad, como una reducción en los costos de producción de nuevos materiales aislantes y en la contaminación ambiental, el tamaño de estas fibras se puede apreciar en la figura 1 (Parlato y Porto, 2020, p. 1).

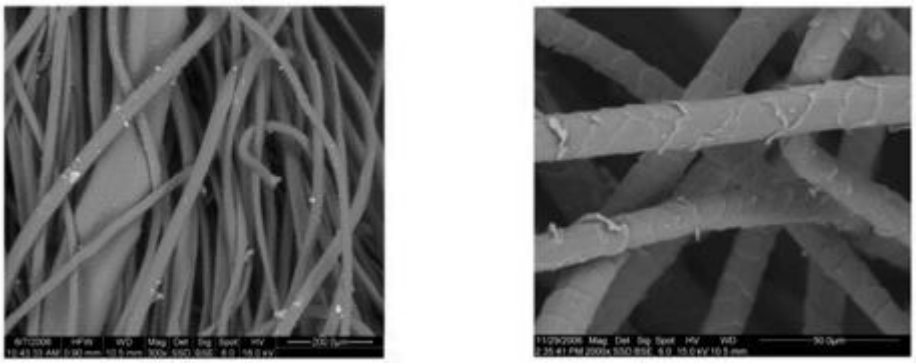


Figura 1. Detalles de microscopio electrónico de fibras de lana
Fuente: Parlato y Porto (2020, p. 5).

La transitabilidad vehicular

En las carreteras se encuentran entre los bienes públicos más importantes en muchos países. Las mejoras viales traen beneficios inmediatos ya veces dramáticos a los usuarios de las carreteras a través de un mejor acceso a hospitales, escuelas y mercados; mayor comodidad, velocidad y seguridad; y menores costos de operación del vehículo. Para que estos beneficios se mantengan, las mejoras viales deben ir seguidas de un programa de mantenimiento bien planificado. Sin un mantenimiento regular, las carreteras pueden deteriorarse rápidamente, lo que impide la realización de los impactos a largo plazo de las mejoras viales en el desarrollo, como el aumento de la producción agrícola y el aumento de la matrícula escolar (Burningham y Stankevich, 2015, p. 1).

Suelo

La mecánica de suelos se encarga del estudio del movimiento y equilibrio de las partículas de suelo; el suelo se conceptualiza como el material producto de la erosión de las capas de la corteza terrestre, el material de donde se origina el suelo se conoce como roca, y la disciplina que lo estudia se conoce como mecánica de

rocas, lo que distingue al suelo de la roca, es que la trabajabilidad de suelos es mucho más sencilla que la de la roca, por ejemplo para la excavación de una zanja solo se necesita materiales e instrumentos simples, para la desintegración natural del macizo rocoso es necesaria del sol, lluvia, heladas, vientos que afectan a las rocas (Schoonover y Crim, 2015).

Las piedras gruesas que se crean en las zonas montañosas se transportan río abajo por gravedad, a menudo junto con el agua de los ríos. Por fricción interna, las piedras se reducen gradualmente de tamaño, de modo que el material se vuelve gradualmente más fino: grava, arena y, finalmente, limo. En los ríos que fluyen, el material puede depositarse, el material más grueso a altas velocidades, pero el material más fino solo a velocidades muy pequeñas. Esto significa que se encontrará grava en los tramos superiores del lecho de un río y material más fino, como arena y limo, en los tramos inferiores (Patel et al., 2015).

Clasificación de suelos

Los suelos se suelen clasificar en varios tipos. En muchos casos, estos diversos tipos también tienen diferentes propiedades mecánicas. Una simple subdivisión de los suelos se basa en el tamaño de grano de las partículas que constituyen el suelo. El material granular grueso a menudo se denomina grava y el material más fino como arena. Para tener una terminología uniformemente aplicable, se ha acordado internacionalmente considerar como grava las partículas mayores de 2 mm, pero menores de 63 mm. Las partículas más grandes se denominan piedras. La arena es el material formado por partículas menores de 2 mm, pero mayores de 0,063 mm. Las partículas menores de 0,063 mm y mayores de 0,002 mm se denominan limo (Kareem et al., 2019).

Límites de consistencia

Entre algunas otras pruebas, la evaluación de los límites de Atterberg es una prueba mecánica del suelo muy básica que permite una primera visión de la reactividad química de las arcillas. En resumen el límite líquido y la plasticidad de los suelos está sumamente influenciada por la composición de los minera des de arcilla y su comportamiento frente a la presencia de humedad. En esta contribución se propone una correlación entre los límites de Atterberg y la mineralogía de las

arcillas. Esta correlación aumenta la comprensión entre los mineralogistas de arcillas y los ingenieros en mecánica de suelos; Además, ahora se encuentra disponible una gran cantidad de información en la literatura de mineralogía de arcillas para predecir el comportamiento mecánico de las arcillas a través de pruebas de índice (Deng et al., 2019, p. 20). La consistencia del agua esta sumamente relacionada con la cantidad de agua que presentan principalmente los suelos finos (Talukdar, 2014).

El límite líquido fue descrito por primera vez por Atterberg, quien afirmó que el límite líquido representaba el estado en el que dos pequeños trozos de arcilla colocados en un cuenco ya no fluían juntos cuando el cuenco se golpeaba violenta y repetidamente en la mano. Este método de medición del límite líquido del suelo fue perfeccionado por Casagrande, quien estandarizó la prueba para que diera resultados repetibles y en el proceso desarrolló el aparato y los procedimientos de prueba de límite líquido actualmente definidos en ASTM D4318-10 y AASHTO T89-07 (Murty, Siva y Venkata, 2016, p. 572).

El límite plástico representa el contenido de agua en el que un suelo deja de ser plástico, el término 'plástico' significa simplemente la capacidad del suelo para enrollarse en hilos con un cierto diámetro “estándar”. Este diámetro estándar determinado simplemente define un hilo delgado, siendo el límite plástico el contenido de agua en la transición dúctil-frágil (Sivakumar et al., 2015).

Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es el índice fundamental de un suelo en el sentido de que se utiliza en la clasificación de suelos de grano fino a través de la tabla de plasticidad. La importancia del gráfico de plasticidad radica en que identifica la plasticidad como una propiedad bidimensional. La tabla de plasticidad se usa ampliamente para diferenciar entre arcillas y limos y para subagruparlos según el grado de su compresibilidad (Pandey y Rabbani, 2017).

Granulometría

Clásicamente, el tamaño de grano de las muestras de suelo y sedimento se determina por el método del tamiz para las fracciones gruesas y por el método de la pipeta, basado en las tasas de sedimentación de "Stokes", para las fracciones

finas. Los resultados de los dos métodos se comparan con los resultados del análisis de tamaño de difracción láser, que se basa en la dispersión frontal de luz coherente monocromática. Desde el punto de vista de la eficiencia del laboratorio, la técnica de dimensionamiento por láser es muy superior (Konert y Vandherverge, 1997, p. 523). La precisión y la reproducibilidad se muestran mediante mediciones en materiales certificados, para el ensayo granulométrico se emplean tamices con aberturas de diferentes tamaños tal como se describe en la tabla 2.

Tabla 2. *Tamaño de partículas de suelo*

Suelo	**Tamaño de partículas**
Grava	Mayor a 4.75mm
Arena gruesa	De 4.75mm a 2.00mm
Arena mediana	De 2.0mm
Arena fina	De 0.425mm a 0.075mm
Limo	De 0.075mm a 0.005mm
Arcilla	Menor a 0.005mm

Nota. Obtenido de Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013, p. 31

Compactación

Para evaluar la cantidad de compactación y el contenido de agua requerido en el campo, se realizan pruebas de compactación en los mismos suelos en el laboratorio. La compactación de suelos es un proceso mecánico por el cual las partículas del suelo se ven obligadas a compactarse más estrechamente entre sí mediante la reducción de los vacíos de aire. La compactación del suelo provoca una disminución de los vacíos de aire y, en consecuencia, un aumento de la densidad seca. Esto puede resultar en un aumento de la resistencia al corte. La posibilidad de futuros asentamientos o compresibilidad disminuye y también disminuye la tendencia a cambios posteriores en el contenido de humedad. El grado de compactación generalmente se mide cuantitativamente por densidad seca (Kodikara, Islam y Sounthararajah, 2018).

Capacidad de soporte

La prueba de relación de carga de California (CBR) es un test que mide la resistencia mecánica a compresión que compara la capacidad de soporte con un material patrón de piedra triturada bien graduada. Fue desarrollado por la División

de Carreteras de California alrededor de 1930 y posteriormente fue adoptado. El lote de suelo se mezcla con un contenido de humedad óptimo. El disco espaciador se coloca en el fondo del molde y un papel de filtro encima. La muestra de suelo procesada se compacta mediante compactación estática. Se quita el collar y el exceso de tierra en la parte superior de la capa se elimina con una regla. Para la prueba empapada, el papel de filtro se coloca en la placa base y el molde se voltea. El remojo se realiza durante 4 días (96 horas). La prueba consiste en un émbolo cilíndrico de 50 mm de diámetro para penetrar un material componente del pavimento a 1.25 mm/minuto como se observa en la figura 2 (Paudel, Prasad y Bahadur, 2019).

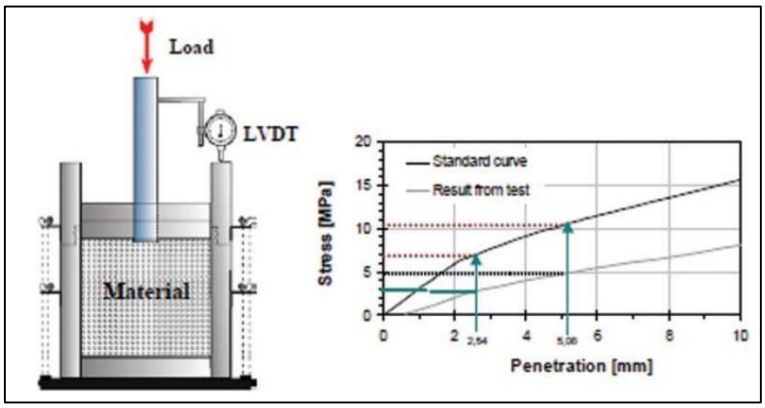


Figura 2. Equipo para el ensayo de CBR

Fuente: Yideti, Birgisson y Jelagin (2014, p. 103).

Suelo de subrasante

La subrasante es en realidad uno de los factores más importantes en el desempeño del pavimento. Con el fin de obtener la mejor compactación posible de la subrasante es uno de los principales requisitos a cumplir durante la construcción para maximizar la longevidad de la carretera y minimizar el espesor de pavimento requerido. Sin embargo, debido a la variación de los suelos utilizados para la subrasante y los desafíos que implica medir las características de estos suelos, la calidad de la compactación de la subrasante a veces no es óptima. La clave es asegurarse de que los valores de compactación de campo se acerquen lo más posible a los valores de laboratorio para que se pueda lograr la compactación óptima (Mainak y Priyanka, 2020).

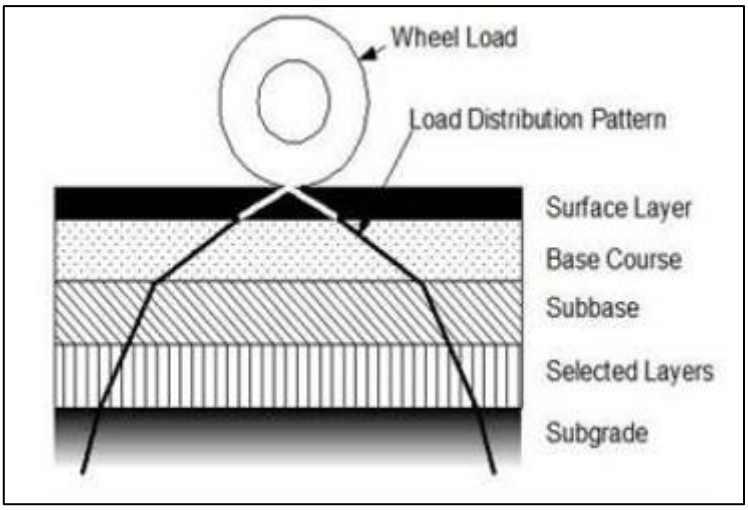


Figura 3. Transmisión de cargas en un pavimento.
Fuente: Ola y Goyal (2016, p. 147).

Estabilización de subrasante

Los pavimentos generalmente se diseñan en base a la suposición de que se lograrán niveles específicos de calidad para cada capa de suelo en el sistema de pavimento. Cada capa debe resistir el corte dentro de la capa, evitar deformaciones elásticas excesivas que resultarían en agrietamiento por fatiga dentro de la capa o en las capas superiores, y evitar una deformación permanente excesiva a través de la densificación. Cuando la calidad de una capa de suelo aumenta, su capacidad para distribuir la carga sobre un área mayor generalmente aumenta lo suficiente como para permitir una reducción en el espesor requerido de las capas superficiales y del suelo. Generalmente, las mejoras en la calidad del suelo a mediante el mejoramiento que toma en cuenta una buena gradación de las partículas de suelo, un decrecimiento de la plasticidad y la expansión y el hinchamiento, asimismo el incremento de la durabilidad. La resistencia a la tracción y la rigidez de una capa de suelo se pueden perfeccionar a través del uso de aditivos y, por lo tanto, permitir un decrecimiento del espesor del suelo estabilizado y las capas superiores dentro del sistema de pavimento (Afrin, 2017, p. 20).

Estabilización química

La estabilización química de los suelos problemáticos (suelos blandos de grano fino y expansivos) es muy importante para muchas de las aplicaciones de ingeniería geotécnica, como estructuras de pavimento, carreteras, cimientos de edificios,

revestimiento de canales y embalses, sistemas de riego, líneas de agua y alcantarillado. para evitar el daño debido al asentamiento del suelo blando o a la acción de hinchamiento (levantamiento) de los suelos expansivos (Murty, Siva y Venkata, 2016, p. 569). En la figura 4 se aprecia la estabilización química con cal.

Figura 4. Estabilización de subrasante con cal
Fuente: Manzoor y Yousuf (2020, p. 1546).

Estabilización mecánica

Se desarrolla a través de la densificación de los suelos como se aprecia en la figura 5, la estabilización mecánica incluye la compactación y el refuerzo fibroso y otros no biodegradables de geomateriales para mejorar la resistencia. Al aplicar estas técnicas, es necesario garantizar las propiedades de los geomateriales estabilizados y sus mezclas según corresponda para su uso en el diseño de cimientos, terraplenes, arcenes, subrasantes, bases y cursos de superficie (Higuera, Gómez y Pardo, 2012, p. 24).

Figura 5. Estabilización mecánica
Fuente: Ling et al. (2018, p. 2)

Estabilización física

La estabilización física de las partículas del suelo utilizando agentes aglutinantes como productos derivados del petróleo, resinas de árboles y polímeros debería actuar en una variedad más amplia de suelos. Los mecanismos fisicoquímicos pueden ocurrir con los lignosulfonatos, sales y polímeros, dependiendo de los componentes químicos presentes en algunos polímeros. A menudo, muchos de estos productos contienen tensioactivos para mejorar la humectación de las partículas del suelo, lo que altera la carga superficial de las partículas del suelo y afecta la tensión superficial del fluido de los poros. Los surfactantes también pueden participar en reacciones de intercambio iónico (Higuera, Gómez y Pardo, 2012, p. 24).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Método de investigación

De acuerdo a Bernal (2010, p. 60) el método hipotético deductivo hace referencia a los procedimientos que inician con afirmaciones en calidad de hipótesis, con lo que se busca dar validez o rechazar la hipótesis, se denomina también deductivo porque se deduce de la validez o rechazo de las hipótesis, las conclusiones que se deben contrastar con los hechos.

Para la presente investigación se hizo uso del método hipotético deductivo, hipotético debido a que se formularon hipótesis de cómo influye el uso de cal y lana de alpaca sobre la estabilidad del suelo para el mejoramiento de la transitabilidad, y luego fueron contrastados y deductivo debido a que con los resultados obtenidos se dio respuesta a los problemas formulados.

Tipo de investigación

Lozada (2016, p. 35) indica que las investigaciones aplicadas se basan en la solución de problemas en una situación determinada, para lo cual se hace usos de saberes, desde diversos campos de estudio, con la finalidad de añadir de manera práctica para la satisfacción de necesidades específicas, brindando una solución a problemáticas de diversos sectores (p. 144).

El tipo de investigación de este estudio es aplicada, ya que para este estudio se desarrolló la aplicación de saberes para la obtención de nuevos conocimientos acerca del empleo de cal y lana de alpaca para el mejorar la transitabilidad vehicular mediante la estabilización de suelos.

Diseño de investigación

Según Sánchez, Reyes y Mejía (2018, p. 55) los estudios con un diseño cuasi-experimental poseen la misma finalidad que los estudios experimentales, el de determinar la relación de causalidad de una o más variables, cuando la elección de la muestra es aleatoria es dificultosa los cuasi-experimentos; los estudios cuasi-experimentales no se rigen por leyes del azar.

Este estudio es de diseño cuasi-experimental, debido a que se manipuló la variable cal más lana de alpaca en proporciones de 4% de cal +0.10% de lana de alpaca, 4% de cal + 0.25% de lana de alpaca y 4% de cal + 0.50% de lana de alpaca, en relación peso del suelo, sobre el suelo para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular el cual no fue escogido de una manera aleatoria.

$$GE_3 \rightarrow X_3 \rightarrow O_4$$

$$GE_2 \rightarrow X_2 \rightarrow O_3$$

$$GE_1 \rightarrow X_1 \rightarrow O_2$$

$$GC \quad -- \quad \rightarrow O_1$$

Donde:

GE: Grupo experimental

GC: Grupo control o patrón

X_1 : Adición 4% de cal +0.10% de lana de alpaca.

X_2 : Adición 4% de cal +0.25% de lana de alpaca.

X_3 : Adición 4% de cal +0.50% de lana de alpaca.

O_1, O_2, O_3 y O_4: Medición de indicadores de la variable transitabilidad vehicular

Enfoque de investigación

El estudio de Arias (2012, p. 104), indica que los estudios con un enfoque cuantitativo poseen un método de obtención de datos en contextos generalmente experimentales y científicos, y de acuerdo a los valores obtenidos se pueden contrastar las hipótesis planteadas en la investigación.

En este estudio el enfoque dado para esta investigación es cuantitativo, ya que las variables a estudiar poseen una unidad de medición que permite su medición, asimismo se realizó una prueba estadística paramétrica para determinar si el empleo de cal + lana de alpaca influye sobre los indicadores de la transitabilidad vehicular.

Nivel de investigación

De acuerdo al estudio de Ñaupas et al. (2018, p. 135) señalan que la principal característica de este nivel de estudio es la contrastación de las hipótesis que expliquen las relaciones causales de las dimensiones de las variables, es decir explican la causa de los hechos.

El nivel con el que cuenta este estudio es explicativo, debido a que se hizo el análisis de la relación causa efecto y se explicó cómo influye la adición de cal y lana de alpaca sobre la estabilización de suelos para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Mezcla de cal y lana de alpaca

a) **Definición Conceptual:** La cantidad óptima de cal depende de las propiedades del suelo específicas del sitio y de la cal. Los impactos secundarios de las adiciones de cal a los suelos arcillosos son un cambio en la capacidad de intercambio catiónico, la floculación, la carbonatación y las reacciones puzolánicas (Keybondori y Abdi, 2021, p. 1), por su parte en el sector de la construcción, la lana cumple con los requisitos de los componentes de construcción ecológica porque es un material ecológico, hay un excedente, es renovable anualmente y totalmente reciclable (Parlato y Porto, 2020, p. 1).

b) **Definición Operacional:** La lana necesita de un procedimiento para previo antes de su mezclado con la cal y el suelo, por lo que previamente se requiere conocer o tomar en cuenta algunas características de tamaño como su espesor, largo y color y con los resultados de sus propiedades como la densidad se puede establecer la cantidad a añadir para la estabilización de suelos y mejorar la transitabilidad vehicular.

c) **Dimensiones:** Porcentaje en peso de la cal y de la lana de alpaca.

d) **Indicadores:** Adición en 4%cal+0.10%LA, 4%cal+0.25%LA y 4%cal+0.50%LA en relación al peso del suelo.

e) **Instrumento:** Ficha de observación de ensayos de laboratorio.

f) **Escala de Medición:** Razón

Variable dependiente: Transitabilidad vehicular

a) **Definición Conceptual:** La transitabilidad vehicular trae beneficios inmediatos ya veces dramáticos a los usuarios de las carreteras a través de un mejor acceso a hospitales, escuelas y mercados; mayor comodidad, velocidad y seguridad; y menores costos de operación del vehículo. Para que estos beneficios se mantengan, las mejoras viales deben ir seguidas de un programa de mantenimiento bien planificado (Burningham y Stankevich, 2015, p. 1).

b) **Definición Operacional:** Para mantener la transitabilidad vehicular en importante realizar el perfeccionamiento de las capacidades del suelo, a traves de la estabilización de subrasante que se con la adición de múltiples aditivos estabilizantes, para perfeccionar sus propiedades físicas y mecánicas, las cuales pueden ser cuantificadas mediante la realización de ensayos de laboratorio como el test granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado y el valor de soporte California.

c) **Dimensiones:** Índice de plasticidad, densidad máxima seca y valor de soporte California.

d) **Indicadores:** Límite líquido, límite plástico, peso unitario máximo, contenido de humedad óptima, CBR al 95% de la MDS.

e) **Instrumento:** Fichas de observación de los ensayos de laboratorio

f) **Escala de Medición:** Razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

De acuerdo con Tamayo (2002, p. 114), la población es definida como el conjunto global y general donde se ha realizado el estudio.

En este estudio investigación la población está constituida por el total de los suelos presentes en el centro poblado de Salcedo.

Criterios de inclusión

De acuerdo a lo indicado por Vara (2012, p. 55) los criterios de inclusión hace alusión a los parámetros que limitan la cantidad de población o muestra, tomando en cuenta criterios de demarcación de la muestra por homogeneidad o simplemente por conveniencia.

En este estudio se incluirá al suelo de la principal vía del Centro Poblado de Salcedo.

Criterios de exclusión

De acuerdo a lo indicado por Vara (2012, p. 55) los criterios de exclusión hace alusión a los parámetros que limitan la cantidad de población o muestra, donde se excluye alguna cantidad de población o muestra en cuenta criterios de demarcación de la muestra por homogeneidad o simplemente por conveniencia.

En este estudio se excluyó los suelos que no se encuentren dentro del ámbito de jurisdicción del Centro Poblado de Salcedo.

Muestra

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 32), se conoce como muestra a la fracción más resumida de la población, la cual se escoge debido a que se le considera como representativa de la población.

Para el presente proyecto de investigación se tomó como muestra la Av. Industrial, que es una de las principales vías del Centro Poblado de Salcedo, lugar donde se realizó la excavación de 03 calicatas para la extracción de las muestras.

Muestreo

De acuerdo con los autores Otzen y Manterola (2017), los muestreos por conveniencia se dan debido a la no homogeneidad de las muestras, o por simplemente la cercanía o facilidad de la muestra de estudio, donde para su selección no intervino el azar o la aleatoriedad..

Para este estudio la técnica de muestreo usado fue el no probabilístico por conveniencia, debido a que la muestra fue escogida según el criterio y a conveniencia del investigador.

Unidad de análisis

Según Picón y Melian (2014), define que la unidad de análisis hace referencia a la composición categórica a través de la cual sea posible dar respuesta a la problemática planteadas en el estudio.

Para esta investigación la unidad de análisis está conformada por las muestras de suelo extraída de las tres calicatas en la Av. Industrial.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que se utilizan para la recolección de datos hace referencia a los procedimientos y acciones al realizador del estudio a conseguir los datos que se necesitarán para dar respuesta a la problemática (Luz, Mendoza y Avila, 2020, p. 52).

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se empleó la técnica de observación directa, debido a que se visualizó el comportamiento de las propiedades de la subrasante con la adición de una mezcla de lana y alpaca para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular, así como las características de tamaño de las lanas de alpaca.

Instrumentos de recolección de datos

Hace referencia a los procedimientos y junto con las acciones que facultan al investigador al conseguimiento de valores y datos útiles para dar respuesta a los problemas planteados de la investigación (Luz, Mendoza y Avila, 2020, p. 52).

Para este estudio se emplearon los formatos de ensayos de laboratorio, con los cuales se identificaron los datos de capacidad de soporte, densidad seca máxima e índice de plasticidad, los cuales se ciñeron a la normativa vigente respetando lo estipulado por el Manual de ensayos de materiales del ASTM y MTC.

Validez y confiabilidad

Validez

Es el procedimiento a través del cual el investigador que desarrolló o desea hacer uso de los instrumentos percibe criterios y opiniones para el análisis de sus inferencias, el proceso de validación necesita de una evaluación experimental con el objetivo de la recaudación de datos (Villasís et al., 2018).

Los instrumentos que se utilizaron para la elaboración de este estudio fueron validados mediante el análisis y el juicio de tres expertos, el cual fue anexado dentro del capítulo denominado “Anexos”.

Tabla 3. *Magnitudes y rango de la validez*

Rango	Confiabilidad
0 a 0.5	Inaceptable
0.5 a 0.6	Pobre
0.6 a 0.7	Débil
0.7 a 0.8	Aceptable
0.8 a 0.9	Bueno
0.9 a 1.0	Excelente

Nota: Tomado de Santos (2017)

Confiabilidad

La confiabilidad se conceptualiza como la confianza que brinda un instrumento del estudio, es decir que a pesar de la cantidad de usos que se le da sigue brindando los mismos resultados (Santos, 2017, p. 13).

Para la medición de la confiabilidad de los instrumentos se realizó el alpha de Cronbach el cual se detalla en la tabla 4.

Tabla 4. *Datos de confiabilidad obtenidos*

Objetos	Ítems								Suma
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	5	5	5	4	5	5	5	4	38
2	4	5	4	5	4	4	4	4	34
3	3	4	5	4	3	3	4	3	29
Varianza	0.667	0.222	0.222	0.667	0.667	0.667	0.222	0.222	
∑Varianzas	3.111111111								
Varianza ∑ ítems	13.55555556								

$$\alpha = \frac{K}{K-1}\left[1 - \frac{\sum S_1^2}{S_T^2}\right]$$

Donde:

K : Cantidad de ítems

$\sum S_1^2$: Sumatoria de varianzas individuales

S_T^2 : Varianza total

α : Coeficiente de Alpha de Cronbach

Operando los datos se obtiene:

K = 8

$\sum S_1^2$ = 3.111111111

S_T^2 = 13.56666666

α = 0.880562

De acuerdo al valor de alfa conseguido (α= 0.880562) los valores empleados para el presente estudio son “buenos” tal como se detalla en la tabla 3, de acuerdo a los rangos de confiabilidad del coeficiente de Cronbach.

3.5. Procedimientos

En esta parte de la tesis se encuentran detallados todos los procedimientos que se desarrollaron para el cumplimiento de los objetivos propuestos, el cual estuvo compuesto por dos etapas, los que se describen a continuación.

Etapa de campo:

En esta primera etapa, se realizó la visita a la vía que fue estudiada, en el cual la muestra estuvo conformada por un total de 3000m^2 de la Av. Industrial del Centro Poblado de Salcedo el cual se aprecia en la figura 6.

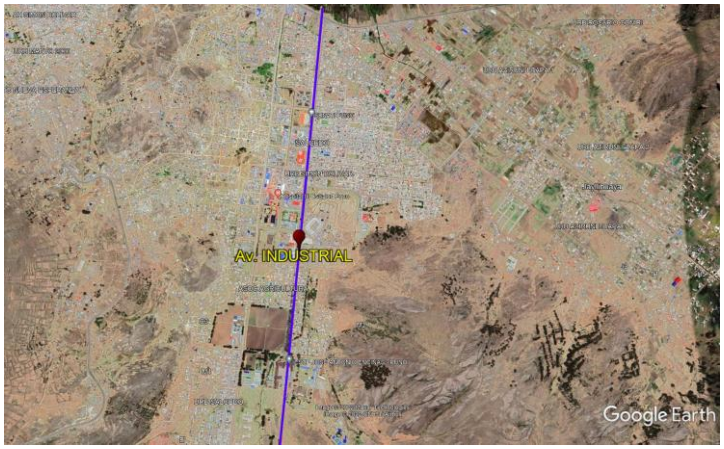


Figura 6. Vista satelital de la Av. Industrial
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se elaboraron 3 calicatas de una profundidad de 1.50m, de donde se consiguieron el material de suelo, como se observa en la figura 7, una vez que se consiguió el material este fue adecuadamente almacenado y etiquetado, para su traslado hacia el laboratorio de mecánica de suelos, establecimiento donde efectuaron los diversos análisis y comportamiento de los suelos.

Figura 7. Excavación de calicatas en la Av. Industrial
Fuente: Elaboración propia

Para la recolección de lana de alpaca se realizó la visita a criaderos de alpaca en la Comunidad campesina de Isancuyo de donde se recolectó la lana desechada o no aprovechada por los pobladores, se tomó en cuenta el color, si presentaban material contaminante, y la antigüedad de los mismos.

Etapa de laboratorio:

Una vez que se tuvieron los materiales de suelo cal y lana de alpaca necesarios como se observa en la figura 8 se procedió a desarrollar los ensayos de mecánica de suelos para su debida caracterización (Granulometría, Limites de Atterberg, Proctor Modificado y California Bearing Ratio), a la muestra de suelo con y sin incorporación de cal y lana de alpaca para responder a todos los objetivos planteados.

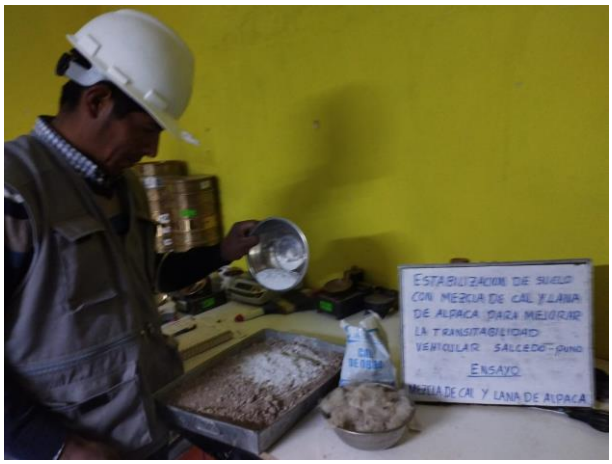


Figura 8. Mezclas de cal, lana de alpaca y suelo de estudio
Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de granulometría en primer lugar se cuarteó la muestra de suelo, posteriormente se realizó el lavado de las partículas de suelo a través del tamiz Nº 200, una vez desarrollado el lavado, la muestra fue secada en el horno a una temperatura de 110ºC, una vez seco se realizó el tamizado desde el tamiz más grande hacia el más pequeño, mediante movimientos circulares, una vez culminado se desarrolló el pesado del suelo retenido en cada una de las mallas como se ve en la figura 9.

Figura 9. Tamices usados para el ensayo de granulometría.
Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de límites de consistencia, se empezó realizado el ensayo de límite líquido para el cual se usó la cuchara de Casagrande y el método del multipunto, primeramente se humedeció la muestra con agua destilada, posterior a esto con la espátula se colocó el suelo humedecido sobre la cuchara de Casagrande y con la ayuda de un acanalador se procedió a dividir la muestra por la mitad, se procedió con la ayuda del pedal a golpear la taza sobre la base a una velocidad aproximada de 2.1 golpes por segundo como se ve en la figura 10, este procedimiento se repitió hasta conseguir que la abertura se cierre entre 25 a 35, 20 a 30 y 15 a 25 golpes.

Figura 10. Ensayo de límite líquido.
Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de límite plástico se tomó el suelo sobrante del ensayo de límite líquido, con el cual se formó una esfera de barro, el cual cuando cayó sobre la base no se desmoronó, con este suelo se elaboraron bastoncitos de 3mm de espesor hasta que presentaron fisuras transversales como se visualiza en la figura 11, fueron trasladados hacia el horno y posteriormente se calculó el contenido de humedad.

Figura 11. Ensayo de límite plástico

Fuente: Elaboración propia

Mientras que para el ensayo de Proctor modificado, con los datos de granulometría se elegirá el método a usar, se tomará 2500 gramos de suelo los cuales fueron humedecidos con agua destilada en diferentes porcentajes separados por un intervalo de 2%, se separó la mezcla en 5 proporciones iguales y fueron colocados sobre el molde de Proctor en 5 capas y compactadas con 56 golpes cada capa como se ve en la figura 12, posteriormente se quitó el collarín del molde y se enrazó, se pesó en la balanza electrónica y se extrajo una muestra de la parte media del molde para hallar el contenido de humedad.

Figura 12. Ensayo de Proctor modificado

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber realizado el ensayo de compactación, se desarrolló en ensayo de valor de soporte California, para el cual se seleccionó la muestra de suelo pasante del tamiz de abertura de ¾”, posterior de seleccionada la muestra se añadió la cantidad de agua adecuada obtenida con el ensayo de Proctor modificado, una vez húmeda la muestra fue batida y separada en cinco partes, y posteriormente se colocó las proporciones de suelo en los moldes compactados con 12, 25 y 56

golpes, una vez compactadas se sacó el collarín del molde y se procedió a enrazar, luego de enrazada se colocó los papeles filtrantes y se añadieron las pesas en forma de disco.

Posteriormente se saturaron las muestras por un periodo de 96 horas, pero previamente se colocó un dial para la medición de la expansión del suelo, luego de transcurrido los cuatro días, se quitaron los diales y se dejó escurrir el agua durante quince minutos, y luego fueron puestos en la prensa CBR donde se aplicaron cargas a una velocidad aproximada de 1.27mm/min como se detalla en la figura 13.

Figura 13. Ensayo de Californian Bearing Ratio
Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

El método de análisis que se usó para el presente estudio es el estadístico inferencial, para lo cual en primer lugar se determinó si los datos del grupo patrón y los grupos experimentales poseen una distribución normal y homocedasticidad, si se cumplen estos criterios se realizó la prueba paramétrica análisis de varianza o también conocida como ANOVA debido a la existencia de un grupo control y tres experimentales.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó cumpliendo y respetando el código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo aprobado mediante la resolución de Consejo Universitario Nº 0126-2017/UCV, se cumplieron todos los lineamientos establecidos como la honestidad, búsqueda del bienestar, justicia, rigor científico,

competitividad profesional y científico, asimismo fue sometido al software antiplagio Turnitin y todos los autores fueron citados adecuadamente según la norma ISO-690. Asimismo, los datos fueron obtenidos en un laboratorio serio y no fueron manipulados para la debida validez de los resultados.

IV. RESULTADOS

Para el cumplimiento de los objetivos planteados para el presente estudio se desarrollaron trabajos de ensayos de laboratorio como límite plástico, límite líquido, granulometría, Proctor modificado y Californian Bearing Ratio, tanto para la muestra de suelo natural como para las dosificaciones en las que se añadió la cal y la lana de alpaca, asimismo se desarrolló trabajo de gabinete, los cuales se detallan a continuación.

Características físicas del suelo natural

En la tabla 5 se detallan los parámetros físicos caracterizados para las muestras de suelo obtenido de las tres calicatas, donde se aprecia que el suelo de subrasante de la Av. Industrial del centro poblado de Salcedo es una CL, categorizada de acuerdo a la clasificación SUCS como una arcilla de alta plasticidad.

Tabla 5*. Características de las muestras de suelo*

Características	**C-1**	**C-2**	**C-3**
Límite líquido	48.69	49.29	46.14
Límite plástico	22.62	21.73	21.62
Índice de plasticidad	26.07	27.56	24.52
Clasificación SUCS	CL	CL	CL

Fuente. Elaboración propia

Índice de plasticidad

Según los valores de índice de plasticidad presentados en la tabla 6 y figura 14, se detalla que el suelo patrón poseía un valor promedio de IP de 26.5%, sin embargo el índice de plasticidad decrecían a medida que se incrementaba la cantidad de cal y lana de alpaca, donde se resalta la dosificación de SN+4%C+0.50%LA, debido a que con esta dosificación el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la avenida Industrial se redujo en un 44.75%. Que, de acuerdo a la clasificación por valor de índice de plasticidad del Manual de carreteras, sección de suelos y pavimentos es categorizada como un suelo de media plasticidad.

Tabla 6. *Resultados de Índice de plasticidad*

Calicata	Índice de plasticidad (%)			
	SN	**SN+4%C+0.10%LA**	**SN+4%C+0.25%LA**	**SN+4%C+0.50%LA**
C-1	26.07	18.98	16.35	14.67
C-2	27.56	20.87	17.85	15.23
C-3	24.52	17.52	15.58	14.02
Promedio	**26.5**	**19.11**	**16.59**	**14.64**

Fuente. Elaboración propia

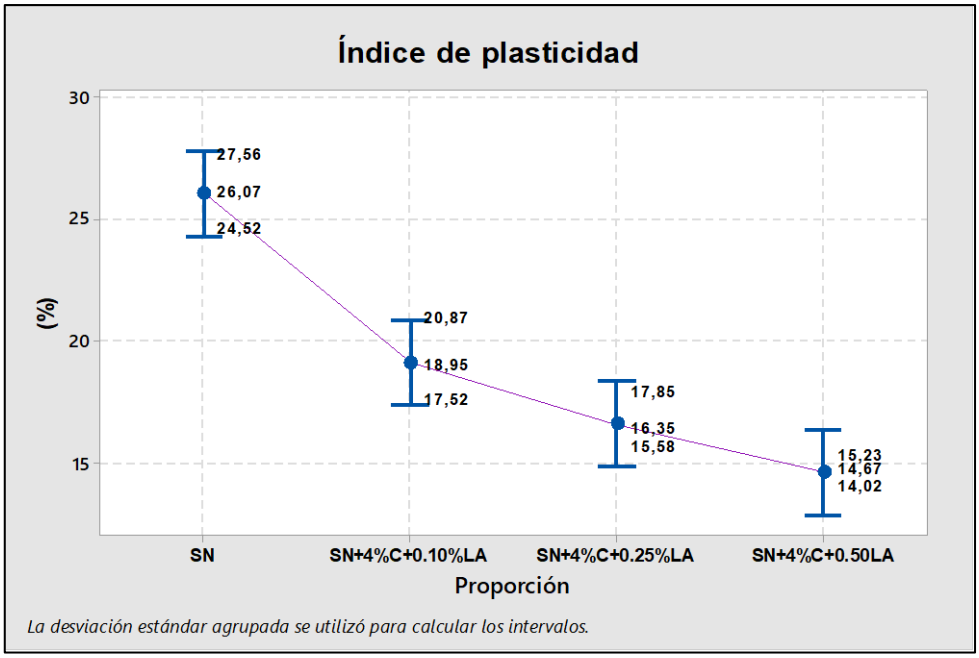


Figura 14. Resultados de índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

Densidad seca máxima

Según los valores de densidad seca máxima presentados en la tabla 7 y figura 15, se detalla que el suelo patrón poseía un valor promedio de densidad seca máxima de 1.60 g/cm^3, sin embargo la densidad seca decrecía a medida que se incrementaba la cantidad de cal y lana de alpaca, donde se resalta la dosificación de SN+4%C+0.50%LA, debido a que con esta dosificación la densidad seca máxima del suelo de subrasante de la avenida Industrial se redujo en un 14.38%.

Tabla 7. *Resultados de densidad seca máxima*

Calicata	Densidad seca máxima (g/cm^3)			
	SN	SN+4%C+0.10%LA	SN+4%C+0.25%LA	SN+4%C+0.5%LA
C-1	1.58	1.47	1.38	1.37
C-2	1.54	1.41	1.36	1.35
C-3	1.68	1.51	1.43	1.38
Promedio	**1.60**	**1.46**	**1.39**	**1.37**

Fuente. Elaboración propia

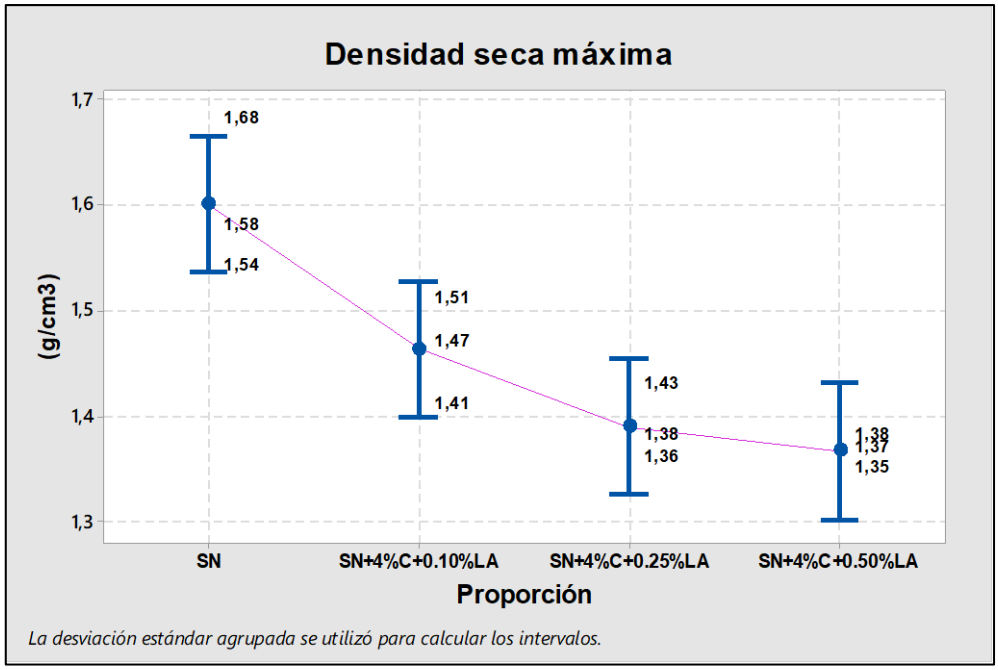


Figura 15. Resultados de densidad seca máxima

Fuente: Elaboración propia

Capacidad de soporte (CBR al 95% de la máxima densidad seca)

Según los valores de Californian Bearing Ratio presentados en la tabla 8 y figura 16, se detalla que el suelo patrón poseía un valor promedio de capacidad de soporte de 5.98% que de acuerdo al Manual de Carreteras es categorizada como una subrasante “pobre”, sin embargo el CBR al 95% de la máxima densidad seca aumentaba a medida que se incrementaba la cantidad de cal y lana de alpaca, donde se resalta la dosificación de SN+4%C+0.25%LA, debido a que con esta dosificación la densidad seca máxima del suelo de subrasante de la avenida Industrial se incrementó en un 84.49%, logrando ser categorizada como una subrasante “buena”

Tabla 8. *Resultados de CBR al 95% de la MDS*

Calicata	CBR al 95% de la MDS (%)			
	SN	SN+4%C+0.10%LA	SN+4%C+0.25%LA	SN+4%C+0.50%LA
C-1	5.54	7.95	10.73	9.22
C-2	5.85	7.11	11.07	10.11
C-3	6.55	8.32	11.29	10.14
Promedio	**5.98**	**7.79**	**11.03**	**9.82**

Fuente. Elaboración propia

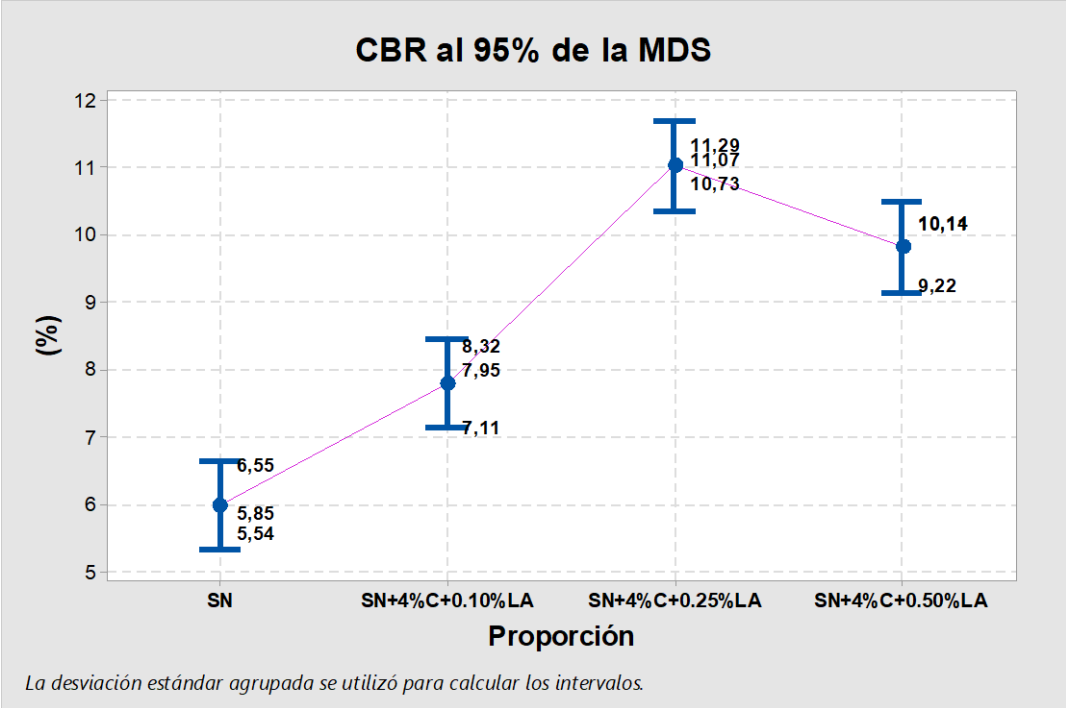


Figura 16. Resultados de capacidad de soporte (CBR al 95% de la MDS)

Fuente: Elaboración propia

Prueba estadística

Índice de plasticidad

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta la cantidad de datos que presentaba tanto el grupo control como el grupo experimental, para determinar si estos poseían una distribución gaussiana (normal) o no, lo cual se detalla en la figura 17.

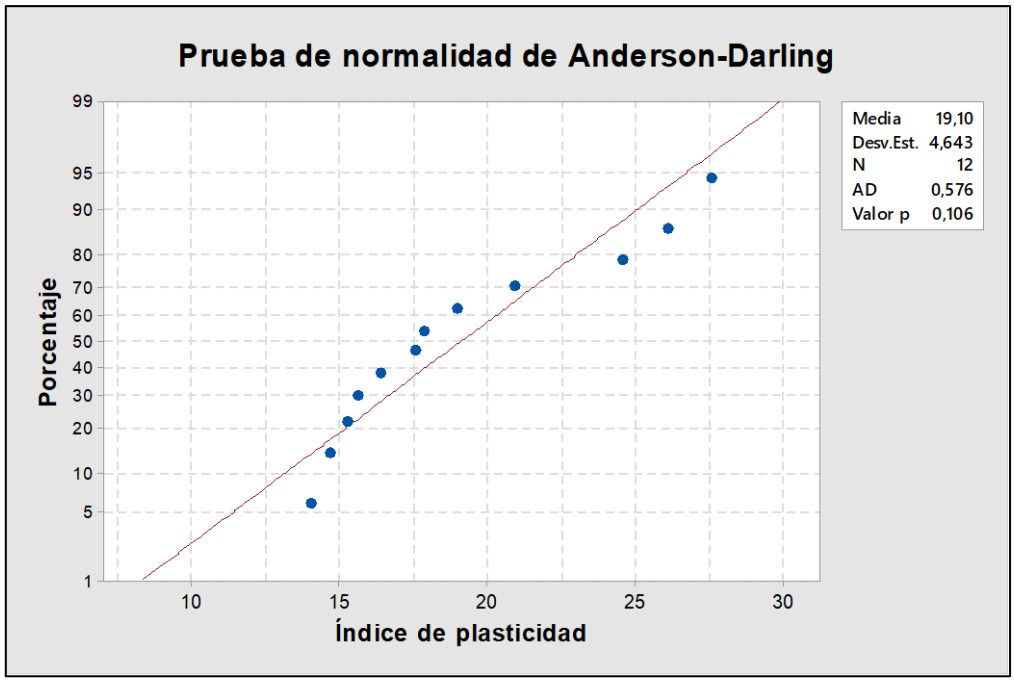


Figura 17. Gráfico de normalidad del índice de plasticidad

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la figura 17, el valor de significancia es de 0.106, por lo que es factible afirmar que los datos de índice de plasticidad poseen una distribución normal por lo cual fue factible desarrollar la prueba paramétrica de análisis de varianza para este indicador.

Para el análisis estadístico del análisis de varianza (ANOVA), primero se formuló la hipótesis nula y la hipótesis alterna el que se detalla a continuación.

Hipótesis nula (H_0): Una proporción establecida de cal y lana de alpaca no alcanza un mejor índice de plasticidad del suelo.

Hipótesis del investigador (H_1): Una proporción establecida de cal y lana de alpaca alcanza un mejor índice de plasticidad del suelo.

Tabla 9. *Análisis de varianza del índice de plasticidad*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Proporción	3	223.43	74.478	43.58	0.000
Error	8	13.67	1.709		
Total	11	237.10			

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 9 el valor de P es de 0.000, que es menor a 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; es decir Una proporción establecida de cal y lana de alpaca alcanza un mejor índice de plasticidad del suelo.

Tabla 10. *Comparación de medias aritméticas*

Proporción	**N**	**Media**	**Agrupación**		
SN	3	26.050	A		
SN+4%C+0.10%LA	3	19.113		B	
SN+4%C+0.25%LA	3	16.593		B	C
SN+4%C+0.50%LA	3	14.640			C

Fuente: Elaboración propia

Como se detalla en la tabla 10 los valores de las medias aritméticas se hallan en distintas columnas en relación al promedio de índice de plasticidad del suelo natural, es decir todas las dosificaciones de cal y lana de alpaca influye en el índice de plasticidad del suelo de subrasante de la Av. Industrial.

Densidad seca máxima

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta la cantidad de datos que presentaba tanto el grupo control como el grupo experimental, para determinar si estos poseían una distribución gaussiana (normal) o no, lo cual se detalla en la figura 18.

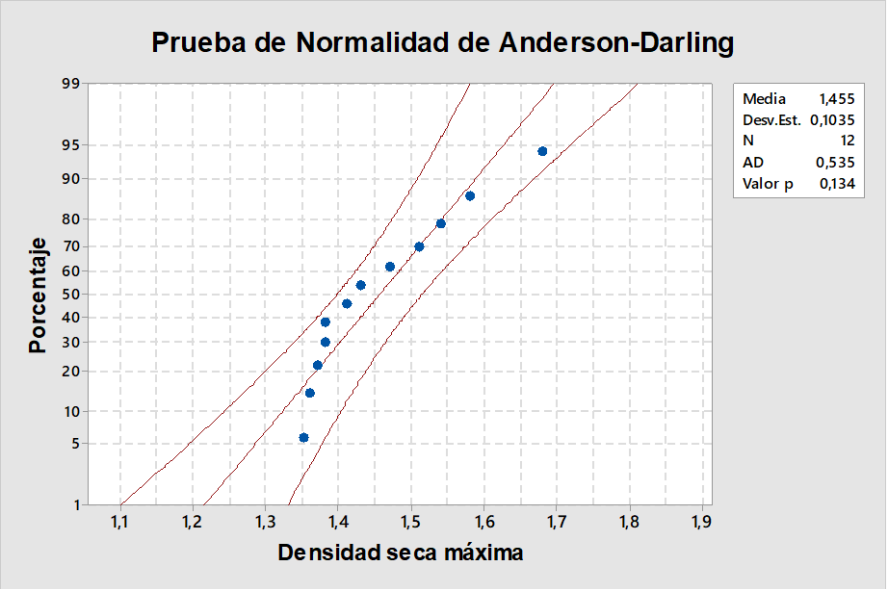


Figura 18. Gráfico de normalidad de la densidad seca máxima

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la figura 18, el valor de significancia es de 0.134, por lo que es factible afirmar que los datos de la densidad seca máxima poseen una distribución normal por lo cual fue factible desarrollar la prueba paramétrica de análisis de varianza para este indicador.

Para el análisis estadístico del análisis de varianza (ANOVA), primero se formuló la hipótesis nula y la hipótesis alterna el que se detalla a continuación.

Hipótesis nula (H_0): Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca la densidad seca no varía significativamente.

Hipótesis del investigador (H_1): Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca la densidad seca varía significativamente.

Tabla 11. *Análisis de varianza de la densidad seca máxima*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Proporción	3	0.09937	0.033122	14.30	0.001
Error	8	0.01853	0.002317		
Total	11	0.11790			

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 11 el valor de P es de 0.001, que es menor a 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; es decir con una proporción establecida de cal y lana de alpaca la densidad seca varía significativamente.

Tabla 12. *Comparación de medias aritméticas*

Proporción	N	Media	Agrupación	
SN	3	1.6000	A	
SN+4%C+0.10%LA	3	1.4633		B
SN+4%C+0.25%LA	3	1.3900		B
SN+4%C+0.50%LA	3	1.3667		B

Fuente: Elaboración propia

Como se detalla en la tabla 12 los valores de las medias aritméticas se hallan en distintas columnas en relación al promedio de la densidad seca máxima del suelo natural, es decir todas las dosificaciones de cal y lana de alpaca influye en la densidad seca máxima del suelo de subrasante de la Av. Industrial.

CBR al 95% de la MDS

Para el análisis estadístico se tomó en cuenta la cantidad de datos que presentaba tanto el grupo control como el grupo experimental, para determinar si estos poseían una distribución gaussiana (normal) o no, lo cual se detalla en la figura 19.

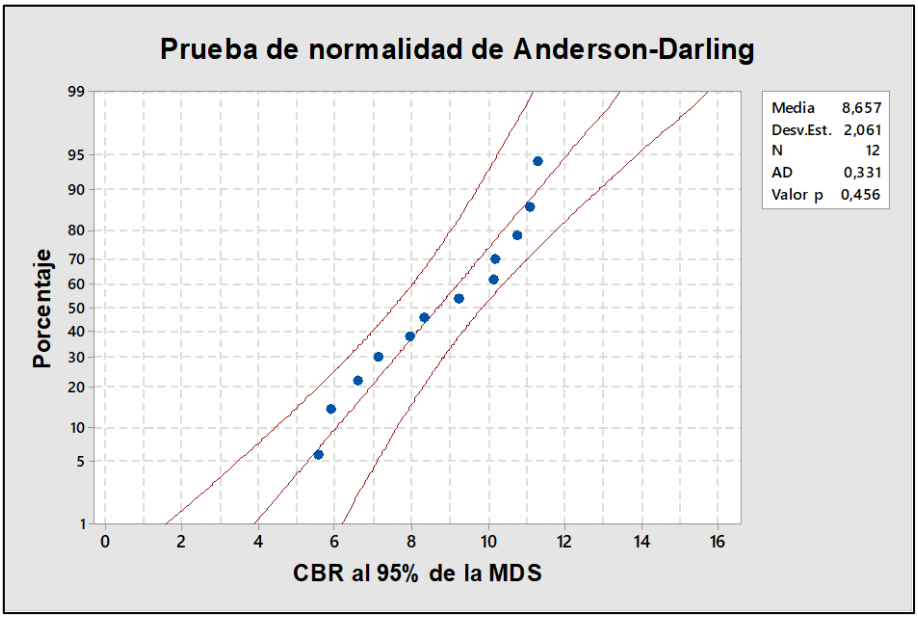


Figura 19. Gráfico de normalidad del CBR al 95% de la MDS

Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en la figura 19, el valor de significancia es de 0.456, por lo que es factible afirmar que los datos de CBR al 95% de la MDS poseen una distribución normal por lo cual fue factible desarrollar la prueba paramétrica de análisis de varianza para este indicador.

Para el análisis estadístico del análisis de varianza (ANOVA), primero se formuló la hipótesis nula y la hipótesis alterna el que se detalla a continuación.

Hipótesis nula (H_0): Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca la capacidad de soporte no se incrementa significativamente.

Hipótesis del investigador (H_1): Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca la capacidad de soporte se incrementa significativamente.

Tabla 13. *Análisis de varianza del CBR al 95% de la MDS*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Proporción	3	44.711	14.9037	59.32	0.000
Error	8	2.010	0.2512		
Total	11	46.721			

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 13 el valor de P es de 0.000, que es menor a 0.05, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; es decir con una proporción establecida de cal y lana de alpaca la capacidad de soporte se incrementa significativamente.

Tabla 14. *Comparación de medias aritméticas*

Proporción	N	Media	Agrupación		
SN+4%C+0.25%LA	3	11.030	A		
SN+4%C+0.50%LA	3	9.823	A		
SN+4%C+0.10%LA	3	7.793		B	
SN	3	5.980			C

Fuente: Elaboración propia

Como se detalla en la tabla 14 los valores de las medias aritméticas se hallan en distintas columnas en relación al promedio del CBR al 95% de la MDS del suelo natural, es decir todas las dosificaciones de cal y lana de alpaca influyen en el CBR al 95% de la densidad seca máxima del suelo de subrasante de la Av. Industrial, resaltando la dosificación de SN+4%C+0.50%LA que es la que más incrementó el CBR.

V. DISCUSIÓN

Discusión general: De acuerdo a los resultados conseguidos mediante los ensayos de límite líquido, límite plástico, Proctor modificado y Californian Bearing Ratio se determinó que con la adición de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50LA estabilizan el suelo y mejoran la transitabilidad vehicular, debido a que con la incorporación de 4% de cal y 0.25% de lana de alpaca respecto al peso del suelo, lo valores de índice de plasticidad se redujeron en un 37.40%, asimismo el valor de capacidad de soporte al 95% de la máxima densidad seca se incrementó considerablemente en un 84.45%; es decir el suelo patrón poseía un CBR al 95% de la MDS de 5.98%, categorizado como una subrasante "Pobre" de acuerdo al Manual de Carreteras del MTC (2013), sin embargo luego del proceso de estabilización es categorizada como una subrasante "Buena", por lo cual el objetivo general es logrado.

Estos resultados poseen la misma tendencia a los obtenidos por el investigador Machco (2019) quien con la incorporación de 16% de cal logró incrementar la capacidad de soporte al 95% de la máxima densidad seca de 9.60% a 16.10%, es decir la subrasante paso de ser considerada como una subrasante regular a ser una subrasante buena.

Discusión específica 1: Según los datos conseguidos con el ensayo de Proctor modificado, se determinó que con la aplicación de una mezcla de cal y lana de alpaca la densidad seca máxima del suelo de subrasante de la avenida Industrial varía significativamente, debido a que el suelo de subrasante sin modificación poseía un peso unitario seca máximo de 1.600 g/cm^3, sin embargo con las dosificaciones de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50%LA los valores fueron de 1.460 g/cm^3, 1.390 g/cm^3 y 1.370 g/cm^3 respectivamente.

Estos valores tienen la misma tendencia a los conseguidos por el investigador Narendra et al. (2018) quien añadió residuos de coco y cal a una subrasante de un pavimento flexible quienes añadiendo 3% de médula de coco y 3% de cal notaron que la densidad seca disminuyó de 1.780 g/cm^3 a 1.550 g/cm^3 y el contenido de agua óptimo se incrementó de 19% a 24%, como se observa los valores

conseguidos en ambos estudios son similares, por lo cual se logra cumplir el objetivo específico dos.

La disminución en ambos estudios se debería a la naturaleza esponjosa y absorbente de humedad de la médula del coco y de la lana de alpaca con un peso específico más bajo reducen significativamente la densidad seca de los suelos e incrementaría el óptimo contenido de humedad.

Discusión específica 2: Con los resultados obtenidos mediante el ensayo de límite líquido plástico y límite líquido, se determinó que con proporciones de cal y lana de alpaca se alcanza un mejor índice de plasticidad, debido a que el suelo de subrasante sin modificación poseía un índice de plasticidad de 26.5%, sin embargo con las dosificaciones de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50%LA los valores se redujeron a 19.11%, 16.59% y 14.64% respectivamente.

Los resultados de índice de plasticidad son similares a los obtenidos por Quispe y Justo (2019) quienes realizaron una estabilización química con cal en una subrasante de suelo arcilloso, obteniendo un valor de índice de plasticidad del suelo natural de 13.73% mientras con la adición de 9%, 15% y 21% de cal los datos de índice de plasticidad se redujeron a 6.27%, 2.99% y 1.78% respectivamente.

La reducción de los valores de índice del valor de índice de plasticidad se debería a las propiedades químicas presentes en la cal, asimismo los filamentos de la lana de alpaca ayudan a la conexión entre partículas de suelo. Los suelos estabilizados con la proporción de 4% de cal y 0.50% de lana de alpaca son considerados con suelos de media plasticidad; los cuales son aptos para la conformación de subrasantes.

Discusión específica 3: Con los resultados obtenidos mediante el ensayo Californian Bearing Ratio, se determinó que con proporciones definidas de cal y lana de alpaca se genera una mejor estabilidad del suelo ya que se incrementa la capacidad de soporte al 95% de la máxima densidad seca, debido a que el suelo de subrasante sin modificación poseía una capacidad de soporte de 5.98%, sin embargo con las dosificaciones de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50%LA los valores se incrementaron a 7.79%, 11.03% y 9.82% respectivamente.

Los resultados de capacidad de soporte son similares a los obtenidos por Quispe y Justo (2019) quienes realizaron una estabilización química con cal en una subrasante de suelo arcilloso, obteniendo un valor de índice de plasticidad del suelo natural de 13.73% mientras con la adición de 9%, 15% y 21% de cal los datos de índice de plasticidad se redujeron a 6.27%, 2.99% y 1.78% respectivamente.

VI. CONCLUSIONES

En respuesta al objetivo general; se concluye que con la estabilización de suelo de subrasante de la Av. Industrial con mezclas de cal y lana de alpaca se mejora la transitabilidad vehicular, debido a que con la incorporación de 4%C+0.25%LA, el suelo de subrasante paso de ser categorizada como una subrasante “pobre” a ser caracterizada como una subrasante “buena”, asimismo según los valores de plasticidad el suelo estabilizado con esta proporción es caracterizado de una plasticidad media.

En respuesta al objetivo secundario 1; se concluye que con la aplicación de una mezcla de cal y lana de alpaca la densidad seca máxima del suelo de subrasante de la avenida Industrial varía significativamente, debido a que el suelo de subrasante sin modificación poseía un peso unitario seca máximo de 1.600 g/cm^3, sin embargo con las dosificaciones de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50%LA los valores fueron de 1.460 g/cm^3, 1.390 g/cm^3 y 1.370 g/cm^3 respectivamente.

Como respuesta al objetivo secundario 2; se concluye que con proporciones de cal y lana de alpaca se alcanza un mejor índice de plasticidad, debido a que el suelo de subrasante sin modificación poseía un índice de plasticidad de 26.5%, sin embargo con las dosificaciones de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50%LA los valores se redujeron a 19.11%, 16.59% y 14.64% respectivamente.

Como respuesta al objetivo secundario 3; con proporciones definidas de cal y lana de alpaca se genera una mejor estabilidad del suelo ya que se incrementa la capacidad de soporte al 95% de la máxima densidad seca, debido a que el suelo de subrasante sin modificación poseía una capacidad de soporte de 5.98%, sin embargo con las dosificaciones de 4%C+0.10%LA, 4%C+0.25%LA y 4%C+0.50%LA, los valores se incrementaron a 7.79%, 11.03% y 9.82% respectivamente.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda que, para la aplicación de los resultados presentados en esta tesis, tener en cuenta las características del suelo estabilizado, asimismo el tipo de cal empleado, para la presente tesis cal hidratada.

Se sugiere que para estudios posteriores se trabaje solamente con la lana de alpaca, en pequeños porcentajes debido a la densidad mínima que posee la lana de alpaca.

Se recomienda para futuros estudios se realicen estabilizaciones de bases granulares, haciendo uso de la lana de alpaca, pudiendo realizarlo de manera independiente o combinándolo con otro estabilizante.

Se recomienda que para posteriores investigaciones se realice la caracterización química y física de los desechos de lana de alpaca, así como de la cal viva o hidratada producidos en el departamento de Puno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFRIN, H., 2017. A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. *International Journal of Transportation Engineering and Technology* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 19. ISSN 2575-1743. DOI 10.11648/j.ijtet.20170302.12. Disponible en: https://bit.ly/3tQc8ZD.

ANGULO, M. y ZAVALETA, C., 2020. *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan – Maynas – Iquitos* [en línea]. S.l.: Universidad Científica del Perú. Disponible en: https://bit.ly/3IOsCWn.

ARIAS, F., 2012. *El proyecto de investigación 6a edición* [en línea]. S.l.: Episteme. ISBN 980-07-8529-9. Disponible en: https://bit.ly/3LHTqJZ.

BENEL, S., 2019. *Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la cantera 'Bazán' - Cajamarca, 2017* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana del Norte. Disponible en: https://bit.ly/3DmzCZn.

BERNAL, C., 2010. *Metodología de la investigación* [en línea]. 3ra edició. S.l.: s.n. ISBN 9789586991285. Disponible en: https://bit.ly/36proUb.

BURNINGHAM, S. y STANKEVICH, N., 2015. Why road maintenance is important and how to get it done. *transport notes* [en línea], pp. 1-10. Disponible en: https://bit.ly/373ctiQ.

DENG et al., 2019. Revisiting relationships among specific surface area, soil consistency limits, and group index of clays. *Journal of Testing and Evaluation* [en línea], vol. 47, no. 2, pp. 1392-1404. ISSN 00903973. DOI 10.1520/JTE20170257. Disponible en: https://bit.ly/3709qaM.

DHAR, S. y HUSSAIN, M., 2019. The strength and microstructural behavior of lime stabilized subgrade soil in road construction. *International Journal of Geotechnical Engineering* [en línea], pp. 1-13. ISSN 1938-6362. DOI 10.1080/19386362.2019.1598623. Disponible en: https://bit.ly/3qHntJB.

GHADIR, P. y RANJBAR, N., 2018. Clayey soil stabilization using geopolymer and Portland cement. *Construction and Building Materials* [en línea], vol. 188, pp. 361-371. ISSN 09500618. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.207. Disponible en: https://bit.ly/3Lp5TC6.

GUERRA, K. y MOSQUEIRA, M., 2020. Bearing capacity (CBR) of three clay soils incorporating banana pseudostem fiber in different percentages. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology* [en línea], ISSN 24146390. DOI 10.18687/LACCEI2020.1.1.541. Disponible en: https://bit.ly/3NwN3uB.

HANS, J., 1996. *Factors of soil formation: A System of Quantitative Pedology* [en línea]. S.l.: Dover Publia. ISBN 9780511535802. Disponible en: https://bit.ly/3PvwlMX.

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. Definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. *Metodología de la investigación.* [en línea], vol. 6, pp. 88-101. Disponible en: https://bit.ly/2S89yhp.

HIGUERA, C., GÓMEZ, J. y PARDO, Ó., 2012. Caracterización de un suelo arcilloso tratado con hidróxido de calcio. *Revista Facultad de Ingeniería* [en línea], vol. 21, no. 32, pp. 21-40. ISSN 2357-5328. DOI 10.19053/01211129.1431. Disponible en: https://bit.ly/3qOn4Fj.

KAREEM et al., 2019. Horizontal and Vertical Geotechnical Variations of Soils According to USCS Classification for the City of An-Najaf , Iraq Using GIS. *Geotechnical and Geological Engineering* [en línea], vol. 0123456789. ISSN 1573-1529. DOI 10.1007/s10706-019-01139-x. Disponible en: https://bit.ly/3wSjU79.

KEYBONDORI, S. y ABDI, E., 2021. Lime stabilization to improve clay-textured forest soil road subgrades. *International Journal of Forest Engineering* [en línea], pp. 1-7. ISSN 1494-2119. DOI 10.1080/14942119.2021.1876476. Disponible en: https://bit.ly/3LvF3bz.

KODIKARA, J., ISLAM, T. y SOUNTHARARAJAH, A., 2018. Transportation Geotechnics Review of soil compaction : History and recent developments. *Transportation Geotechnics* [en línea], vol. 17, pp. 24-34. ISSN 2214-3912. DOI 10.1016/j.trgeo.2018.09.006. Disponible en: https://bit.ly/3Nupy5j.

KONERT, M. y VANDHERVERGE, J., 1997. Comparison of laser grain size analysis with pipette and sieveanalysis: a solution for the underestimation of the clay fraction. *J. Am. Chem. Soc* [en línea], vol. 111, pp. 523-537. Disponible en: https://bit.ly/3AgKNUe.

LING et al., 2018. Continuous Compaction Control Technology for Granite Residual Subgrade Compaction. *Journal of Materials in Civil Engineering* [en línea], vol. 30, no. 12, pp. 04018316. ISSN 0899-1561. DOI 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002522. Disponible en: https://bit.ly/3uBbu1b.

LOZADA, J., 2016. Investigación Aplicada : Definición , Propiedad Intelectual e Industria. *Cienciaamérica* [en línea], vol. 1, no. 3, pp. 34-39. Disponible en: https://bit.ly/3FYI1Cu.

LUZ, S., MENDOZA, H. y AVILA, D.D., 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos Data collection techniques and instruments. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA* [en línea], vol. 9, no. 17, pp. 51-53. Disponible en: https://bit.ly/3wOnLST.

MACHCO, E., 2019. *Aplicación de cal para mejorar la estabilidad de subrasante en la Calle Luna Pizarro A. H. Cueva de los Tallos, Ventanilla, 2019* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://bit.ly/362fUWT.

MAINAK, M. y PRIYANKA, G., 2020. Screening of train-induced vibration with open trench—A numerical study. *Lecture Notes in Civil Engineering* [en línea], vol. 55, no. January, pp. 453-466. ISSN 23662565. DOI 10.1007/978-981-15-0886-8_37. Disponible en: https://bit.ly/3tOHgIS.

MANZOOR, S.O. y YOUSUF, A., 2020. Stabilisation of soils with lime : a review. *Journal of Materials and Environmental Science* [en línea], vol. 11, no. 9, pp. 1538-1551. Disponible en: https://bit.ly/3JTwQgG.

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2013. Manual de Carreteras. [en línea], pp. 1440. Disponible en: https://bit.ly/3DmrRCM.

MURTY, K., SIVA, A. y VENKATA, B., 2016. Chemical Stabilization Of Sub-Grade Soil With Gypsum And Nacl. *International Journal of Advances in ingineering & Technology* [en línea], vol. 9, no. 5, pp. 569-581. DOI ISSN 22311963. Disponible en: https://bit.ly/3tPC1sr.

NAGRALE, P.P., PATIL, A.P. y BHAISARE, S., 2016. Strength Characteristics of Subgrade Stabilized With Lime, Fly Ash and Fibre. *International Journal of Engineering Research* [en línea], vol. 1, no. 5, pp. 74-79. Disponible en: https://bit.ly/3LhliUW.

NARENDRA et al., 2018. Expansive soil stabilization with coir waste and lime for flexible pavement subgrade. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 330, no. 1. ISSN 1757899X. DOI 10.1088/1757-899X/330/1/012130. Disponible en: https://bit.ly/36FqrHx.

ÑAUPAS et al., 2018. *Metodología de la investigación Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* [en línea]. 5ta. S.l.: s.n. ISBN 978-958-762-876-0. Disponible en: https://bit.ly/3uXIi4X.

OLA, M. y GOYAL, S., 2016. Improvement of Clayey Subgrade By Adding Kota Stone A Review. *International Journal of Technical Research* [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 147-149. DOI ISSN 2278-5787. Disponible en: https://bit.ly/3qMMu6a.

OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology* [en línea], vol. 35, no. 1, pp. 227-232. ISSN 07179502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. Disponible en: https://bit.ly/36A1AVQ.

PANDEY, A. y RABBANI, A., 2017. Stabilisation of Pavement Subgrade Soil Using Lime and Cement : Review. *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)* [en línea], vol. 4, no. 6, pp. 5-7. Disponible en: https://bit.ly/36XlPMI.

PARLATO, M.C.M. y PORTO, S.M.C., 2020. Organized Framework of Main Possible Applications of Sheep Wool Fibers in Building Components. *Sustainability* [en línea], DOI 10.3390/su12030761. Disponible en: https://bit.ly/3iMGndD.

PARRA GOMEZ, M.G., 2018. *Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante presentado* [en línea]. S.l.: Universidad Cátolica de Colombia. Disponible en: https://bit.ly/30TALJo.

PATEL et al., 2015. Subgrade Soil Stabilization using Chemical Additives. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* [en línea], vol. 02, no. 04, pp. 1089-1096. DOI e-ISSN: 2395-0056. Disponible en: https://bit.ly/3IVfUFk.

PAUDEL et al., 2019. Correlation of California Bearing Ratio with Index Properties of Sub-Grade Soil : A Case Study On Thankot Chitlang Road Section. *Proceedings of IOE Graduate Conference* [en línea], vol. 7, pp. 85-89. Disponible en: https://bit.ly/3JQwis8.

PAUL, H. y CYRUS, S., 2016. Stabilization of weak subgrade soil using demolished concrete aggregate. *Indian Geotech Conference IGC* [en línea], no. December, pp. 1-5. Disponible en: https://bit.ly/3IRzKS3.

PICÓN, D. y MELIAN, Y., 2014. La unidad de análisis en la problemática enseñanza- aprendizaje Una mirada sistémica. *Universidad Nacional de la Patagonia Austral* [en línea], no. 2, pp. 101-117. Disponible en: https://bit.ly/3Nqi82W.

QUISPE, A.B.M. y JUSTO, E.J.R., 2019. *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica* [en línea]. S.l.: Univesidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en: https://bit.ly/3iTg857.

RADHIKA, B.P., KRISHNAMOORTHY, A. y RAO, A.U., 2020. A review on consolidation theories and its application. *International Journal of Geotechnical Engineering* [en línea], vol. 14, no. 1, pp. 9-15. ISSN 19397879. DOI 10.1080/19386362.2017.1390899. Disponible en: https://bit.ly/3yHviDT.

SÁNCHEZ, H., REYES, C. y MEJÍA, K., 2018. *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9786124735141. Disponible en: https://bit.ly/36YsDtr.

SANTOS, G., 2017. *Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 en mujeres con LUPUS , Puebla* [en línea]. S.l.: Benemerita Universidad Autonoma de Puebla. Disponible en: https://bit.ly/36YsXbD.

SCHOONOVER, J.E. y CRIM, J.F., 2015. An Introduction to Soil Concepts and the Role of Soils in Watershed Management. *Journal of Contemporary Water Research & Education* [en línea], vol. 154, no. 1, pp. 21-47. ISSN 1936-7031. DOI 10.1111/j.1936-704x.2015.03186.x. Disponible en: https://bit.ly/3IMP81P.

SIVAKUMAR et al., 2015. Measuring the plastic limit of fine soils : an experimental study. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Geotechnical Engineering* [en línea], vol. 168, no. 1, pp. 53-64. DOI doi:10.1680/geng.14.00004. Disponible en: https://bit.ly/3uIgG3D.

SUDHAKARAN, S.P., SHARMA, A.K. y KOLATHAYAR, S., 2018. Soil Stabilization Using Bottom Ash and Areca Fiber: Experimental Investigations and Reliability Analysis. *Journal of Materials in Civil Engineering* [en línea], vol. 30, no. 8, pp. 04018169. ISSN 0899-1561. DOI 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0002326. Disponible en: https://bit.ly/3qLAEck.

TALUKDAR, D.K., 2014. A Study of Correlation Between California Bearing Ratio (CBR) Value With Other Properties of Soil. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* [en línea], vol. 4, no. 1, pp. 559-562. Disponible en: https://bit.ly/3iK19uo.

TAMAYO, M., 2002. *El proceso de la investigación científica* [en línea]. Cuarta. México D.F: Grupo Noriega editores. ISBN 968-18-5872-7. Disponible en: https://bit.ly/3uEi7jl.

TIWARI, N., SATYAM, N. y PUPPALA, A.J., 2021. Strength and durability assessment of expansive soil stabilized with recycled ash and natural fibers. *Transportation Geotechnics* [en línea], vol. 29, no. March, pp. 100556. ISSN 22143912. DOI 10.1016/j.trgeo.2021.100556. Disponible en:

https://bit.ly/3uAPio8.

VARA, A., 2012. 7 Pasos para una tesis exitosa. *Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos. Universidad de San Martín de Porres* [en línea], vol. 3, pp. 1-451. Disponible en: https://bit.ly/2SNGOdX.

VILCHEZ, D., 2019. *Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: https://bit.ly/3NwC6cr.

VILLANUEVA, 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. Caso: Poncos – Kochayoc, Departamento de Ancash* [en línea]. S.l.: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: https://bit.ly/3Dpw20x.

VILLASÍS et al., 2018. El protocolo de investigación VII. Validez y confi abilidad de las mediciones. *Revista Alergia Mexico* [en línea], vol. 65, no. 4, pp. 414-421. ISSN 00025151. DOI 10.29262/ram.v65i4.560. Disponible en: https://bit.ly/36Cv8SB.

YIDETI, T.F., BIRGISSON, B. y JELAGIN, D., 2014. Influence of aggregate packing structure on California bearing ratio values of unbound granular materials. *Road Materials and Pavement Design* [en línea], vol. 15, no. 1, pp. 102-113. ISSN 14680629. DOI 10.1080/14680629.2013.863160. Disponible en: https://bit.ly/3DqVh2S.

ANEXOS

Anexo 1. *Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador	Escala de medición
VI: Mezcla de cal y lana de alpaca	La cantidad óptima de cal depende de las propiedades del suelo específicas del sitio y de la cal. Los impactos secundarios de las adiciones de cal a los suelos arcillosos son un cambio en la capacidad de intercambio catiónico, la floculación, la carbonatación y las reacciones puzolánicas (Keybondori y Abdi, 2021, p. 1), por su parte en el sector de la construcción, la lana cumple con los requisitos de los componentes de construcción ecológica porque es un material ecológico, hay un excedente, es renovable anualmente y totalmente reciclable (Parlato y Porto, 2020, p. 1).	La lana requiere de un proceso de control de su calidad, por lo que es necesario tener algunas consideraciones en cuenta como su tamaño (espesor, largo, color) y con los resultados de sus propiedades es necesario estudiar y conocer el porcentaje en el que se le puede adicionar para la estabilización de suelos para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular.	• Dosificación • Tamaño	• SN+4%C+0.10%LA • SN+4%C+0.25%LA • SN+4%C+0.50%LA • Longitud (cm)	Razón
VD: Transitabilidad vehicular	La transitabilidad vehicular trae beneficios inmediatos ya veces dramáticos a los usuarios de las carreteras a través de un mejor acceso a hospitales, escuelas y mercados; mayor comodidad, velocidad y seguridad; y menores costos de operación del vehículo. Para que estos beneficios se mantengan, las mejoras viales deben ir seguidas de un programa de mantenimiento bien planificado (Burningham y Stankevich, 2015, p. 1)	Para mantener la transitabilidad vehicular en importante realizar el mejoramiento de los suelos mediante la estabilización del suelo de subrasante se da con la aplicación de aditivos de diferentes tipos con la finalidad de mejorar sus características físicas y mecánicas, los cuales se miden con la aplicación de diferentes ensayos de laboratorio los cuales nos permiten conocer su tamaño (granulometría), su consistencia (límites de Atterberg), capacidad de soporte (CBR) y su densificación (Próctor modificado)	• Índice de plasticidad • Densidad máxima seca • Capacidad de soporte	• Limite plástico • Limite liquido • Peso unitario máximo • Contenido de humedad optimo • CBR al 95% de DMS • CBR al 100% de DMS	Razón

Anexo 2. *Matriz de consistencia*

"Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022"

<table>
<tr><th>PROBLEMAS</th><th>OBJETIVOS</th><th>HIPÓTESIS</th><th>VARIABLES</th><th>DIMENSION</th><th>INDICADORES</th><th>METODOLOGIA</th></tr>
<tr><td>PROBLEMA PRINCIPAL
¿Cómo la estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca mejoraría la transitabilidad vehicular, Salcedo – Puno 2022?</td><td>OBJETIVO PRINCIPAL
Mejorar la transitabilidad vehicular por medio de estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca</td><td>HIPOTESIS PRINCIPAL
La estabilización de suelo con una mezcla de 4% de cal y 0.25% de lana de alpaca mejora la transitabilidad vehicular.</td><td rowspan="2">VI:
Mezcla de cal y lana de alpaca</td><td rowspan="2">• Cantidad
• Tamaño</td><td rowspan="2">SN+4%C+0.10%LA
SN+4%C+0.25%LA
SN+4%C+0.50%LA

• Longitud (cm)</td><td rowspan="4">• METODO DE INVESTIGACION:
Método hipotético deductivo

• DISEÑO DE INVESTIGACION:
Experimental
Ge1 (A): Y1 ⇨ X ⇨ Y2
Ge2 (A): Y3 ⇨ X ⇨ Y4
Ge1 sin adición de cal + lana
Ge2 con adición de cal + lana

• TIPO DE INVESTIGACIÓN:
Investigación Aplicada

• NIVEL DE INVESTIGACIÓN
explicativo

• POBLACIÓN
Suelos de C. P. de salcedo
• MUESTRA
3 calicatas en C.P. de salcedo

• TECNICAS DE OBTENCION DE DATOS:
Observación de datos y medición

• TECNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:
Fichas de observación de laboratorio de mecánica de suelos</td></tr>
<tr><td>PROBLEMA SECUNDARIO N.º 1
¿Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca se lograría una mejor compactación y reducción de espacios vacíos del suelo?</td><td>OBJETIVO SECUNDARIO N.º 1
Lograr una mejor compactación y reducción de espacios vacíos del suelo usando una proporción establecida de cal y lana de alpaca.</td><td>HIPOTESIS SECUNDARIO N°1
Una proporción de 4% de cal y 0.50% de lana de alpaca mejora la compactación y reducción de espacios vacíos del suelo.</td></tr>
<tr><td>PROBLEMA SECUNDARIO N.º 2
¿Con una proporción establecida de cal y lana de alpaca se podría alcanzar un mejor índice de plasticidad del suelo?</td><td>OBJETIVO SECUNDARIO N.º 2
Alcanzar un mejor índice de plasticidad del suelo mediante una proporción establecida de cal y lana de alpaca.</td><td>HIPOTESIS SECUNDARIO N°2
Una proporción de 4% de cal y 0.50% de lana de alpaca alcanza un mejor índice de plasticidad del suelo.</td><td rowspan="2">VD:
Transitabilidad vehicular</td><td>• Índice de plasticidad

• Densidad máxima seca

• Capacidad de soporte</td><td>• Limite plástico
• Limite liquido

• Peso unitario máximo
• Contenido de humedad optimo

• CBR al 95% de DMS
• CBR al 100% de DMS</td></tr>
<tr><td>PROBLEMA SECUNDARIO N.º 3
¿Con una proporción definida de cal y lana de alpaca se podría generar una elevada estabilidad del suelo?</td><td>OBJETIVO SECUNDARIO N.º 3
Generar una elevada estabilidad del suelo utilizando una proporción definida de cal y lana de alpaca.</td><td>HIPOTESIS SECUNDARIO N°3
Una proporción de 4% cal y 0.25% de lana de alpaca genera una elevada estabilidad del suelo</td></tr>
</table>

Anexo 3. *Reporte del software antiplagio Turnitin*

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS						
Título de investigación: Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022						
Apellidos y nombres del investigador: Bach. Callomamani Yunca, Juan Pelayo						
Apellidos y nombres del Experto: Ing. Jara Vilca, Dheivis Yury						
ASPECTOS POR EVALUAR				**OPINION DEL EXPERTO**		
VARIABLES	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	**INSTRUMENTO**	**SI CUMPLE**	**NO CUMPLE**	**OBSERVACIONES**
Variable Independiente: Mezcla de cal y lana de alpaca	% Incorporación	SN+4%C+0.10%LA	Ficha de observación	X		
		SN+4%C+0.25%LA		X		
		SN+4%C+0.50%LA		X		
	Tamaño	Granulometría	MTC E-107/ASTM D422	X		
Variable dependiente: Transitabilidad vehicular	Índice de plasticidad	Límite líquido	MTC E-110/ASTM D4318	X		
		Límite plástico	MTC E 111–ASTM D4318	X		
	Densidad seca máxima	Peso unitario máximo	MTC E 115-ASTM D1557	X		
		Densidad Seca Máxima	MTC E 115-ASTM D1557	X		
	Capacidad de soporte	CBR al 95% de la MDS	MTC E 132–ASTM D1883	X		
		CBR al 100% de la MDS	MTC E 132–ASTM D1883	X		

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Dheivis Yury Jara Vilca con CIP Nº 210662, como Profesional en Ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

"Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022"

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

Criterios	Indicadores	1	2	3	4	5	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.					X	
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.					X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.					X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.				X		
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.					X	
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.					X	
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.					X	
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.				X		
TOTAL					**8**	**30**	
COEFICIENTE DE VALIDEZ = (D+R+B)/40		**0.95**					

Puno, 15 de marzo del 2022.

FIRMA DEL VALIDADOR
CIP Nº 167739

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS						
Título de investigación: Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022						
Apellidos y nombres del investigador: Bach. Callomamani Yunca, Juan Pelayo						
Apellidos y nombres del Experto: Ing. Quispe Bustinza, Alberth Ysidro						
ASPECTOS POR EVALUAR				**OPINION DEL EXPERTO**		
VARIABLES	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	**INSTRUMENTO**	**SI CUMPLE**	**NO CUMPLE**	**OBSERVACIONES**
Variable Independiente: Mezcla de cal y lana de alpaca	% Incorporación	SN+4%C+0.10%LA	Ficha de observación	X		
		SN+4%C+0.25%LA		X		
		SN+4%C+0.50%LA		X		
	Tamaño	Granulometría	MTC E-107/ASTM D422	X		
Variable dependiente: Transitabilidad vehicular	Índice de plasticidad	Límite líquido	MTC E-110/ASTM D4318	X		
		Límite plástico	MTC E 111–ASTM D4318	X		
	Densidad seca máxima	Peso unitario máximo	MTC E 115-ASTM D1557	X		
		Densidad Seca Máxima	MTC E 115-ASTM D1557	X		
	Capacidad de soporte	CBR al 95% de la MDS	MTC E 132–ASTM D1883	X		
		CBR al 100% de la MDS	MTC E 132–ASTM D1883	X		

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Quispe Bustinza, Alberth Ysidro con CIP Nº 151300, como Profesional en Ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

"Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022"

Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

Criterios	Indicadores	1	2	3	4	5	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.				X		
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.					X	
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.				X		
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.					X	
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.				X		
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.				X		
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.				X		
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.				X		
TOTAL					**24**	**10**	
COEFICIENTE DE VALIDEZ = (D+R+B)/40		**0.85**					

Puno, 15 de marzo del 2022.

FIRMA DEL VALIDADOR
CIP Nº 151300

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS						
Título de investigación: Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022						
Apellidos y nombres del investigador: Bach. Callomamani Yunca, Juan Pelayo						
Apellidos y nombres del Experto: Ing. Huarilloclla Gil, Joel Manuel						
ASPECTOS POR EVALUAR				**OPINION DEL EXPERTO**		
VARIABLES	**DIMENSIONES**	**INDICADORES**	**INSTRUMENTO**	**SI CUMPLE**	**NO CUMPLE**	**OBSERVACIONES**
Variable Independiente: Mezcla de cal y lana de alpaca	% Incorporación	SN+4%C+0.10%LA	Ficha de observación	X		
		SN+4%C+0.25%LA		X		
		SN+4%C+0.50%LA		X		
	Tamaño	Granulometría	MTC E-107/ASTM D422	X		
Variable dependiente: Transitabilidad vehicular	Índice de plasticidad	Límite líquido	MTC E-110/ASTM D4318	X		
		Límite plástico	MTC E 111–ASTM D4318	X		
	Densidad seca máxima	Peso unitario máximo	MTC E 115-ASTM D1557	X		
		Densidad Seca Máxima	MTC E 115-ASTM D1557	X		
	Capacidad de soporte	CBR al 95% de la MDS	MTC E 132–ASTM D1883	X		
		CBR al 100% de la MDS	MTC E 132–ASTM D1883	X		

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo Huarilloclla Gil, Joel Manuel con CIP Nº 188518, como Profesional en Ingeniería Civil, por medio de este presente hago constar que se ha revisado con fines de validación de instrumentos y los efectos de su aplicación al personal que elabora la tesis titulada:

"Estabilización de suelo con mezcla de cal y lana de alpaca para mejorar la transitabilidad vehicular, Salcedo - Puno 2022"

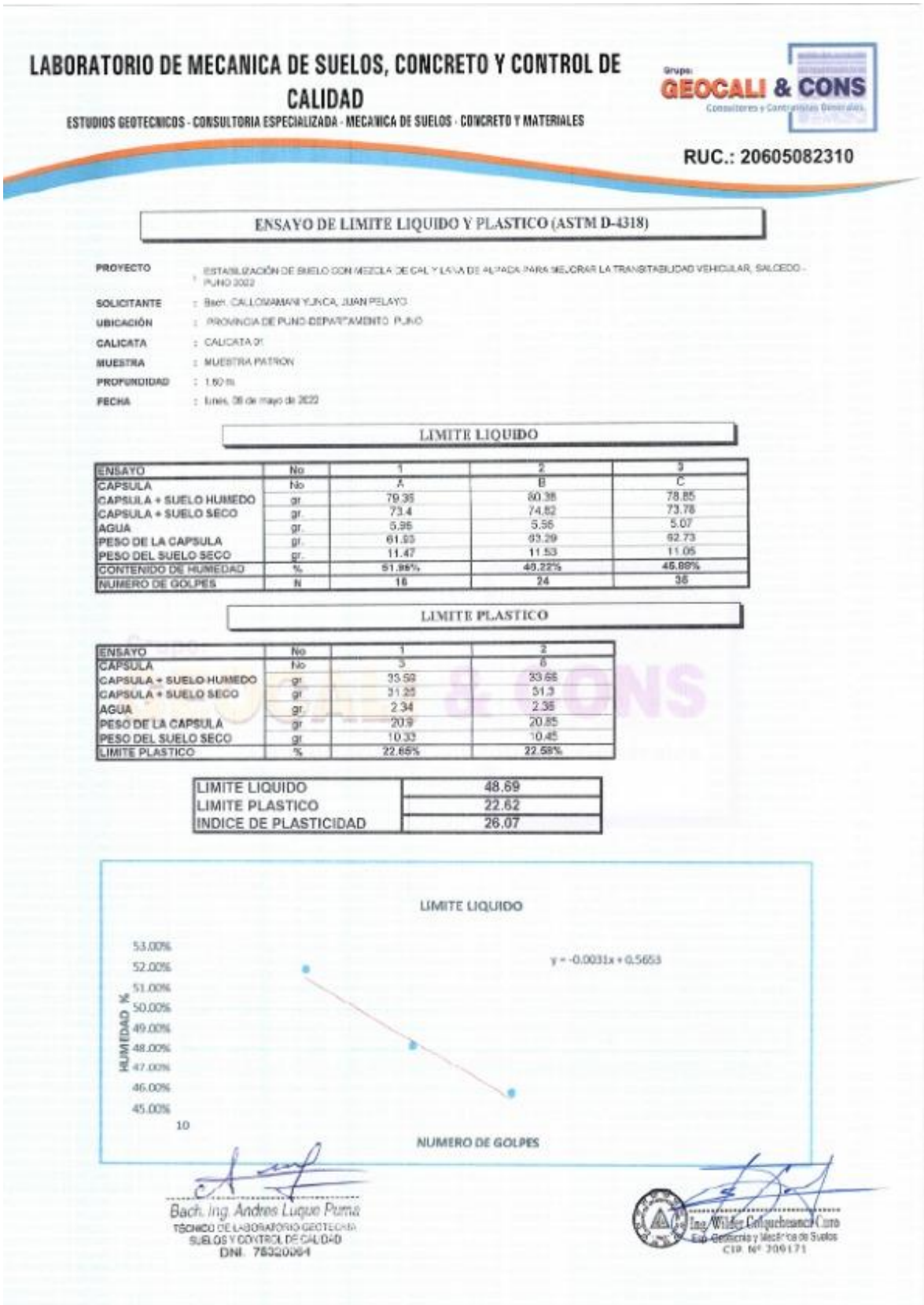
Luego de hacer las observaciones y sugerencias pertinentes, puedo dar las siguientes apreciaciones en el siguiente cuadro:

Criterios	Indicadores	1	2	3	4	5	Observación
Pertinencia	Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.			X			
Coherencia	Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.				X		
Congruencia	Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.					X	
Suficiencia	Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.				X		
Objetividad	Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.			X			
Consistencia	Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable.			X			
Organización	Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.				X		
Claridad	Están redactados en un lenguaje claro y entendible.			X			
TOTAL				**12**	**12**	**5**	
COEFICIENTE DE VALIDEZ = (D+R+B)/40		**0.725**					

Puno, 15 de marzo del 2022.

FIRMA DEL VALIDADOR
CIP Nº 188518

Anexo 4. *Resultados ensayos de laboratorio*



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo GEOCALI & CONS Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 01

MUESTRA : MUESTRA PATRON

PROFUNDIDAD : 1.50 m

FECHA : Lunes, 30 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	A	B	C
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	79.35	80.38	78.85
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	73.4	74.62	73.78
AGUA	gr.	5.95	5.56	5.07
PESO DE LA CAPSULA	gr.	61.93	63.29	62.73
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.47	11.53	11.05
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	51.88%	48.22%	45.88%
NUMERO DE GOLPES	N	16	24	35

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	3	6
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	33.59	33.65
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.25	31.3
AGUA	gr.	2.34	2.35
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.9	20.85
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10.33	10.45
LIMITE PLASTICO	%	22.65%	22.58%

LIMITE LIQUIDO	48.69
LIMITE PLASTICO	22.62
INDICE DE PLASTICIDAD	26.07

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320064

Ing. Wilder Colquehuanca Cutipa
Est. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 309171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS · CONSULTORIA ESPECIALIZADA · MECANICA DE SUELOS · CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN RELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO: PUNO

CALICATA : CALICATA 01

MUESTRA : MUESTRA PATRON

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. % Pasa En Peso
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	3.80	0.12	0.12	99.88	
3/8"	9.525	5.26	0.16	0.28	99.72	
1/4"	6.350					
No4	4.760	10.61	0.33	0.61	99.39	
No6	2.380					
No10	2.000	2.89	0.58	1.19	98.81	
No16	1.190					
No20	0.840	7.65	1.51	2.69	97.31	
No30	0.590					
No40	0.420	11.69	2.34	5.01	94.99	
No 50	0.300	10.08	2.02	7.02	92.98	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	64.45	12.89	19.83	80.17	
No200	0.074	35.34	7.07	26.85	73.15	
BASE		368.00	73.60	100.00	0.00	
TOTAL		3200.00	100.00			
% PERDIDA		11.50				

TAMAÑO MAXIMO:
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

P.I.= 3200.00
P.L.= 2832.00
P.P.= 368.00
% W = 20.22

LIMITES DE CONSISTENCIA:
L.L.= 48.69
L.P.= 22.62
I.P.= 26.07

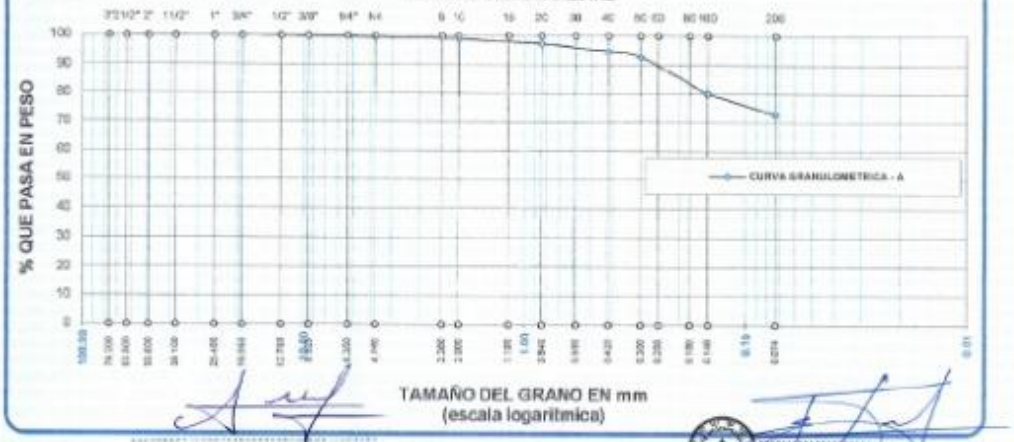
CARACT. GRANULOMETRICAS:
D10= — Cu= —
D30= — Cc= —
D60= —

CLASIFICACION:
SUCS : CL
AASHTO : A -7

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320054

Ing. Wilder Colquehuanca Mamani
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 01

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.10% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes, 06 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	D	S	E
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	45.19	46.44	47.14
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	37.89	40.17	39.71
AGUA	gr.	7.3	6.27	7.43
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.98	20.16	21.06
PESO DEL SUELO SECO	gr.	16.93	19.89	18.65
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	43.12%	41.37%	39.84%
NUMERO DE GOLPES	N	17	24	32

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	1	2
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	34.24	35.68
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.7	33.1
AGUA	gr.	2.54	2.58
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.6	21.7
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.1	11.4
LIMITE PLASTICO	%	22.88%	22.63%

LIMITE LIQUIDO	41.30
LIMITE PLASTICO	22.76
INDICE DE PLASTICIDAD	18.54

Bach. Ing. Andres Luque Poma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 76520084

Ing. Wilder Colquehuanca Curo
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. Nº 209171

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 01

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.50 m.

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	1	Q	7
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	48.2	58.5	50.5
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	40	48.6	44
AGUA	gr.	9.2	9.7	6.5
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.5	21.2	20.7
PESO DEL SUELO SECO	gr.	19.5	25.6	23.3
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	47.18%	37.89%	27.90%
NUMERO DE GOLPES	N	16	22	30

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	1	2
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	33.78	35.25
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.81	33.32
AGUA	gr.	1.97	1.93
PESO DE LA CAPSULA	gr	20.0	21.52
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.81	11.8
LIMITE PLASTICO	%	16.68%	16.36%

LIMITE LIQUIDO	34.46
LIMITE PLASTICO	16.52
INDICE DE PLASTICIDAD	17.94

Bach. Ing. Andres Luque Pari
TECNICO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75520984

Ing. Wilder Calachahuanca Cano
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 01

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.08% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes 09 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	4	F	D
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	57.26	56.2	42.6
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	33	32.8	36.2
AGUA	gr.	4.26	3.4	4.6
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.3	21.8	21.9
PESO DEL SUELO SECO	gr.	12.7	11	16.3
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	33.78%	30.91%	28.22%
NUMERO DE GOLPES	N	16	24	35

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	1	P
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	28.85	30.82
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	28.8	29.5
AGUA	gr.	1.25	1.32
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21	21.3
PESO DEL SUELO SECO	gr.	7.8	8.2
LIMITE PLASTICO	%	16.45%	16.10%

LIMITE LIQUIDO	30.94
LIMITE PLASTICO	16.27
INDICE DE PLASTICIDAD	14.67

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75520004

Ing. Wilder Colquehuanca Cutipa
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

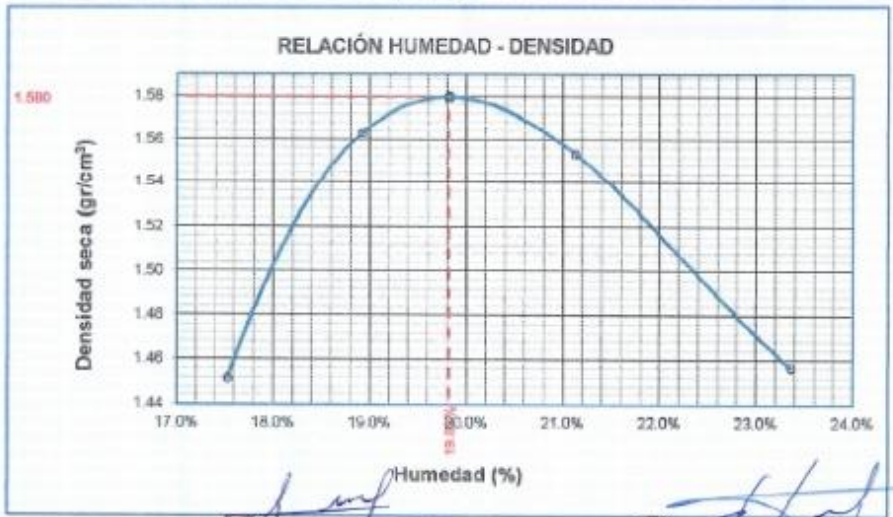
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19L 392380 8249313
MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10023	10348	10396	10216
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3627	3952	4000	3820
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.708	1.859	1.882	1.797

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	114.64	118.35	145.23	120.11	122.00	116.00	130.78	143.59
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	101.50	104.23	125.96	104.28	105.04	99.54	110.88	120.66
Peso del Agua	gr.	13.14	14.12	19.27	15.83	16.96	16.46	19.90	22.93
Peso de la Capsula	gr.	25.44	24.92	23.08	21.46	23.89	22.46	24.78	23.55
Peso del Suelo Seco	gr.	76.06	79.41	102.88	82.82	81.15	77.08	86.10	97.11
% de Humedad	%	17.28%	17.78%	18.7%	19.11%	20.90%	21.35%	23.11%	23.61%
Promedio de Humedad	%	17.53%		18.92%		21.13%		23.36%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.452		1.563		1.553		1.457	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.58	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	19.8%	



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTÉCNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Calquichuanca Curo
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SILLECO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOHUAMAN YUNCA, JUAN PEDRO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19L 393986 8246515
MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	12059	11439	12052	11492	12088	11679
Peso del Molde	gr	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr	4026	3406	4031	3471	4074	3665
Volumen del Suelo	cm3	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3	1.900	1.607	1.902	1.638	1.922	1.729

Capsula No	No	11	22	33	44	55	66	77	88	99
Suelo Humedo + Capsula	gr.	116.67	115.98	108.80	117.03	112.06	108.20	108.60	110.38	109.18
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	96.08	95.00	96.00	96.28	95.36	94.18	93.68	94.78	95.18
Peso del Agua	gr.	19.67	19.85	11.80	18.24	17.65	14.02	14.92	15.61	14.02
Peso de la Capsula	gr.	25.12	26.63	25.55	22.00	22.69	23.15	22.85	23.15	24.85
Peso del Suelo Seco	gr.	70.96	68.67	70.16	77.26	72.79	71.08	70.83	71.63	70.51
% de Humedad	%	28.62%	27.94%	19.81%	23.61%	24.29%	19.74%	21.06%	21.79%	19.88%
Promedio de Humedad	%	28.03%		19.81%	23.92%		19.74%	21.43%		19.88%
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	1.490		1.341	1.535		1.368	1.583		1.442

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansión mm	Expansión %
05/05/2022	12:00: a.m.							571.0	0	0
06/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00						580.0	0.23	0.20
07/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00						585.0	0.36	0.31
08/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00						588.0	0.43	0.37
09/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00						590.0	0.48	0.42

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			33.8	1.7			38.6	2.0			40.2	2.0	
1.27	01:00			49.2	2.5			57.3	2.9			63.8	3.2	
1.91	01:30			63.8	3.2			72.2	3.6			83.4	4.2	
2.54	02:00	70.31		75.3	3.8			84.9	4.3			98.2	4.9	
3.81	03:00			87.9	4.4			104.2	5.3			119.8	6.1	
5.09	04:00	105.00		95.8	4.9			114.3	5.8			135.1	6.8	
6.35	05:00			102.7	5.2			120.6	6.1			143.2	7.2	
7.62	06:00			109.2	5.5			128.9	6.5			149.7	7.6	
8.84	07:00			111.8	5.7			133.2	6.7			154.3	7.8	
10.16	08:00			113.2	5.7			139.3	6.9			156.3	7.9	

Bach. Ing. Andres Lucas Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320664

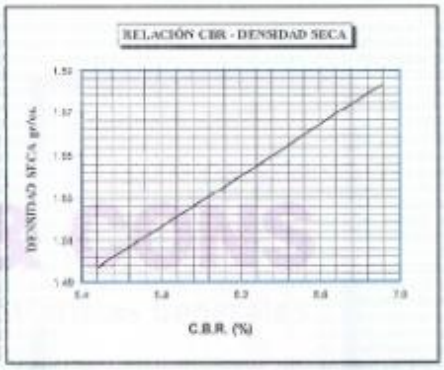
Ing. Wilber Colquehuanca Cano
CIP. N° 209171

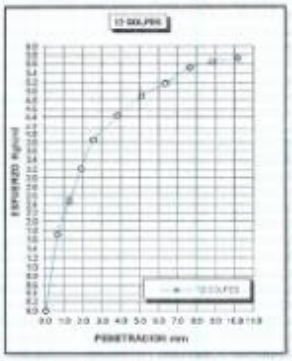
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

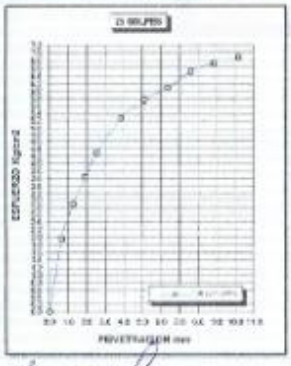
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
MUESTRA	: CALICATA 03 - MUESTRA PATRON
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 19L 392886 8245315
FECHA	: jueves, 02 de junio de 2022

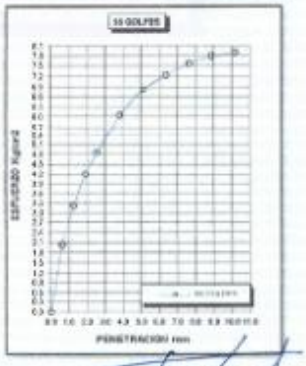
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.58
HUMEDAD OPTIMA (%)	19.8%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.86
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.54
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	: A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS









Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Coquehuanca Cura
CIP. N° 209178

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y CANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN FELIPE

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

COORDENADA : 19L 392886 8245315

MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.5% FIBRA DE ALPACA

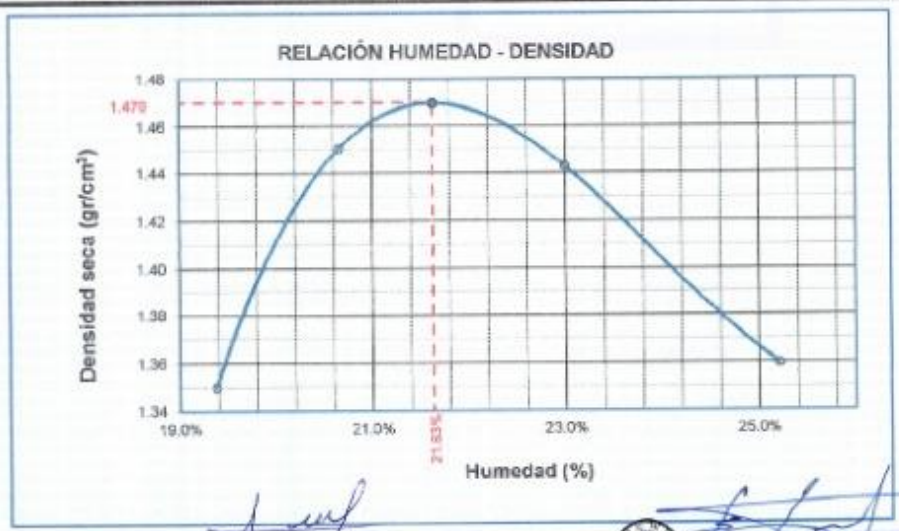
FECHA : Jueves, 02 de Junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9823	10117	10169	10016
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3427	3721	3773	3620
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.612	1.750	1.775	1.703

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	114.31	112.58	112.52	116.34	112.00	111.87	117.04	113.03
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	99.99	98.12	97.65	100.22	95.46	94.82	98.68	94.89
Peso del Agua	gr.	14.32	14.64	14.89	16.12	16.54	17.05	18.36	18.14
Peso de la Capsula	gr.	25.12	24.55	24.80	23.17	22.78	21.45	25.12	23.65
Peso del Suelo Seco	gr.	74.87	73.57	72.85	77.05	72.70	73.37	73.56	71.24
% de Humedad	%	19.13%	19.93%	20.4%	20.92%	22.76%	23.24%	24.96%	25.46%
Promedio de Humedad	%	19.58%		20.66%		22.99%		25.21%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.350		1.451		1.443		1.360	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"		MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.47 gr/cm3
			HUMEDAD OPTIMA	:	21.6%



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Calquihuanca Cano
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAICEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI PUNCA, JUAN PEDRO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19L 392888 8246816
MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.10% LANA DE ALPACA
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde (gr)	11853	11345	11843	11446	11872	11466
Peso del Molde (gr)	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo (gr)	3820	3312	3822	3425	3858	3452
Volumen del Suelo (cm3)	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo (gr/cm3)	1.802	1.563	1.803	1.616	1.820	1.643

Capsula No	No	X	Z	N		E	V	M		A	B	D	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	116.27	112.90	107.03		116.03	112.05	107.03		108.23	109.80	106.70	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	90.23	91.65	92.90		92.54	93.62	92.95		92.15	93.01	91.82	
Peso del Agua	gr.	26.04	20.35	15.90		17.86	19.31	15.08		16.08	16.79	15.08	
Peso de la Capsula	gr.	21.86	22.45	22.36		21.86	21.48	23.05		23.94	22.74	21.86	
Peso del Suelo Seco	gr.	68.38	69.20	69.95		70.68	72.14	69.90		69.11	70.27	69.83	
% de Humedad	%	28.32%	23.41%	21.64%		26.41%	26.63%	21.60%		23.23%	23.89%	21.66%	
Promedio de Humedad	%	**26.31%**		**21.64%**		**26.04%**		**21.60%**		**23.56%**		**21.66%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.394**		**1.286**		**1.431**		**1.329**		**1.470**		**1.350**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo							Dial	Expansión mm	Expansión %
05/05/2022	12:00: a.m.								505.5	0	0
06/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00							515.6	0.26	0.22
07/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00							528.2	0.58	0.50
08/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00							531.4	0.66	0.57
09/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00							540.2	0.88	0.76

PENETRACION

Penetración (mm)	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dia	Kg	Kg/cm2	Correc	Dia	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			38.7	1.8			38.9	2.0			41.8	2.1	
1.27	01:00			69.3	3.5			73.4	3.7			83.9	4.2	
1.91	01:30			92.4	4.7			98.3	5.0			109.9	5.6	
2.54	02:00	70.31		109.9	5.5			119.6	6.0			131.2	6.6	
3.81	03:00			139.8	7.1			153.6	7.8			161.8	8.2	
5.08	04:00	105.00		156.7	7.9			177.3	9.0			187.6	9.5	
6.35	05:00			164.8	8.3			186.6	9.4			198.6	10.0	
7.62	06:00			173.4	8.8			196.5	9.9			207.8	10.5	
8.84	07:00			177.6	9.0			198.5	10.0			212.1	10.7	
10.16	08:00			178.5	9.0			201.9	10.2			218.0	11.0	

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 73320004

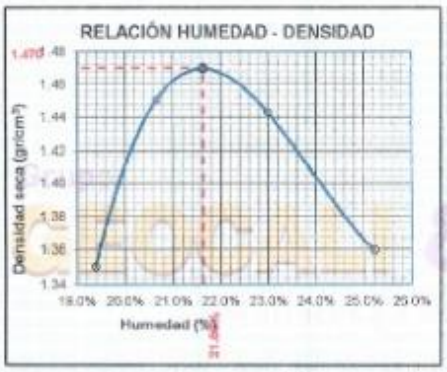
Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

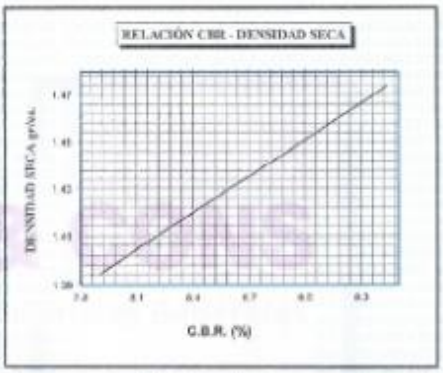
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

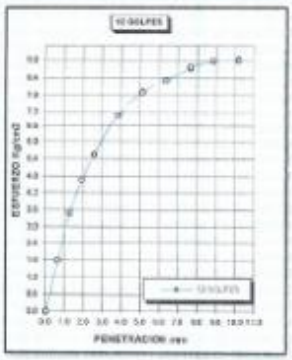
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALCINA MAMANI YUNCA, JUAN PEDRO
MUESTRA	: CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 6.00% LANA DE ALPACA
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 19L 392886 8245315
FECHA	: Jueves, 02 de junio de 2022

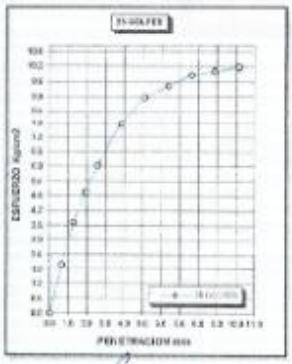
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

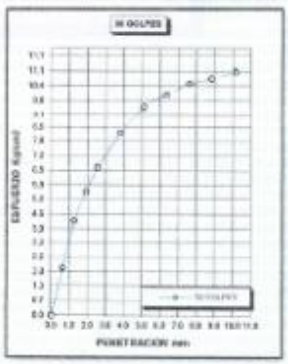
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.47
HUMEDAD OPTIMA (%)	21.5%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.37
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.85
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-6
EMBEBIDO	: 4 DIAS











Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320984

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YURCA, JUAN PEDRO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO: PUNO

MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LAVA DE ALPACA

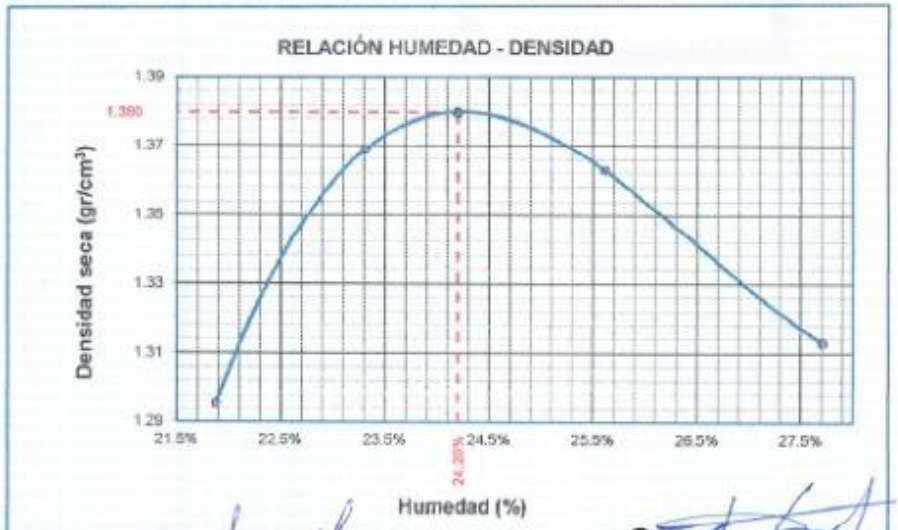
FECHA : Jueves, 02 de Junio de 2022

MOLDE No	:	I	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9753	9985	10036	9961
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3357	3589	3640	3565
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.579	1.688	1.712	1.677

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	115.76	112.88	114.14	111.80	116.34	114.84	120.32	115.94
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	96.13	96.13	97.23	94.06	96.91	95.46	99.66	96.23
Peso del Agua	gr.	19.63	16.63	16.91	17.21	19.43	19.38	20.44	20.71
Peso de la Capsula	gr.	22.14	24.16	23.89	21.55	22.32	20.64	20.44	21.16
Peso del Suelo Seco	gr	73.99	71.89	73.34	73.04	74.59	74.84	74.44	74.07
% de Humedad	%	21.63%	22.73%	23.1%	23.56%	25.37%	25.67%	27.46%	27.96%
Promedio de Humedad	%	21.89%		23.31%		25.52%		27.71%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.296		1.369		1.363		1.313	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"		MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.38 gr/cm3
			HUMEDAD OPTIMA	:	24.2%



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320984

Ing. Wilder Colquehuanca Quro
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 269171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SILLECO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALDAMANIN YUNGA, JUAN FELIPE
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 18L 392586.8246515
MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LAVA DE ALPACA
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	12037	11825	11989	11646	12075	11789
Peso del Molde	gr	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr	4004	3572	3968	3625	4061	3775
Volumen del Suelo	cm3	2323.46	2323.46	2323.46	2323.46	2323.46	2323.46
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3	1.723	1.537	1.699	1.560	1.748	1.625

Capsula No	No	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Suelo Humedo + Capsula	gr	138.09	105.15	132.21	130.19	107.05	103.67	134.19	107.48	133.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	88.36	85.60	85.78	89.25	88.45	87.95	86.97	88.50	86.15
Peso del Agua	gr	49.56	19.55	15.43	15.86	18.69	15.72	17.13	17.98	15.75
Peso de la Capsula	gr	23.12	24.23	22.08	21.85	22.65	23.90	21.47	22.05	23.15
Peso del Suelo Seco	gr	64.84	61.37	63.80	67.40	65.80	64.85	65.50	67.45	65.00
% de Humedad	%	31.60%	31.98%	24.18%	23.97%	28.31%	24.25%	26.15%	26.66%	24.25%
Promedio de Humedad	%	**31.73%**		**24.18%**	**26.14%**		**24.20%**	**26.40%**		**24.25%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.308**		**1.238**	**1.328**		**1.256**	**1.383**		**1.308**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansión mm	Expansión %
05/05/2022	12:00: a.m.							445.0	0	0
06/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00						457.0	0.30	0.26
07/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00						459.0	0.36	0.31
08/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00						461.2	0.41	0.36
09/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00						463.1	0.46	0.40

PENETRACION

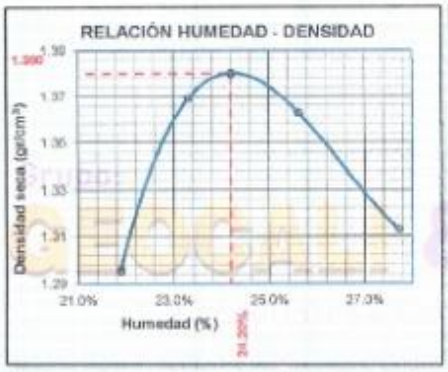
Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			38.4	1.9			41.8	2.1			44.2	2.2	
1.27	01:00			85.2	4.3			91.2	4.6			99.3	5.0	
1.91	01:30			115.5	5.8			128.3	6.4			130.2	6.6	
2.54	02:00	70.31		148.3	7.5			153.2	7.7			166.5	8.4	
3.81	03:00			184.6	9.8			199.2	10.1			214.6	10.8	
5.09	04:00	105.00		215.3	11.0			227.1	11.5			241.7	12.2	
6.35	05:00			232.7	11.8			246.7	12.5			256.9	13.0	
7.62	06:00			241.5	12.2			256.1	12.9			267.1	13.5	
8.84	07:00			245.6	12.3			260.9	13.2			273.2	13.8	
10.16	08:00			246.6	12.5			263.8	13.3			279.6	14.1	

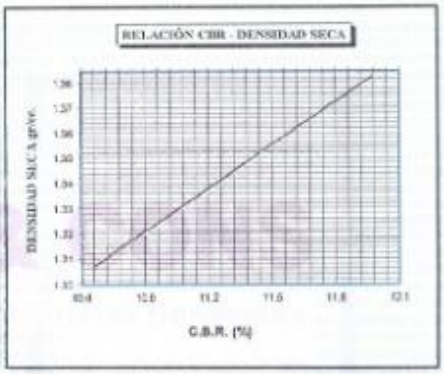
Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320084

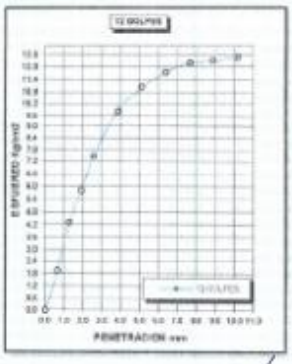
Ing. Wilder Colquehuanca Cano
Est. Geotecnia y Pavimentos
CIP N° 209171

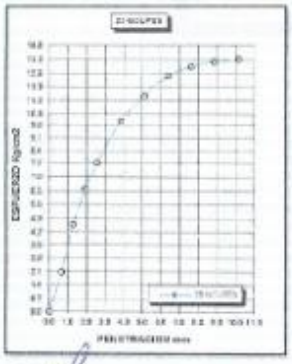
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

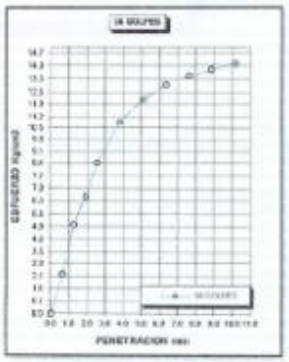
PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PIJAYE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.38
MUESTRA	: CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + ARCILLA + 0.25% LAVA DE ALPACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	24.2%
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	11.93
COORDENADA	: 19L 392686 8245513	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	10.73
FECHA	: Jueves, 02 de Junio de 2022	CLASIFICACIÓN	: CL
		AASHTO	: A-6
		EMBEBIDO	: 4 DIAS











Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320094

Ing. Wilder Calquchuanca Cano
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI PUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO DEPARTAMENTO PUNO

COORDENADA : 19L 392886 8245315

MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.30% LANA DE ALPACA

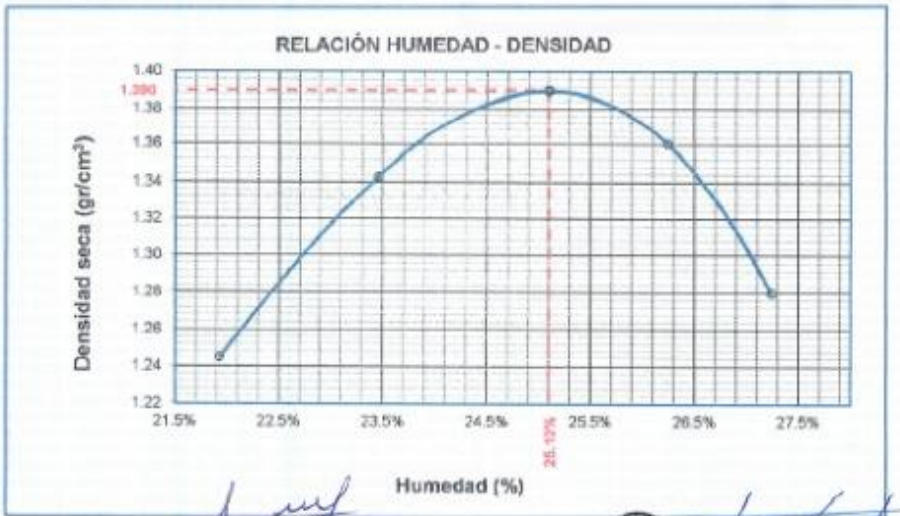
FECHA : Jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9623	9921	10048	9858
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3227	3525	3652	3462
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.518	1.658	1.718	1.628

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	115.50	119.95	131.73	117.11	116.98	123.54	119.53	133.55
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	98.36	102.12	111.14	99.14	97.44	102.78	98.88	110.65
Peso del Agua	gr.	17.14	17.83	20.59	17.97	19.54	20.76	20.65	22.80
Peso de la Capsula	gr.	20.04	20.98	22.98	22.87	22.78	23.88	24.44	25.04
Peso del Suelo Seco	gr.	78.32	81.14	88.16	76.27	74.66	78.90	74.44	85.62
% de Humedad	%	21.88%	21.97%	23.4%	23.56%	26.17%	26.31%	27.74%	26.73%
Promedio de Humedad	%	21.93%		23.48%		26.24%		27.24%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.245		1.343		1.361		1.280	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.39	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	25.1%	



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNICO
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320954

Ing. Wilder Condori Huanca Ccama
Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. Nº 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI PUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

COORDENADA : WGS 8020686.62483 S

MUESTRA : CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 6.50% LAVA DE ALPACA

FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	11779	11263	11757	11405	11746	11444
Peso del Molde	gr	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr	3686	3230	3736	3384	3732	3430
Volumen del Suelo	cm3	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3	1.739	1.524	1.763	1.597	1.761	1.618

Capsula No		11	12	13	14	15	16	17	18	19
Suelo Humedo + Capsula	gr	120.40	123.80	136.72	96.80	117.84	118.00	118.21	119.80	140.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	99.96	103.12	107.93	83.68	98.89	99.00	98.45	99.87	116.18
Peso del Agua	gr	20.41	20.48	19.16	20.82	21.05	19.00	19.76	19.93	23.82
Peso de la Capsula	gr	23.99	24.56	25.05	20.76	21.07	23.42	20.52	22.34	24.10
Peso del Suelo Seco	gr	76.03	78.53	78.45	75.12	74.92	75.58	77.91	77.53	95.08
% de Humedad	%	26.85%	26.08%	25.10%	27.85%	28.10%	25.14%	25.38%	25.71%	25.05%
Promedio de Humedad	%	**30.94%**		**26.10%**	**27.97%**		**25.14%**	**25.55%**		**25.05%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.328**		**1.218**	**1.377**		**1.278**	**1.403**		**1.294**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansión mm	Expansión %
06/05/2022	12:00 a.m.							391.0	0	0
06/05/2022	12:00 a.m.	24:00:00						403.0	0.30	0.26
07/05/2022	12:00 a.m.	48:00:00						405.2	0.36	0.31
08/05/2022	12:00 a.m.	72:00:00						407.1	0.41	0.35
09/05/2022	12:00 a.m.	96:00:00						409.6	0.47	0.41

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0:00		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.63	00:30		36.2	1.5			39.8	2.0			41.9	2.1		
1.27	01:00		68.4	3.5			78.5	4.0			89.4	4.5		
1.91	01:30		106.6	5.4			122.8	6.2			126.5	6.4		
2.54	02:00	70.31	134.8	6.8			146.9	7.4			153.2	7.7		
3.81	03:00		176.8	8.9			192.8	9.7			199.5	10.1		
5.09	04:00	105.00	198.2	10.0			218.6	11.0			230.4	11.6		
6.35	05:00		208.3	10.5			220.8	11.6			241.6	12.2		
7.62	06:00		213.5	10.8			237.7	12.0			249.2	12.6		
8.84	07:00		219.5	11.1			242.8	12.3			250.3	12.7		
10.16	08:00		221.4	11.2			243.1	12.3			251.2	12.7		

Bach. Ing. Angras Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320904

Ing. Wilder Colquehuanca Lima
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

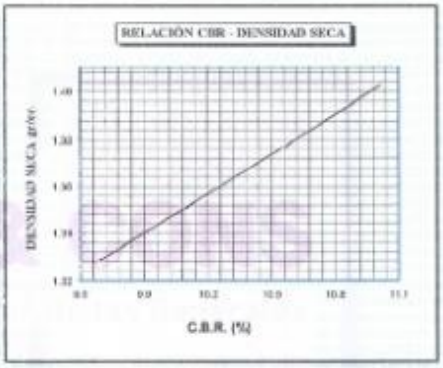
ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

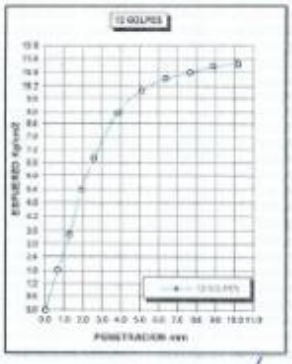
Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

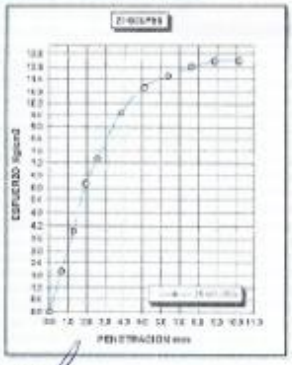
RUC.: 20605082310

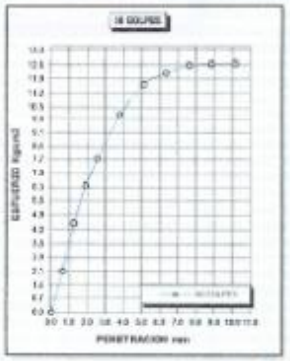
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"	**METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91**	
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.39
MUESTRA	: CALICATA 01 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.5% LANA DE ALPACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	25.1%
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.79
COORDENADA	: 19L 392885 8243315	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.55
FECHA	: Jueves, 02 de junio de 2022	CLASIFICACIÓN	: CL
		AASHTO	: A-4
		EMBEBIDO	: 4 DIAS









Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320064

Ing. Wilder Colqueheanda Curo
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. Nº 209171

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN FELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 02

MUESTRA : MUESTRA PATRON

PROFUNDIDAD : 1.60 m.

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	D	3	E
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	38.72	39.13	36.12
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	32.52	33.08	30.56
AGUA	gr.	6.2	6.05	5.56
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.77	20.91	20.59
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.75	12.17	9.97
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	52.77%	49.71%	45.74%
NUMERO DE GOLPES	N	16	24	35

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	I	2
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	34.18	35.67
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.76	33.16
AGUA	gr.	2.42	2.51
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.5	21.69
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.22	11.47
LIMITE PLASTICO	%	21.57%	21.88%

LIMITE LIQUIDO	49.29
LIMITE PLASTICO	21.73
INDICE DE PLASTICIDAD	27.56

Bach. Ing. Andres Laque Puno
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320994

Ing. Walter Colquehuanca Cano
Esp. Geotecnia y Pavimentos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 02

MUESTRA : MUESTRA PATRON

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. % Pasa En Peso
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	26.55	4.43	4.43	95.58	
1/2"	12.700	7.10	1.18	5.61	94.39	
3/8"	9.525	0.00	0.00	5.61	94.39	
1/4"	6.350					
No4	4.760	7.40	1.23	6.84	93.16	
No8	2.380					
No10	2.000	6.39	1.07	7.83	92.17	
No16	1.190					
No20	0.840	2.69	0.45	8.25	91.75	
No30	0.590					
No40	0.420	2.03	0.34	8.57	91.43	
No 50	0.300	1.39	0.23	8.78	91.22	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	3.96	0.66	9.40	90.60	
No200	0.074	5.18	0.86	10.20	89.80	
BASE		578.36	96.39	100.00	0.00	
TOTAL		600.00	100.00			
% PERDIDA		96.39				

TAMAÑO MAXIMO:

DESCRIPCION DE LA MUESTRA

P.I.=	600.00
P.L.=	21.64
P.P.=	578.36
% W =	22.30

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.=	49.29
L.P.=	21.73
I.P.=	27.56

CARACT. GRANULOMETRICAS:

D10= ---- Cu= ----
D30= ---- Cc= ----
D60= ----

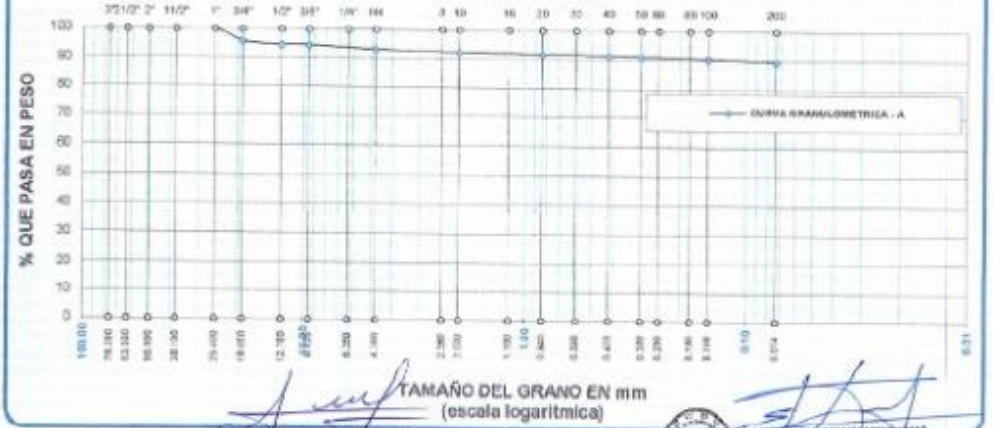
CLASIFICACION:

SUCS : CL
AASHTO : A -7

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Colquehuanca Puma
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, BALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 02

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.10% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m.

FECHA : lunes, 06 de mayo de 2022

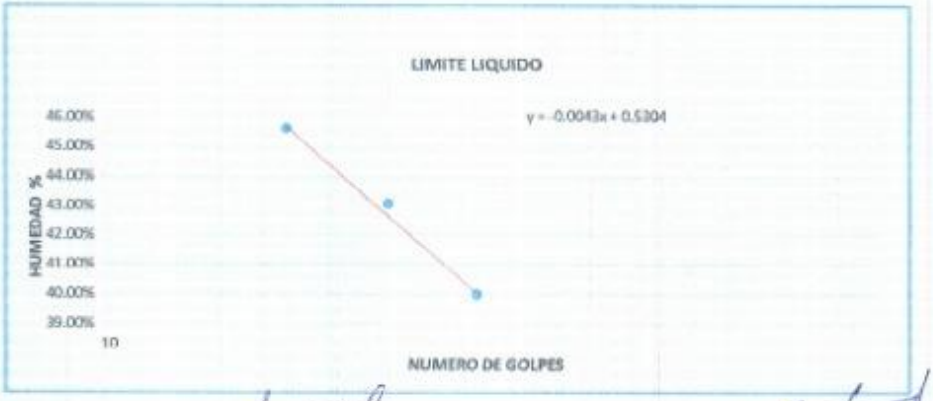
LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	E	D	B
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	49	50.23	53
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	40.1	41.7	43.8
AGUA	gr.	8.9	8.53	9.2
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.6	21.9	20.8
PESO DEL SUELO SECO	gr.	19.5	19.8	23
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	45.64%	43.08%	40.00%
NUMERO DE GOLPES	N	17	23	30

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	F	3
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	33.28	34.05
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	31.08	31.73
AGUA	gr.	2.2	2.32
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.7	20.91
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10.4	10.82
LIMITE PLASTICO	%	21.19%	21.44%

LIMITE LIQUIDO	42.18
LIMITE PLASTICO	21.32
INDICE DE PLASTICIDAD	20.87



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320564

Ing. Wilder Colquehuanca Caro
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 02

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes, 06 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	M	N	G
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	41.9	46.9	44.5
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	33.16	37.74	36.15
AGUA	gr.	8.74	9.16	8.35
PESO DE LA CAPSULA	gr.	10.72	12.48	12.28
PESO DEL SUELO SECO	gr.	22.44	25.26	23.87
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	38.95%	36.26%	34.98%
NUMERO DE GOLPES	N	15	24	35

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	Y	Z
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	17.45	15.7
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	15.2	14
AGUA	gr.	2.25	1.7
PESO DE LA CAPSULA	gr.	8.6	9.03
PESO DEL SUELO SECO	gr.	6.6	4.97
LIMITE PLASTICO	%	34.09%	34.21%

LIMITE LIQUIDO	36.67
LIMITE PLASTICO	34.15
INDICE DE PLASTICIDAD	2.52

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 76320964

Ing. Wilder Colquehuanca Luro
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 02

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.50% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m.

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

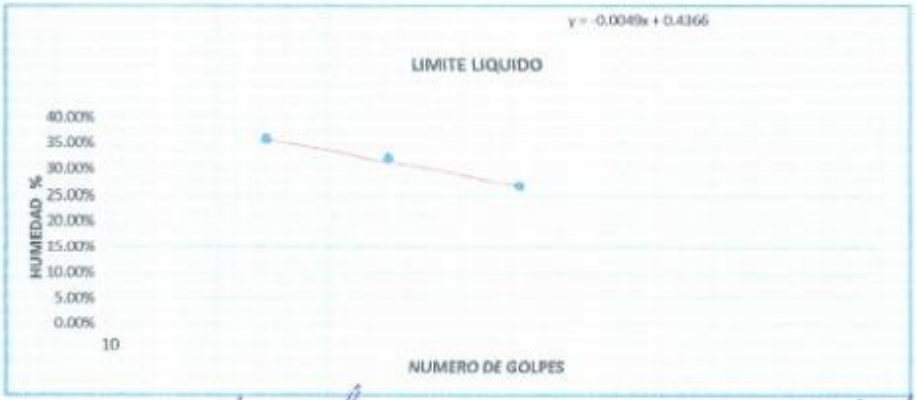
LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	E	3	G
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	51.72	53.72	52.65
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	43.51	45.73	48.01
AGUA	gr.	8.21	7.99	6.64
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.59	20.91	21.33
PESO DEL SUELO SECO	gr.	22.92	24.82	24.68
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	35.82%	32.19%	26.90%
NUMERO DE GOLPES	N	18	23	34

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	X	M
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	146.5	148.7
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	144.95	147.1
AGUA	gr.	1.55	1.6
PESO DE LA CAPSULA	gr.	135.8	137.52
PESO DEL SUELO SECO	gr.	9.15	9.58
LIMITE PLASTICO	%	16.89%	16.70%

LIMITE LIQUIDO	31.31
LIMITE PLASTICO	16.79
INDICE DE PLASTICIDAD	14.52



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA, SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 70320664

Ing. Wilder Colquehuanca Cana
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. Nº 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

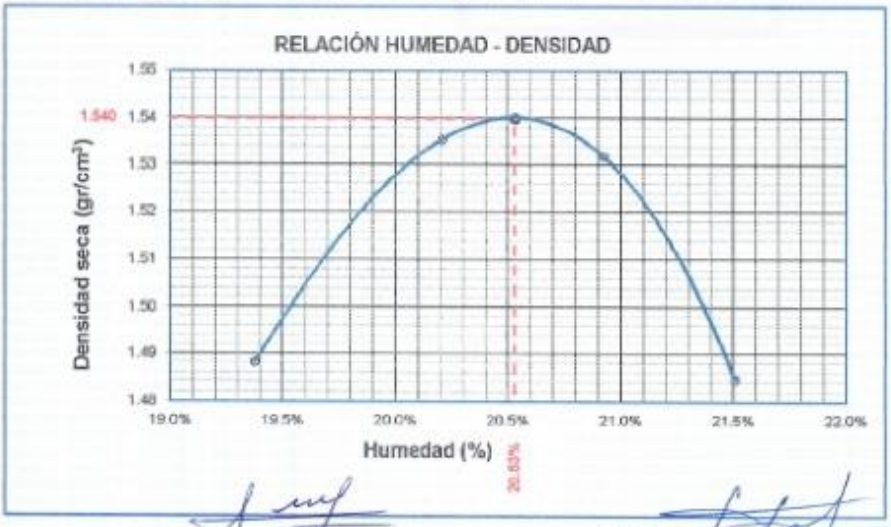
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAMINAS DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YURCA, JUAN PILAYO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19. 392057 8245804
MUESTRA : CALICATA 02 - MUESTRA PATRON
FECHA : Jueves, 02 de Junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10173	10320	10334	10231
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3777	3924	3938	3835
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.777	1.846	1.852	1.804

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	117.73	130.65	133.55	116.25	160.67	141.45	170.47	142.81
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	102.45	115.64	115.43	100.15	137.36	120.91	145.12	122.13
Peso del Agua	gr.	15.28	14.01	18.02	16.10	23.31	20.54	25.35	21.68
Peso de la Capsula	gr.	22.56	23.68	22.80	21.31	24.54	23.16	25.38	22.88
Peso del Suelo Seco	gr.	79.89	91.75	92.63	78.84	112.82	97.75	119.74	99.25
% de Humedad	%	19.13%	19.65%	20.0%	20.42%	20.84%	21.01%	21.17%	21.84%
Promedio de Humedad	%	19.39%		20.21%		20.93%		21.51%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.488		1.536		1.532		1.485	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"		MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.54 gr/cm3
			HUMEDAD OPTIMA	:	20.5%



Bach. Ing. Andres Luque [illegible]
TECNICO DE LABORATORIO [illegible]
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320004

Ing. Wilder Colquehuanca Curo
Esp. Geotecnia [illegible] Suelos
CIP. N° 22[illegible]

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANAS DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALDERA MAMANI YUNCA, JUAN PEDRO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO: PUNO
COORDENADA : 19L 392857 8245894
MUESTRA : CALICATA 02 - MUESTRA PATRON
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	II		I		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde (gr)	11999	11423	11973	11486	12022	11672
Peso del Molde (gr)	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo (gr)	3966	3390	3952	3465	4008	3658
Volumen del Suelo (cm3)	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo (gr/cm3)	1.871	1.599	1.865	1.635	1.891	1.726

Capsula No	No	O	P	Q	Z	R	S	Y	L	M
Suelo Humedo + Capsula	gr	168.22	137.58	161.40	164.41	137.54	164.60	168.83	137.78	168.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	88.23	88.45	87.65	88.23	90.10	90.88	91.24	92.04	92.33
Peso del Agua	gr	18.69	18.87	13.50	16.18	17.24	13.77	16.01	15.76	14.07
Peso de la Capsula	gr	21.53	21.58	22.12	23.60	22.96	23.69	24.15	22.86	23.64
Peso del Suelo Seco	gr	67.73	65.87	65.54	64.63	67.72	67.28	67.09	69.19	68.49
% de Humedad	%	28.50%	28.33%	20.59%	25.09%	25.46%	20.47%	22.37%	22.78%	20.54%
Promedio de Humedad	%	**28.18%**		**20.50%**	**25.25%**		**20.47%**	**22.57%**		**20.54%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.460**		**1.327**	**1.489**		**1.357**	**1.549**		**1.432**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansion mm	Expansion %
12/05/2022	12:00: a.m.							561.1	0	0
13/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00						563.2	0.31	0.27
14/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00						565.3	0.36	0.31
15/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00						568.0	0.43	0.37
16/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00						570.2	0.49	0.42

PENETRACION

Penetracion (mm)	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			28.5	1.4			32.7	1.7			34.2	1.7	
1.27	01:00			50.1	2.5			52.3	2.6			58.7	3.0	
1.91	01:30			68.3	3.4			70.0	3.6			76.6	3.9	
2.54	02:00	70.31		82.7	4.1			86.5	4.4			97.5	4.9	
3.81	03:00			104.2	5.3			111.5	5.6			122.4	6.2	
5.09	04:00	105.00		115.8	5.9			125.4	6.3			136.7	6.9	
6.35	05:00			121.5	6.1			131.7	6.7			143.7	7.3	
7.62	06:00			124.7	6.3			136.6	6.9			148.2	7.5	
8.84	07:00			127.4	6.4			138.4	7.0			150.2	7.6	
10.16	08:00			129.1	6.5			139.7	7.1			151.8	7.7	

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO MECANICA DE SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320954

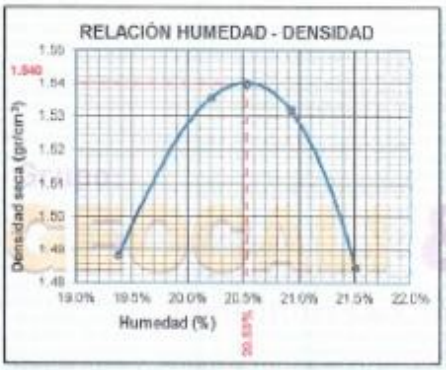
Ing. Wilder Colquehuanca Loco
Esp. Geotecnia y Asfalt
CIP. N° 209171

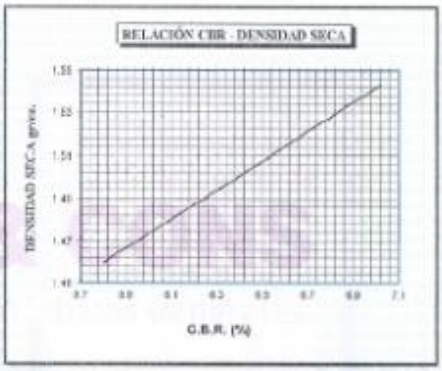
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

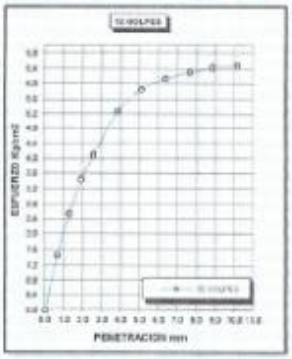
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
MUESTRA	: CALICATA 02 - MUESTRA PATRON
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO -DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: LRL 392957 8245894
FECHA	: jueves, 02 de junio de 2022

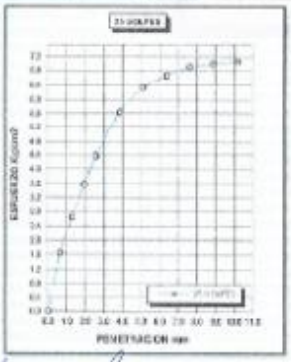
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

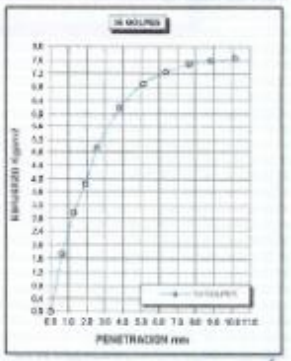
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.54
HUMEDAD OPTIMA (%)	20.5%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.97
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.85
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS











Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Colquehuanca Pinto
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. Nº 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

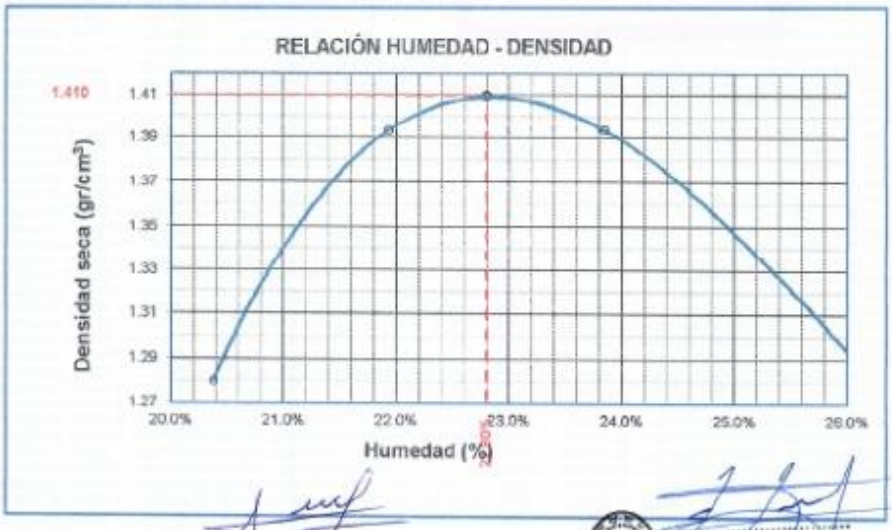
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 19L 352857 8245894
MUESTRA	: CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA
FECHA	: jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9673	10009	10066	9836
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3277	3613	3670	3440
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.541	1.700	1.726	1.618

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	114.87	113.52	112.61	113.27	116.09	117.37	117.93	119.60
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	99.46	98.02	96.30	97.25	98.45	99.56	98.87	99.99
Peso del Agua	gr.	15.41	15.30	15.31	15.02	17.64	17.81	19.06	19.91
Peso de la Capsula	gr.	22.92	23.84	21.54	24.63	24.12	25.25	25.46	24.75
Peso del Suelo Seco	gr.	75.54	74.18	74.76	72.65	74.33	74.31	73.41	75.24
% de Humedad	%	20.13%	20.62%	21.8%	22.06%	23.73%	23.97%	25.96%	26.49%
Promedio de Humedad	%	20.38%		21.93%		23.85%		26.21%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.281		1.394		1.394		1.282	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.41	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	22.8%	



Bach. Ing. Andres Luque Pum
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNICO
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320[illegible]

Ing. Wilder Colque Yunca Yuro
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. Nº 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PEDRO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19L 392697 8246984
MUESTRA : CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 0.50% LANA DE ALPACA
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	II		I		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11729	11239	11721	11319	11753	11452
Peso del Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr.	3696	3206	3700	3298	3739	3438
Volumen del Suelo	cm3.	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	g/cm3	1.744	1.513	1.746	1.555	1.764	1.622

Capsula No	No	1	2	3		5	6	4		8	9	11	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	110.85	112.56	107.48		106.65	112.70	107.35		108.89	111.82	111.73	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	90.52	91.54	87.58		92.15	93.62	92.14		92.84	94.00	95.25	
Peso del Agua	gr.	20.33	21.01	19.90		14.50	19.13	15.21		17.15	17.82	16.48	
Peso de la Capsula	gr.	22.68	22.80	22.58		22.98	24.05	25.11		23.22	23.64	22.88	
Peso del Suelo Seco	gr.	67.72	68.74	65.00		68.17	69.57	67.03		69.62	70.36	72.37	
% de Humedad	%	30.02%	30.56%	30.62%		21.19%	27.50%	22.69%		24.63%	25.04%	22.77%	
Promedio de Humedad	%	30.44%		22.80%		27.34%		22.59%		24.84%		22.77%	
Densidad del Suelo Seco	g/cm3	1.337		1.232		1.371		1.267		1.413		1.321	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo							Dial	Expansión mm	Expansión %
12/05/2022	12:00: a.m.								164.2	0	0
13/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00							172.8	0.22	0.19
14/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00							182.6	0.47	0.41
15/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00							189.7	0.65	0.56
16/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00							192.3	0.71	0.62

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			30.2	1.5			33.6	1.7			36.2	1.8	
1.27	01:00			56.2	2.8			63.5	3.2			69.5	3.5	
1.91	01:30			79.0	4.0			86.4	4.4			93.6	4.7	
2.54	02:00	76.31		98.3	5.0			107.5	5.4			119.8	6.1	
3.81	03:00			120.8	6.1			136.2	6.9			153.2	7.7	
5.08	04:00	105.00		135.2	6.5			155.8	7.9			176.6	8.9	
6.35	05:00			140.6	7.1			163.5	8.3			186.9	9.4	
7.62	06:00			144.2	7.3			168.7	8.5			194.7	9.8	
8.84	07:00			148.6	7.5			173.2	8.8			198.5	10.0	
10.16	08:00			148.4	7.6			176.3	8.9			199.8	10.1	

Bach. Ing. Andres Luque Pinto
TECNICO DE LABORATORIO ESPECIALISTA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320004

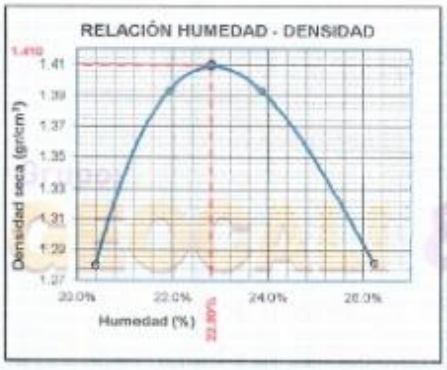
Ing. Wilder Calsin Mamani Cuno
Esp. Mecanica de Suelos
CIP. N° 209171

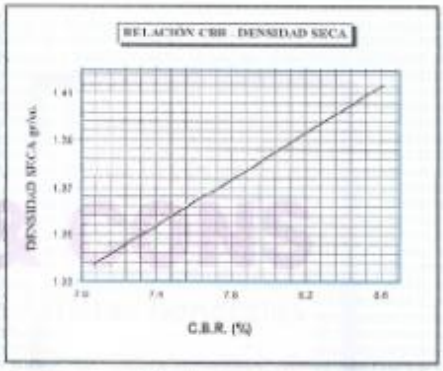
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

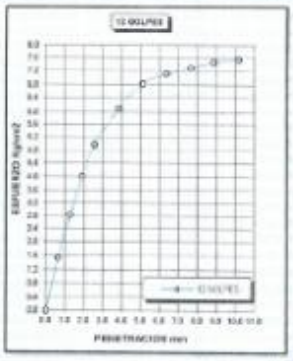
PROYECTO	:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	:	Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
MUESTRA	:	CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 0.10% LANA DE ALPACA
UBICACIÓN	:	PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	:	191 392937 8245894
FECHA	:	jueves, 02 de junio de 2022

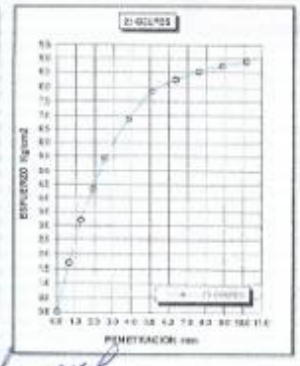
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

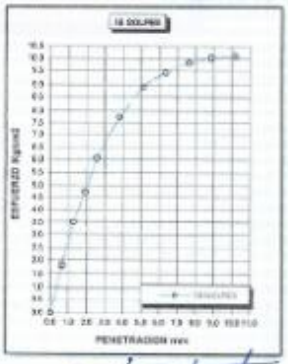
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.41
HUMEDAD OPTIMA (%)	22.8%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.54
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.11
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS











Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320054

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

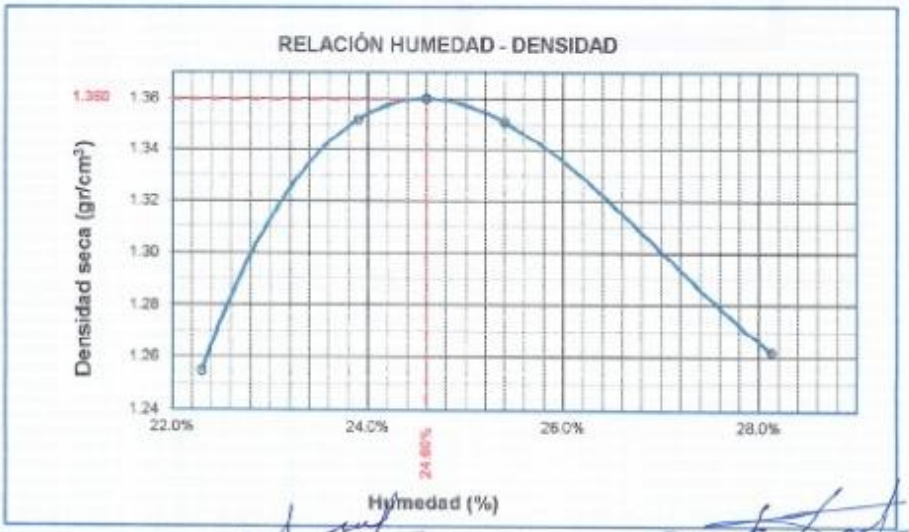
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI PUNCA, JUAN PELAYO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO: PUNO
MUESTRA : CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA
FECHA : Jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9650	9957	9998	9834
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3	3263	3561	3602	3438
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3	1.535	1.675	1.694	1.617

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	123.65	129.95	148.18	153.19	154.89	163.11	145.60	168.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	105.23	110.30	124.64	127.95	128.46	134.27	119.12	136.56
Peso del Agua	gr.	18.42	19.50	23.54	25.24	26.43	28.84	26.48	31.53
Peso de la Capsula	gr.	21.66	23.87	25.59	22.86	23.65	21.54	24.15	25.45
Peso del Suelo Seco	gr.	83.56	86.48	98.03	105.07	104.81	112.73	94.97	111.11
% de Humedad	%	22.05%	22.56%	23.8%	24.02%	25.22%	25.58%	27.88%	28.38%
Promedio de Humedad	%	22.30%		23.89%		25.40%		28.13%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.255		1.352		1.351		1.262	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"		MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.36 gr/cm3
			HUMEDAD OPTIMA	:	24.6%



Bach. Ing. Andres Lugue Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
CIP. N° 22[illegible]

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAMA DE ALFACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALDERANMAN YUNCA, JUAN FELIPE

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

MUESTRA : CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 0.25% LAMA DE ALFALFA

FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde (gr)	11643	11278	11623	11296	11675	11429
Peso del Molde (gr)	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo (gr)	3610	3245	3602	3277	3661	3415
Volumen del Suelo (cm3)	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo (gr/cm3)	1.703	1.531	1.700	1.546	1.727	1.611

Capsula No	No	X	P	G	H	M	N	R	T	U
Suelo Humedo + Capsula	gr	98.93	95.79	96.09	96.66	99.12	96.09	99.09	97.45	99.92
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	80.33	81.39	83.15	82.91	82.66	83.45	82.74	81.60	82.51
Peso del Agua	gr	18.12	14.40	13.61	15.75	16.46	14.65	16.35	15.90	14.41
Peso de la Capsula	gr	23.62	24.18	25.80	28.10	36.50	24.33	21.62	32.80	23.60
Peso del Suelo Seco	gr	56.56	57.18	58.35	54.25	56.16	59.12	61.22	58.86	58.61
% de Humedad	%	32.03%	32.27%	24.59%	29.04%	29.31%	24.51%	26.58%	26.85%	24.59%
Promedio de Humedad	%	**32.15%**		**24.69%**	**29.10%**		**24.61%**	**26.70%**		**24.59%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.289**		**1.228**	**1.316**		**1.241**	**1.363**		**1.293**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión mm	Expansión %
12/05/2022	12:00: a.m.		102.0	0	0
13/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00	115.0	0.33	0.29
14/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00	128.0	0.66	0.57
15/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00	141.2	1.00	0.86
16/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00	154.9	1.34	1.17

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00		
0.63	00:30		34.6	1.7			36.9	1.8			37.2	1.9		
1.27	01:00		78.8	4.0			86.4	4.4			94.3	4.8		
1.91	01:30		129.2	6.1			139.7	6.5			134.2	6.6		
2.54	02:00	70.31	153.3	7.7			159.2	8.0			168.9	8.5		
3.81	03:00		195.2	9.9			208.8	10.6			213.5	10.8		
5.09	04:00	105.00	219.3	11.0			234.8	11.9			239.4	12.1		
6.35	05:00		232.9	11.8			249.5	12.6			256.7	13.0		
7.62	06:00		243.7	12.3			259.2	13.1			269.9	13.6		
8.84	07:00		251.7	12.7			267.3	13.5			274.5	13.9		
10.16	08:00		254.9	12.9			270.5	13.7			279.8	14.1		

Bach. Ing. Andres Llanpe Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320954

Ing. Wilder Colquehuanca Quispe
Esp. Geotecnia y Mec. de Suelos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

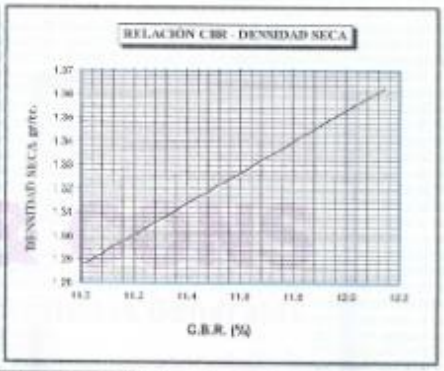
RUC.: 20605082310

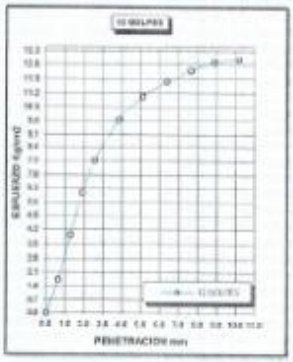
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

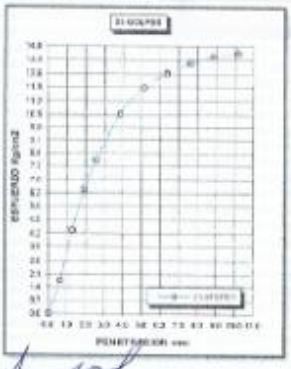
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
MUESTRA	: CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 191.392957.8245894
FECHA	: jueves, 02 de junio de 2022

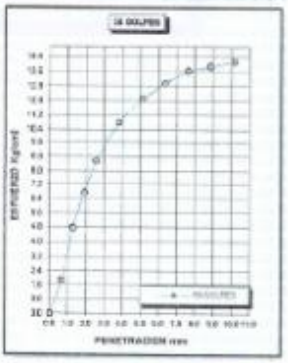
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.36
HUMEDAD OPTIMA (%)	24.6%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	12.10
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.07
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS









Bach. Ing. Andres Lucas Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 76320964

Ing. Wilder Celquemanco Arturo
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

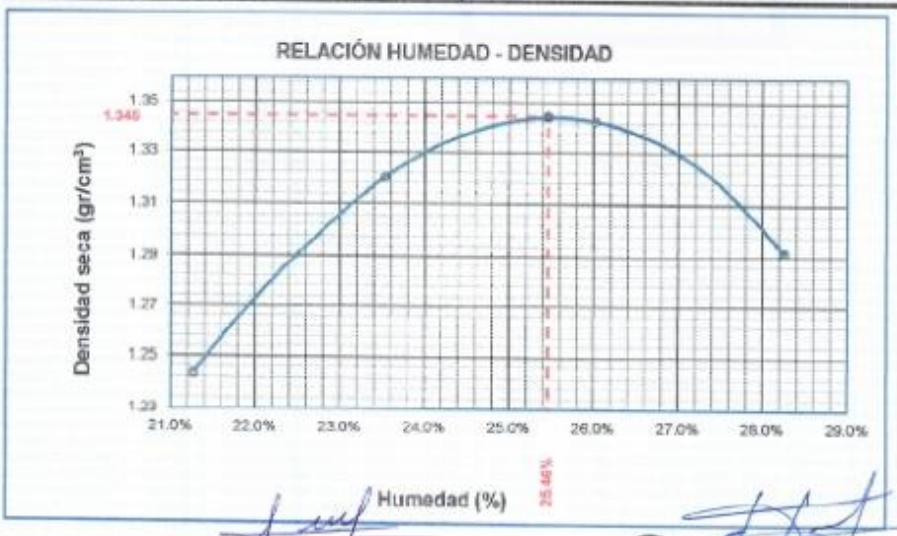
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL + LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 19L 392957 8245894
MUESTRA	: CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4%CAL + 0.50% LANA DE ALPACA
FECHA	: jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9802	9863	9994	9918
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3206	3467	3598	3522
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.508	1.631	1.692	1.657

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	115.38	133.80	157.96	134.23	133.70	152.77	131.88	138.77
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	99.29	112.19	132.62	113.02	119.56	126.09	108.06	113.98
Peso del Agua	gr.	16.13	18.61	25.33	21.21	23.14	26.68	23.80	24.79
Peso de la Capsula	gr.	23.40	24.67	23.33	24.23	23.34	21.49	25.13	24.84
Peso del Suelo Seco	gr.	75.83	87.52	109.29	88.79	87.22	104.60	82.95	89.14
% de Humedad	%	21.27%	21.38%	23.2%	23.89%	26.53%	25.51%	28.69%	27.81%
Promedio de Humedad	%	21.27%		23.53%		26.02%		28.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.244		1.320		1.343		1.292	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.35	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	25.5%	



Bach. Ing. Andres Luque Pinto
TECNICO DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 76320964

Ing. Walter A. Mendoza Cura
Jefe Laboratorio de Suelos
CIP. N° 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y CENIZAS DE PAJA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALDERONARIN TUNCA, JUAN PEDRO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

COORDENADA : 19L 390367 8246894

MUESTRA : CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 8.89% CENIZA DE ALPACA

FECHA : Jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11632	11284	11616	11370	11662	11462
Peso del Molde	gr.	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr.	3600	3251	3595	3349	3648	3448
Volumen del Suelo	cm3	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	(gr/cm3)	1.698	1.534	1.696	1.580	1.721	1.627

Capsula No	No	V	F	E	N	H	W	O	P	S
Suelo Humedo + Capsula	gr.	107.38	100.72	96.09	102.00	100.31	98.09	101.84	105.50	96.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	85.89	85.14	82.65	84.24	83.85	82.19	84.75	86.82	83.51
Peso del Agua	gr.	21.49	15.58	13.41	17.76	16.46	14.87	17.09	18.68	12.69
Peso de la Capsula	gr.	21.54	22.21	23.54	23.45	24.52	24.48	20.56	23.86	20.19
Peso del Suelo Seco	gr.	64.25	62.36	58.41	60.69	59.43	58.25	62.39	62.97	61.53
% de Humedad	%	33.69%	32.72%	25.59%	29.31%	32.05%	25.53%	27.38%	29.67%	25.58%
Promedio de Humedad	%	**33.15%**		**25.50%**	**30.94%**		**25.53%**	**27.18%**		**25.58%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.275**		**1.222**	**1.298**		**1.260**	**1.353**		**1.296**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansión mm	Expansión %
12/05/2022	12:00: a.m.							551.0	0	0
13/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00						563.1	0.31	0.27
14/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00						564.9	0.35	0.31
15/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00						567.2	0.41	0.36
16/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00						569.8	0.48	0.41

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm-2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			31.8	1.6			33.6	1.7			35.7	1.8	
1.27	01:00			78.7	4.0			81.6	4.1			90.7	4.6	
1.91	01:30			112.4	5.7			117.6	6.0			123.7	6.3	
2.54	02:00	70.31		140.4	7.1			143.6	7.3			155.5	7.9	
3.81	03:00			176.4	8.9			180.6	9.1			197.9	10.0	
5.09	04:00	105.00		197.4	10.0			207.4	10.5			226.4	11.4	
6.35	05:00			211.7	10.7			229.7	11.6			239.8	12.1	
7.62	06:00			223.6	11.3			243.7	12.3			251.6	12.7	
8.84	07:00			232.1	11.7			254.7	12.9			260.9	13.2	
10.16	08:00			236.4	11.9			257.3	13.0			264.1	13.3	

Bach. Ing. Andres Luque Pinto
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320084

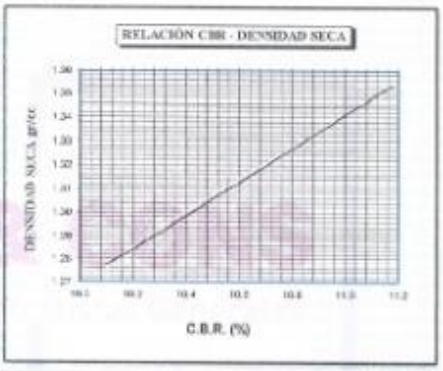
Ing. [illegible]
CIP. N° 209171

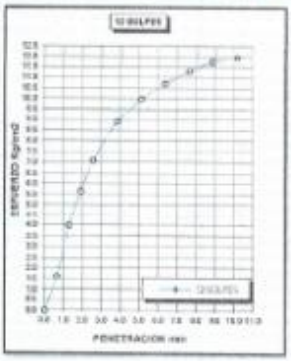
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

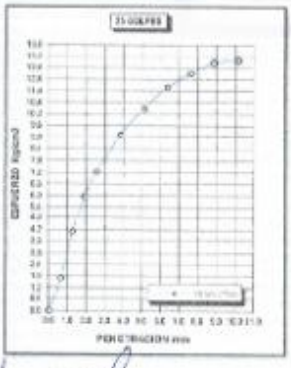
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAMA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI MUNCA, JUAN PELAYO
MUESTRA	: CALICATA 02 - MUESTRA PATRON 4% CAL + 2.5% LAMA DE ALPACA
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 19L 392957 8245694
FECHA	: jueves, 02 de junio de 2022

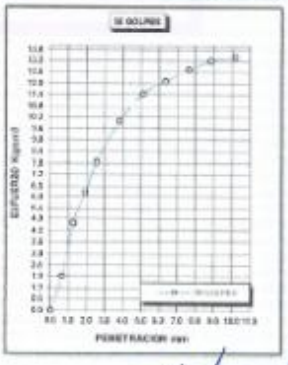
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-01

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.35
HUMEDAD OPTIMA (%)	25.5%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	11.05
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	10.11
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS









Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 76320964

Ing. Willy Calcina Cruz
Esp. Geotecnia y Mec. de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA JUAN PELAYO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
CALICATA : CALICATA 01
MUESTRA : MUESTRA PATRON
PROFUNDIDAD : 1.60 m
FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

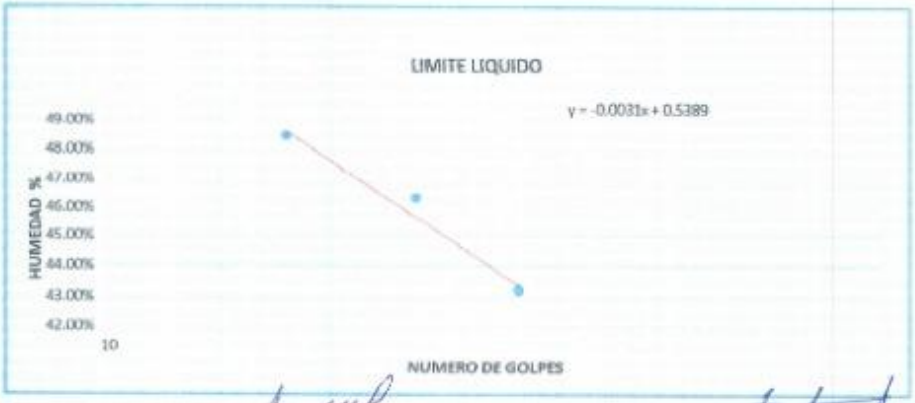
LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	W	L	N
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	34.3	31.42	35.15
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	30.1	27.81	30.8
AGUA	gr.	4.2	3.61	4.35
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21.44	20.34	20.74
PESO DEL SUELO SECO	gr.	8.65	7.57	10.06
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	48.60%	46.37%	43.24%
NUMERO DE GOLPES	N	17	28	34

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	C	P
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	29.38	29.15
CAPSULA + SUELO SECO	gr	27.93	27.75
AGUA	gr.	1.45	1.4
PESO DE LA CAPSULA	gr	21.23	21.27
PESO DEL SUELO SECO	gr.	6.7	6.48
LIMITE PLASTICO	%	21.64%	21.60%

LIMITE LIQUIDO	46.14
LIMITE PLASTICO	21.62
INDICE DE PLASTICIDAD	24.52



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI: 72320084

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y CENIZA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 03

MUESTRA : MUESTRA PATRON

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. % Pasa En Peso
3"	76.200					
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350					
No4	4.760	15.70	2.62	2.62	97.38	
No8	2.380					
No10	2.000	12.70	2.12	4.65	95.32	
No16	1.190					
No20	0.840	9.50	1.58	6.22	93.78	
No30	0.590					
No40	0.420	8.60	1.43	7.62	92.38	
No 50	0.300	5.90	0.98	8.57	91.43	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	16.40	2.67	11.07	88.93	
No200	0.074	53.50	8.92	19.76	80.24	
BASE		494.40	82.40	100.00	0.00	
TOTAL		600.00	100.00			
% PERDIDA		82.40				

TAMANO MAXIMO:
DESCRIPCION DE LA MUESTRA

P.I.= 600.00
P.L.= 105.60
P.P.= 494.40
% W = 21.64

LIMITES DE CONSISTENCIA:
L.L.= 46.14
L.P.= 21.62
I.P.= 24.52

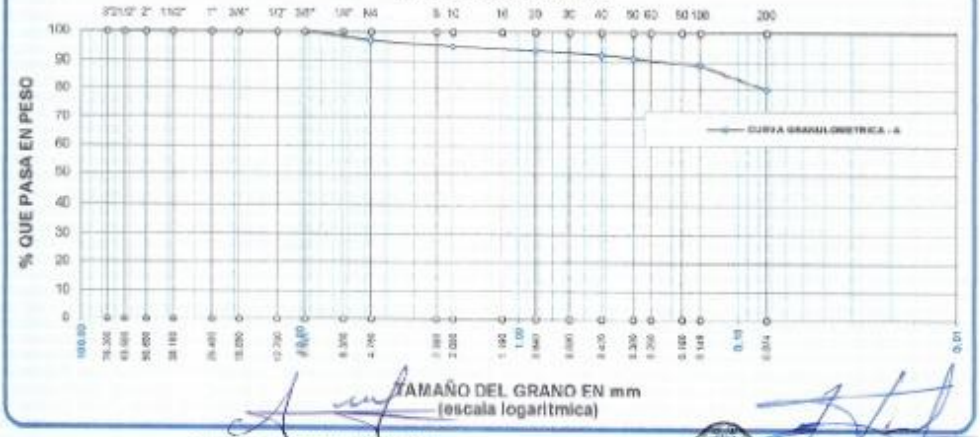
CARACT. GRANULOMETRICAS:
D10= — Cu= —
D30= — Cc= —
D60= —

CLASIFICACION:
SUCS : CL
AASHTO : A -7

OBSERVACIONES:

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



Bach. Ing. Andrea Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75240384

Ing. Wilder Calquichamani Cruz
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN FELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 03

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.10% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

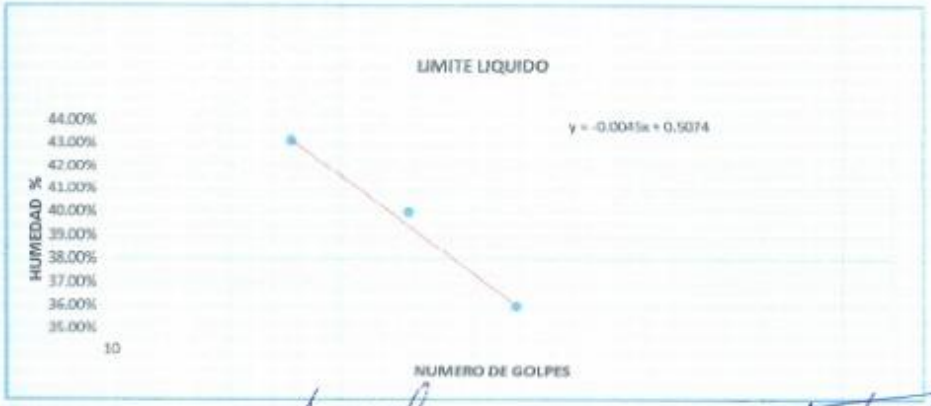
LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	C	M	B
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	39.28	41.82	43.24
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	33.8	35.5	37.3
AGUA	gr.	5.48	6.12	5.94
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21.1	20.2	20.8
PESO DEL SUELO SECO	gr.	12.7	15.3	16.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	43.15%	40.00%	36.00%
NUMERO DE GOLPES	N	17	24	33

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	6	2
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	25.85	28.178
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	24.8	27
AGUA	gr.	1.05	1.178
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.0	21.7
PESO DEL SUELO SECO	gr.	4.8	5.3
LIMITE PLASTICO	%	21.88%	22.23%

LIMITE LIQUIDO	39.57
LIMITE PLASTICO	22.05
INDICE DE PLASTICIDAD	17.52



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI 73320004

Ing. Wilder Colquehuanca Coro
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP Nº 209171

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN FELAYO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
CALICATA : CALICATA 03
MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA
PROFUNDIDAD : 1.00 m
FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	E	F	G
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	39.97	40.1	39.5
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	34.85	35.26	35.06
AGUA	gr.	5.12	4.84	4.44
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21.9	21.9	21
PESO DEL SUELO SECO	gr.	12.95	13.36	14.06
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	39.54%	36.23%	31.58%
NUMERO DE GOLPES	N	17	24	34

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	7	8
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	28.786	27.376
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	27.4	26.4
AGUA	gr.	1.386	0.976
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.5	21.59
PESO DEL SUELO SECO	gr.	6.9	4.81
LIMITE PLASTICO	%	20.12%	20.29%

LIMITE LIQUIDO	35.78
LIMITE PLASTICO	20.20
INDICE DE PLASTICIDAD	15.58

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
UNP

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO Y PLASTICO (ASTM D-4318)

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

CALICATA : CALICATA 03

MUESTRA : MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.03% LANA DE ALPACA

PROFUNDIDAD : 1.60 m.

FECHA : lunes, 09 de mayo de 2022

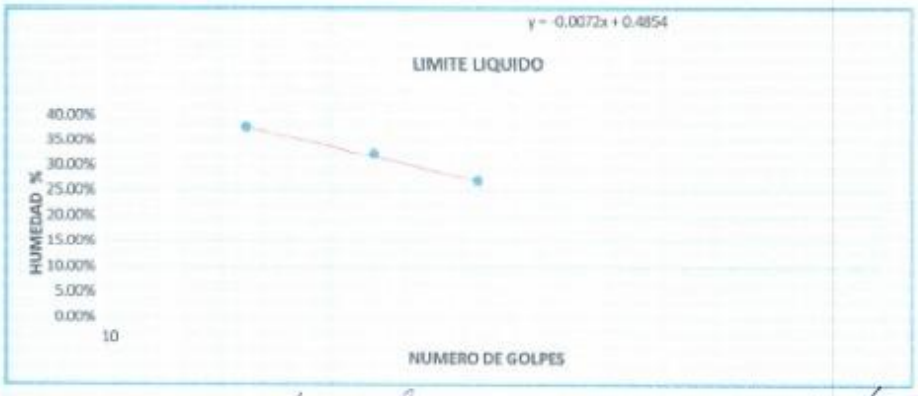
LIMITE LIQUIDO

ENSAYO	No	1	2	3
CAPSULA	No	M	N	O
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	37.41	38.7	40.35
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	32.9	35	36.8
AGUA	gr.	4.51	4.7	4.55
PESO DE LA CAPSULA	gr.	21	20.5	19
PESO DEL SUELO SECO	gr.	11.9	14.5	16.8
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	37.90%	32.41%	27.08%
NUMERO DE GOLPES	N	15	22	30

LIMITE PLASTICO

ENSAYO	No	1	2
CAPSULA	No	5	3
CAPSULA + SUELO HUMEDO	gr.	28.52	27.209
CAPSULA + SUELO SECO	gr.	27.4	26.4
AGUA	gr.	1.12	0.809
PESO DE LA CAPSULA	gr.	20.5	21.59
PESO DEL SUELO SECO	gr.	6.9	4.81
LIMITE PLASTICO	%	16.23%	16.82%

LIMITE LIQUIDO	30.55
LIMITE PLASTICO	16.53
INDICE DE PLASTICIDAD	14.02



Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI: 75320904

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 208171

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS
Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

COORDENADA : UTL 392945 8340780

MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON

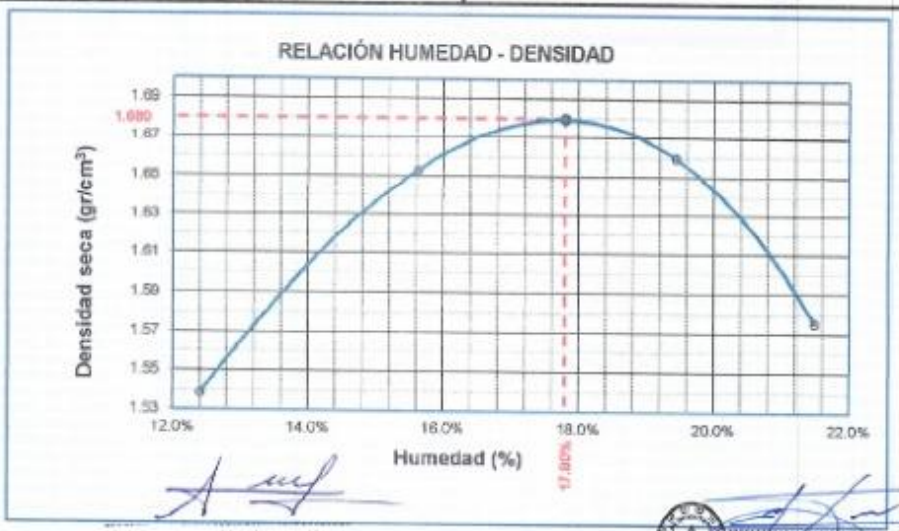
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10073	10460	10811	10466
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3677	4064	4215	4070
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.730	1.912	1.983	1.914

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	107.05	106.59	109.36	114.89	113.20	113.25	115.96	112.54
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	98.24	97.34	97.44	102.71	96.27	98.43	99.88	97.03
Peso del Agua	gr.	8.61	9.25	11.82	12.18	13.93	14.82	16.08	15.51
Peso de la Capsula	gr.	23.66	24.36	21.12	25.42	24.12	22.89	24.16	25.68
Peso del Suelo Seco	gr.	72.58	72.98	76.32	77.29	72.15	75.74	75.72	71.35
% de Humedad	%	12.14%	12.67%	15.0%	15.78%	18.81%	19.57%	21.24%	21.74%
Promedio de Humedad	%	12.41%		15.82%		19.44%		21.49%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.539		1.653		1.660		1.576	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.68	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	17.8%	



Bach. Ing. Andrés Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Colquehuanca Cura
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

3

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL + LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALSINAVARA YUNCA, JUAN FELIPE
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19L 392945 8245780
MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON
FECHA : jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	II		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	12260	11839	12221	11895	12264	12008
Peso del Molde	gr	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr	4227	3806	4200	3874	4270	3994
Volumen del Suelo	cm3	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	g/cm3	1.994	1.796	1.982	1.828	2.015	1.884

Capsula No	No	K	Q	Y	X	W	Q	S	E	P
Suelo Humedo + Capsula	gr	108.29	107.89	103.42	103.48	104.32	102.70	104.90	108.29	105.54
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	89.52	90.54	93.99	85.79	89.47	90.83	91.64	92.46	93.24
Peso del Agua	gr	17.93	17.55	12.43	14.89	14.85	12.07	13.16	13.82	12.30
Peso de la Capsula	gr	20.80	20.09	21.90	22.10	22.46	23.00	34.65	23.06	24.13
Peso del Suelo Seco	gr	68.27	66.35	49.99	63.80	66.62	67.83	57.69	69.40	69.11
% de Humedad	%	21.03%	20.91%	17.79%	22.03%	22.29%	17.85%	19.47%	19.91%	17.80%
Promedio de Humedad	%	**25.20%**		**17.76%**	**22.16%**		**17.86%**	**19.69%**		**17.80%**
Densidad del Suelo Seco	g/cm3	**1.593**		**1.625**	**1.622**		**1.551**	**1.683**		**1.600**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansión mm	Expansión %
24/05/2022	12:00: a.m.							400.6	0	0
25/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00						410.2	0.24	0.21
26/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00						419.5	0.48	0.42
27/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00						429.6	0.74	0.64
28/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00						439.6	0.99	0.86

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			29.4	1.5			33.2	1.7			35.9	1.8	
1.27	01:00			49.7	2.5			53.8	2.7			65.5	3.3	
1.91	01:30			73.5	3.7			79.4	4.0			88.4	4.5	
2.54	02:00	70.31		90.5	4.6			96.0	4.9			108.9	5.5	
3.81	03:00			119.8	6.1			128.9	6.5			136.4	6.9	
5.09	04:00	105.00		135.3	6.8			147.7	7.5			155.8	7.9	
6.35	05:00			145.2	7.4			159.5	8.1			166.5	8.4	
7.62	06:00			150.2	7.6			167.5	8.5			172.2	8.7	
8.84	07:00			153.4	7.8			172.1	8.7			174.4	8.8	
10.16	08:00			154.7	7.8			173.8	8.8			176.5	8.9	

Bach. Ing. Andres Lizano Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 70320904

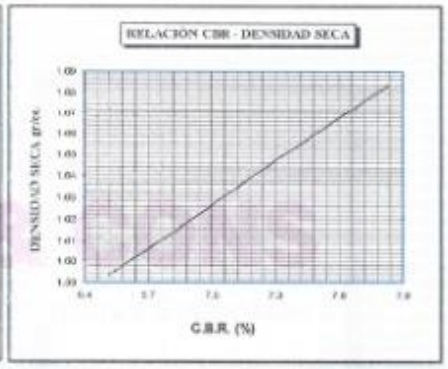
Ing. Walter Colquehuanca Cuno
CIP. N° 209171

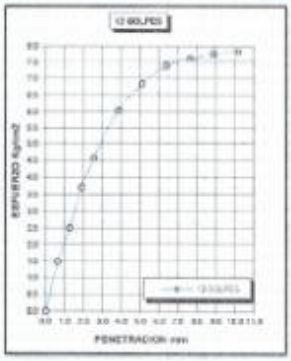
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

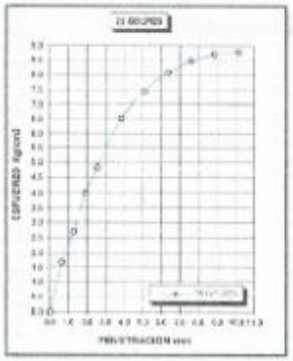
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LIMA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUPICA, JUAN PEDRO
MUESTRA	: CALICATA 01 - MUESTRA PATRON
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: 19L 392945 8245780
FECHA	: Jueves, 02 de junio de 2022

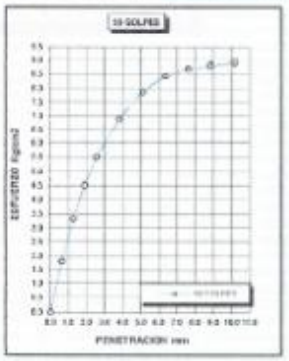
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.68
HUMEDAD OPTIMA (%)	17.8%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.78
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.55
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS









Bach. Ing. Andres Lucas Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320084

Ing. Walter Colquehuanca Cuno
Especialista y Mecanica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

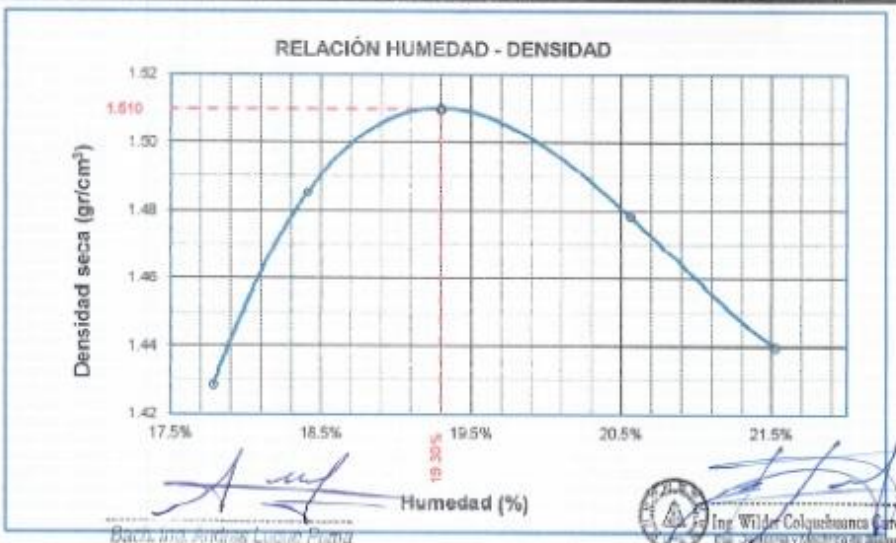
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : 19L 392945 8245780
MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.50% LANA DE ALPACA
FECHA : jueves, 02 de julio de 2022

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9973	10135	10185	10116
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3577	3739	3789	3720
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.683	1.759	1.782	1.750

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	139.96	136.10	166.03	163.20	166.00	157.28	171.98	176.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	122.16	117.96	145.79	141.35	143.56	134.19	145.88	148.87
Peso del Agua	gr.	17.79	17.14	22.24	21.85	24.44	23.09	26.10	27.13
Peso de la Capsula	gr.	21.18	22.48	24.19	23.41	23.82	22.69	23.46	23.98
Peso del Suelo Seco	gr.	100.98	95.56	121.57	117.94	119.74	111.50	122.42	124.89
% de Humedad	%	17.52%	17.95%	18.3%	18.53%	20.41%	20.71%	21.32%	21.72%
Promedio de Humedad	%	17.78%		18.41%		20.56%		21.52%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.429		1.485		1.478		1.440	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.51	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	19.3%	



Bach. Ing. Andrea Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Colquehuanca Caro
CIP N° 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y CAÑA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALDERAMAMANI YUNCA, JUAN FELIPE

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO: PUNO

COORDENADA : 19L 0392945 8248790

MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 6.00% CAÑA DE ALPACA

FECHA : jueves, 02 de junio del 2022

MOLDE No	II		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde (gr)	11881	11507	11666	11676	11906	11683
Peso del Molde (gr)	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo (gr)	3848	3474	3645	3655	3892	3669
Volumen del Suelo (cm3)	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo (g/cm3)	1.816	1.639	1.991	1.725	1.836	1.722

Capsula No	No	R	N	M	R	T	Y	D	E	O
Suelo Humedo + Capsula	gr	102.96	103.39	88.92	100.83	102.11	87.34	87.54	88.52	88.88
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	85.80	86.98	89.20	89.22	87.20	85.21	84.36	85.04	86.07
Peso del Agua	gr	17.36	17.41	12.92	14.61	14.91	12.03	13.28	13.48	12.01
Peso de la Capsula	gr	20.83	21.48	22.44	24.28	25.30	22.80	21.32	22.84	23.85
Peso del Suelo Seco	gr	65.27	64.48	66.76	61.94	61.90	62.41	62.84	62.40	62.22
% de Humedad	%	26.60%	27.01%	19.32%	23.59%	24.09%	19.28%	21.13%	21.60%	19.38%
Promedio de Humedad	%	**26.80%**		**19.32%**	**25.84%**		**19.28%**	**21.35%**		**19.30%**
Densidad del Suelo Seco	g/cm3	**1.432**		**1.374**	**1.583**		**1.446**	**1.513**		**1.443**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo							Dial	Expansion mm	Expansion %
24/05/2022	12:00: a.m.								166.2	0	0
25/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00							174.6	0.24	0.21
26/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00							184.6	0.49	0.43
27/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00							193.9	0.73	0.63
28/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00							203.6	0.98	0.85

PENETRACION

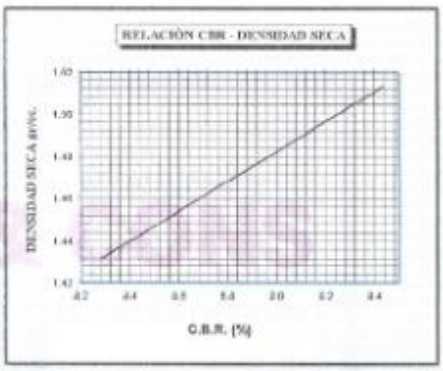
Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0:00			3.3	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			32.9	1.7			35.7	1.8			37.4	1.9	
1.27	01:00			59.2	3.5			78.1	3.9			81.6	4.1	
1.91	01:30			92.8	4.7			109.6	5.5			111.3	5.6	
2.54	02:00	70.31		115.2	5.8			129.3	6.5			131.2	6.6	
3.81	03:00			143.9	7.3			159.7	8.1			169.8	8.6	
5.09	04:00	105.00		163.7	8.3			176.8	8.9			195.8	9.9	
6.35	05:00			171.3	8.7			185.5	9.4			210.8	10.7	
7.62	06:00			174.6	8.8			190.8	9.6			218.8	11.1	
8.84	07:00			178.2	9.1			196.2	9.9			228.6	11.6	
10.16	08:00			180.4	9.1			196.7	10.1			229.3	11.6	

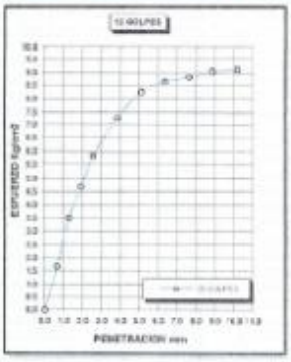
Bach. Ing. Andres Lucio Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320954

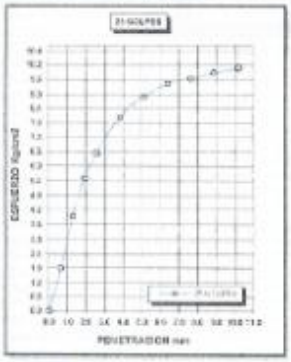
Ing. Wilder Colquichuanca Cruro
Edafología y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

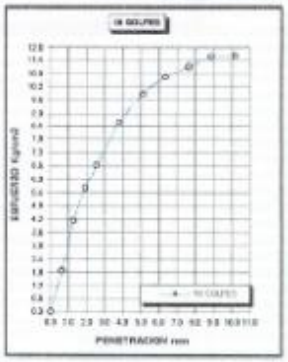
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAMA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PEDRO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.51
MUESTRA	: CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.30% LAMA DE ALPACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	19.3%
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.39
COORDENADA	: 19. 350345 8245780	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.32
FECHA	: Jueves, 02 de Junio de 2022	CLASIFICACIÓN	: CL
		AASHTO	:A-4
		EMBEBIDO	: 4 DIAS









Bach. Ing. Andres Luque Puma
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320984

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

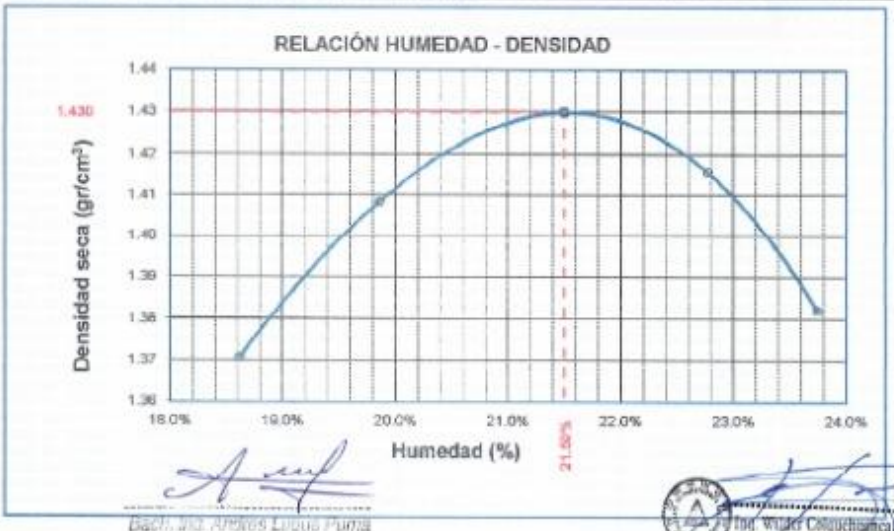
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN FELIPE
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA : UTM 392045 8246760
MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LAVA DE ALPACA
FECHA : Jueves, 02 de Junio de 2022

MOLDE No	:	1		VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126	cm3
No DE CAPAS	:	5		GOLPES POR CAPA	:	56	golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9853	9985	10091	10032
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3457	3589	3695	3636
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.626	1.688	1.738	1.710

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	114.80	114.25	149.56	144.00	139.62	136.20	166.80	151.56
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	100.88	99.86	129.43	123.84	118.66	115.12	139.79	127.16
Peso del Agua	gr.	13.92	14.39	20.13	20.16	21.16	21.08	27.01	24.40
Peso de la Capsula	gr.	25.24	23.45	24.13	23.13	24.77	23.47	25.46	24.88
Peso del Suelo Seco	gr.	75.64	76.43	105.30	100.71	93.89	91.65	114.33	102.28
% de Humedad	%	18.40%	18.83%	19.7%	20.00%	22.54%	23.00%	23.62%	23.86%
Promedio de Humedad	%	18.62%		19.86%		22.77%		23.74%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.371		1.409		1.416		1.382	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"		MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.43 gr/cm3
			HUMEDAD OPTIMA	:	21.5%



Bach. Juan Felipe Callomamani Yunca
TECNICO DE LABORATORIO DE CIENCIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

Ing. Wilder Colquehuanca Cano
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LAVA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALLOMAMANI PUMA, JUAN RELMO

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO

COORDENADA : 19L 390945 8245780

MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LAVA DE ALPACA

FECHA : Jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	11739	11429	11686	11476	11765	11590
Peso del Molde	gr	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo	gr	3706	3396	3665	3455	3751	3576
Volumen del Suelo	cm3	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo	g/cm3	1.749	1.602	1.729	1.630	1.770	1.687

Capsula No	No	F	E	S		Q	W	M		Y	R	Z	
Suelo Humedo + Capsula	gr	104.69	105.17	102.13		104.49	99.41	96.56		98.28	99.21	99.80	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	86.10	87.20	84.20		87.86	81.35	85.80		83.86	84.11	85.95	
Peso del Agua	gr	18.58	18.97	17.93		16.63	18.06	13.26		14.42	15.10	13.85	
Peso de la Capsula	gr	21.96	22.11	20.51		22.36	24.02	23.91		20.86	20.64	21.82	
Peso del Suelo Seco	gr	64.14	65.09	64.69		65.50	57.33	61.89		62.78	63.47	64.43	
% de Humedad	%	28.96%	29.14%	27.83%		25.77%	32.27%	21.48%		23.23%	23.79%	21.92%	
Promedio de Humedad	%	**28.97%**		**21.63%**		**26.02%**		**21.48%**		**23.54%**		**21.50%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cm3	**1.366**		**1.316**		**1.372**		**1.342**		**1.433**		**1.389**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo							Dial	Expansión mm	Expansión %
24/05/2022	12:00 a.m.								654.2	0	0
25/05/2022	12:00 a.m.	24:00:00							662.5	0.21	0.18
26/05/2022	12:00 a.m.	48:00:00							670.9	0.42	0.37
27/05/2022	12:00 a.m.	72:00:00							680.2	0.66	0.57
28/05/2022	12:00 a.m.	96:00:00							688.3	0.87	0.75

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			35.2	1.8			37.6	1.9			38.1	1.9	
1.27	01:00			86.3	4.4			96.3	4.9			102.7	5.2	
1.91	01:30			126.9	6.4			134.2	6.8			142.5	7.2	
2.54	02:00	70.31		156.7	7.9			159.2	8.0			169.3	8.6	
3.81	03:00			196.3	9.9			201.2	10.2			217.6	11.0	
5.08	04:00	105.00		219.9	11.1			225.7	11.4			238.7	12.1	
6.35	05:00			229.6	11.6			236.7	12.0			250.8	12.7	
7.62	06:00			235.9	11.9			246.5	12.5			261.2	13.2	
8.84	07:00			239.5	12.1			250.1	12.6			265.8	13.4	
10.16	08:00			240.2	12.1			256.0	13.0			267.3	13.5	

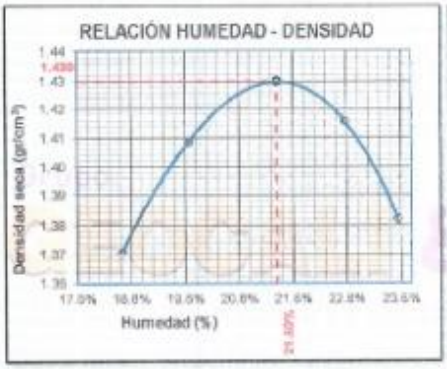
Bach. ing. Andres Lucas Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA
SUELOS Y CONTROL DE CAUDAD
DNI. 75320954

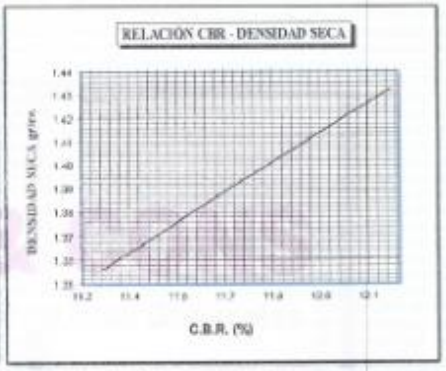
Ing. Wilder Colquehuanca Caro
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

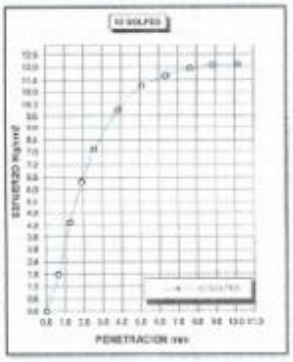
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

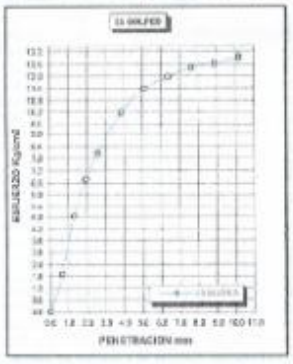
PROYECTO	: "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCCO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALCINAHUANI YUNCA, JUAN PELAYO
MUESTRA	: CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.25% LANA DE ALPACA
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: [illegible]
FECHA	: Jueves, 02 de Junio de 2022

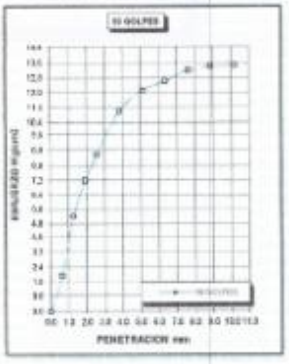
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.43
HUMEDAD OPTIMA (%)	21.5%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	12.14
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.29
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS











Bach. Ing. Andres Lindo Pirma
TECNICO DE LABORATORIO ELECTRONIA
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75329964

Ing. Wilder Colquehuanca Cruz
Ing. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

PROYECTO	:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y CENIZA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	:	Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN PELAYO
UBICACIÓN	:	PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	:	19L 392945 8245780
MUESTRA	:	CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4%CAL + 8.50% CENIZA DE ALPACA
FECHA	:	jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	:	\	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9611	9935	10026	9852
Peso del Molde	gr.	6396	6396	6396	6396
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3215	3539	3632	3456
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.512	1.665	1.708	1.626

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	143.35	116.00	136.53	128.25	152.56	142.58	146.44	139.58
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	124.12	100.58	116.14	109.55	126.31	118.13	120.45	105.63
Peso del Agua	gr.	19.23	15.42	20.39	18.70	26.25	24.45	25.99	22.95
Peso de la Capsula	gr.	24.65	22.41	23.99	25.69	21.97	23.00	25.64	23.11
Peso del Suelo Seco	gr.	99.47	78.17	92.15	83.86	104.34	95.13	94.81	82.52
% de Humedad	%	19.33%	19.73%	22.1%	22.30%	25.16%	25.70%	27.41%	27.81%
Promedio de Humedad	%	19.53%		22.21%		25.43%		27.61%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.265		1.362		1.362		1.274	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"		MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.38 gr/cm3
			HUMEDAD OPTIMA	:	23.9%

Bach. Ing. Andres Luque Puma
TECNICO DE LABORATORIO GEOCALI
SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320064

Ing. Wilder Colquichumpa Quispe
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209173

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

ESTUDIOS GEOTECNICOS - CONSULTORIA ESPECIALIZADA - MECANICA DE SUELOS - CONCRETO Y MATERIALES

Grupo: GEOCALI & CONS Consultores y Contratistas Generales

RUC.: 20605082310

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR - CBR

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LANA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SAUCEDO - PUNO 2022"

SOLICITANTE : Bach. CALDERMANAN PUNCA, JUAN FELIPE

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO: PUNO

COORDENADA : 19L 390945 8245780

MUESTRA : CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.60% LANA DE ALPACA

FECHA : Jueves, 02 de junio de 2022

MOLDE No	II		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde (gr)	11648	11285	11624	11278	11710	11342
Peso del Molde (gr)	8033	8033	8021	8021	8014	8014
Peso del Suelo Humedo (gr)	3813	3252	3603	3257	3696	3328
Volumen del Suelo (cm3)	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43	2119.43
Densidad del Suelo Humedo (g/cm3)	1.799	1.535	1.700	1.537	1.744	1.570

Capsula No	No	F	T	R	M	N	Ñ	O	P	Q
Suelo Humedo + Capsula	gr	122.06	117.45	116.18	118.58	117.45	112.50	113.88	116.35	116.02
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	99.00	95.25	95.41	97.85	96.88	95.62	94.99	96.65	99.06
Peso del Agua	gr	23.06	22.20	17.77	20.80	20.60	16.88	18.89	19.70	17.46
Peso de la Capsula	gr	25.27	24.62	24.32	23.77	24.80	25.11	22.85	23.47	28.05
Peso del Suelo Seco	gr	73.73	70.63	74.16	75.58	72.08	70.51	72.14	75.18	73.01
% de Humedad	%	31.10%	31.43%	23.93%	28.31%	28.58%	23.94%	26.81%	26.28%	23.91%
Promedio de Humedad	%	31.31%		23.99%	28.45%		23.94%	26.06%		23.91%
Densidad del Suelo Seco	g/cm3	1.398		1.230	1.328		1.240	1.385		1.267

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo						Dial	Expansión mm	Expansión %
24/05/2022	12:00: a.m.							533.1	0	0
25/05/2022	12:00: a.m.	24:00:00						532.7	0.24	0.21
26/05/2022	12:00: a.m.	48:00:00						542.3	0.49	0.42
27/05/2022	12:00: a.m.	72:00:00						551.9	0.73	0.63
28/05/2022	12:00: a.m.	96:00:00						562.1	0.99	0.86

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc
0.00	0:00			0.0	0.00			0.0	0.00			0.0	0.00	
0.63	00:30			32.1	1.6			34.8	1.8			36.9	1.9	
1.27	01:00			76.9	3.9			81.3	4.1			92.3	4.7	
1.91	01:30			108.8	5.6			113.6	5.7			128.6	6.5	
2.54	02:00	70.31		135.0	7.0			144.0	7.3			159.5	8.1	
5.81	05:00			176.2	8.6			186.7	9.4			198.8	10.0	
5.08	04:00	105.00		201.8	10.2			211.1	10.7			226.7	11.5	
6.35	05:00			215.3	10.8			226.7	11.5			239.4	12.1	
7.62	06:00			224.5	11.3			230.8	11.8			247.7	12.6	
8.84	07:00			229.6	11.6			238.4	12.1			250.8	12.7	
10.16	08:00			231.4	11.7			240.7	12.2			251.3	12.7	

Bach. Ing. Andrea [illegible] Luna
TÉCNICO DE LABORATORIO GEOTECNIA SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320964

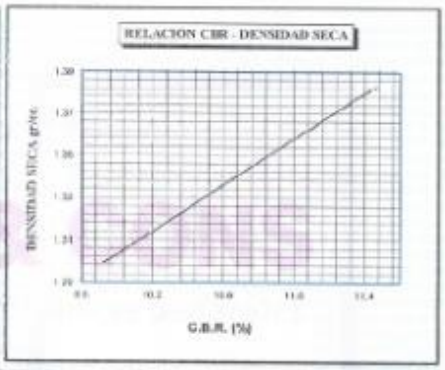
Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Esp. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP N° 209171

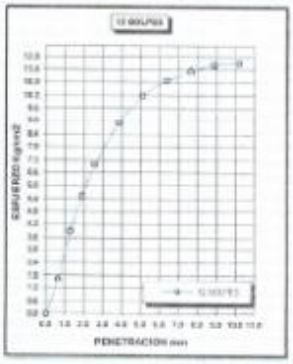
ENSAYO DE CBR - GRAFICO DE PENETRACIÓN

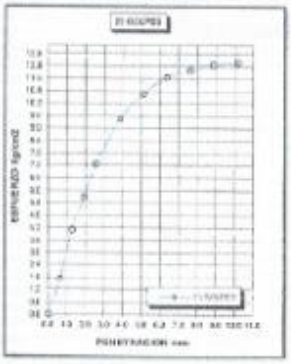
PROYECTO	: "ESTABILIZACION DE SUELO CON MEZCLA DE CAL Y LIMA DE ALPACA PARA MEJORAR LA TRANSITABILIDAD VEHICULAR, SALCEDO - PUNO 2022"
SOLICITANTE	: Bach. CALLOMAMANI YUNCA, JUAN POLAYO
MUESTRA	: CALICATA 03 - MUESTRA PATRON + 4% CAL + 0.5% LIMA DE ALPACA
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO-DEPARTAMENTO PUNO
COORDENADA	: [illegible]
FECHA	: Jueves, 02 de junio de 2022

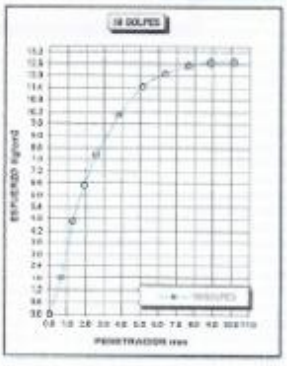
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.38
HUMEDAD OPTIMA (%)	23.9%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	12.40
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	10.14
CLASIFICACIÓN	: CL
AASHTO	:A-4
EMBEBIDO	: 4 DIAS









[illegible]
TECNICO DE MECANICA DE SUELOS Y CONTROL DE CALIDAD
DNI. 75320994

Ing. Wilder Colquehuanca Cuno
Tec. Geotecnia y Mecánica de Suelos
CIP. N° 209171

Anexo 6. *Certificado de calibración de los equipos empleados*

LABORATORIO DE METROLOGÍA

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-013-2022

Expediente	:	S-0038-2022
Solicitante	:	GRUPO GEOCALI & CONS E.I.R.L.
Dirección	:	JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Equipo de Medición	:	HORNO ELECTRICO
Marca	:	KAIZACORP
Modelo	:	STHJX-A1
Procedencia	:	NO INDICA
Código de Ident.	:	NO INDICA
Número de Serie	:	200621
T° de trabajo	:	110 °C ± 10 °C
Ventilación	:	Forzada
Lugar de Calibración	:	JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	:	2022-02-04
Fecha de Emisión	:	2022-02-07

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	300°C	1°C	Digital

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar y con unTermometro digital con 10 termopares utilizando el "PC-018 "Procedimiento para la calibracion o caracterizacion de medios isotermos con aire como medio termostatico". INDECOPI-Segunda Edicion - junio 2009.

Observaciones

- (*) Identificación grabada en una etiqueta adherida en el instrumento.
- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

(*) Código asignado por AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

Luggi Asenjo G
Jefe de Metrologia

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA - TEMPERATURA -

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

01 622 5224
997 045 343
961 739 849
955 851 191
ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com
www.ag4ingenieria.com

CERTIFICADO DE CALIBRACION
CT-013-2022

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21.2	21.9
Humedad (%)	65	66

Resultados de la calibración:

CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

TIEMPO (min.)	T ind. (°C) Termómetro del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICION (° C) NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR					T prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	111.1	114.4	111.1	107.6	109.6	107.6	113.5	112.0	109.6	110.4	110.7	6.8
02	110	110.7	114.4	111.1	107.2	110.8	105.8	113.5	112.0	109.6	111.6	110.7	8.6
04	110	111.4	114.3	111.0	107.9	110.7	105.8	113.4	111.9	109.5	111.5	110.7	8.5
06	110	111.4	114.3	111.0	107.9	110.7	105.8	113.4	111.9	109.5	111.5	110.7	8.5
08	110	111.2	114.3	111.0	107.7	110.7	105.8	113.4	111.9	109.3	111.5	110.7	8.5
10	110	110.5	114.3	111.0	107.0	109.5	105.9	113.4	111.9	109.5	110.3	110.3	8.4
12	110	110.2	114.3	111.0	106.7	110.7	106.2	113.4	111.9	109.5	111.5	110.5	8.1
14	110	110.5	114.3	111.0	107.0	110.7	106.1	113.4	111.9	109.5	111.5	110.6	8.2
16	110	110.5	114.3	111.0	107.0	110.7	106.1	113.4	111.9	109.5	111.5	110.6	8.2
18	110	110.7	114.4	111.1	107.2	110.8	106.2	113.5	112.0	109.4	111.6	110.7	8.2
20	110	110.7	114.4	111.1	107.2	109.6	106.2	113.5	112.0	109.6	110.4	110.5	8.2
22	110	110.9	114.4	111.1	107.4	110.8	106.2	113.5	112.0	109.6	111.6	110.8	8.2
24	110	111.0	114.4	111.1	107.5	110.8	106.2	113.5	112.0	109.6	111.6	110.8	8.2
26	110	110.7	114.4	111.1	107.2	110.8	106.2	113.5	112.0	109.6	111.6	110.7	8.2
28	110	110.5	114.4	111.1	107.0	110.8	106.3	113.5	112.0	109.4	111.6	110.7	8.1
30	110	110.9	114.2	110.9	107.4	109.4	108.3	113.3	111.8	109.4	110.2	110.6	6.8
32	110	111.4	114.5	111.2	107.9	110.9	110.3	113.6	112.1	109.7	111.7	111.3	6.6
34	110	111.1	115.0	111.7	107.6	111.4	110.8	114.1	112.6	110.2	112.2	111.7	7.4
36	110	110.9	114.8	111.5	107.4	111.2	110.6	113.9	112.4	110.0	112.0	111.5	7.4
38	110	111.3	114.7	111.4	107.8	111.1	110.5	113.8	112.3	109.7	111.9	111.5	6.9
40	110	111.2	114.2	110.9	107.7	109.4	108.3	113.3	111.8	109.4	110.2	110.6	6.5
42	110	111.1	114.1	110.8	107.6	110.5	109.9	113.2	111.7	109.3	111.3	111.0	6.5
44	110	110.7	113.9	110.6	107.2	110.3	109.7	113.0	111.5	109.1	111.1	110.7	6.7
46	110	110.9	113.7	110.4	107.4	110.1	109.5	112.8	111.3	108.9	110.9	110.6	6.3
48	110	111.4	113.9	110.6	107.9	110.3	109.7	113.0	111.5	108.9	111.1	110.8	6.0
50	110	110.5	114.1	110.8	107.0	109.3	105.9	113.2	111.7	109.3	110.1	110.2	8.2
52	110	109.9	114.3	111.0	106.4	110.7	106.2	113.4	111.9	109.5	111.5	110.5	8.1
54	110	110.4	114.5	111.2	106.9	110.9	106.1	113.6	112.1	109.7	111.7	110.7	8.4
56	110	110.9	114.6	111.3	107.4	111.0	106.1	113.7	112.2	109.8	111.8	110.9	8.5
58	110	110.7	114.7	111.4	107.2	111.1	106.2	113.8	112.3	109.7	111.9	110.9	8.5
60	110	111.0	114.9	111.6	107.5	111.3	106.7	114.0	112.5	110.0	112.1	111.2	8.2
T.PROM	110	110.8	114.4	111.1	107.3	110.5	107.3	113.5	112.0	109.5	111.3	110.8	
T.MAX	110	111.4	115.0	111.7	107.9	111.4	110.8	114.1	112.6	110.2	112.2		
T.MIN	110	109.9	113.7	110.4	106.4	109.3	105.8	112.8	111.3	108.9	110.1		

Luggi Asenjo G
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "TEMPERATURA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-013-2022

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Termometro de indicación Digital con sensores	CTM-001-2021
Patron de referencia	Termometro de indicación digital	T-1174-2021

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	115.0	0.3
Mínima Temperatura Medida	105.8	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.0	0.3
Estabilidad	± 2.50	0.04
Uniformidad	8.6	0.3

T.PROM.: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T.prom. : Promedio de la temperatura en las diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX. : Temperatura máxima
T.MIN. : Temperatura mínima
DTT. : Desviación de Temperatura en el tiempo.

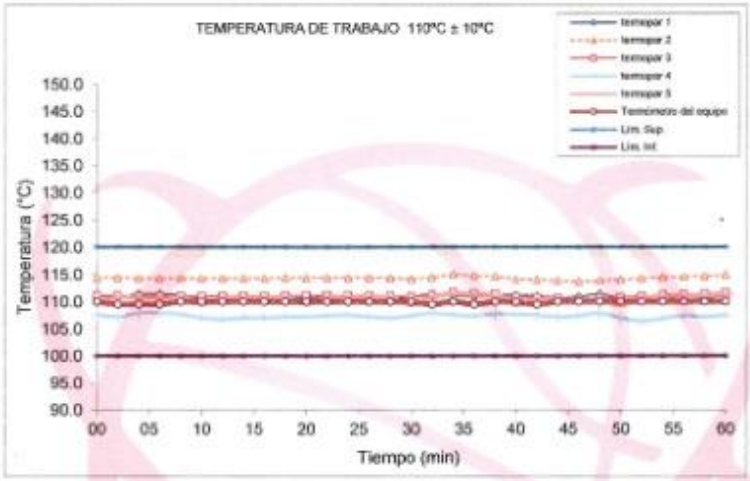
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo " DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.
Incertidumbre expandida de las indicaciones del termometro propio del medio isotermo: **0.6 °C**
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 ±1/2 máx. DTT.

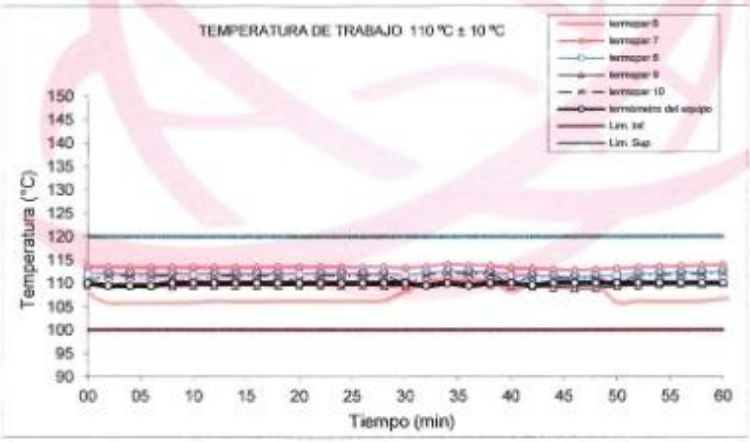
Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "TEMPERATURA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-013-2022





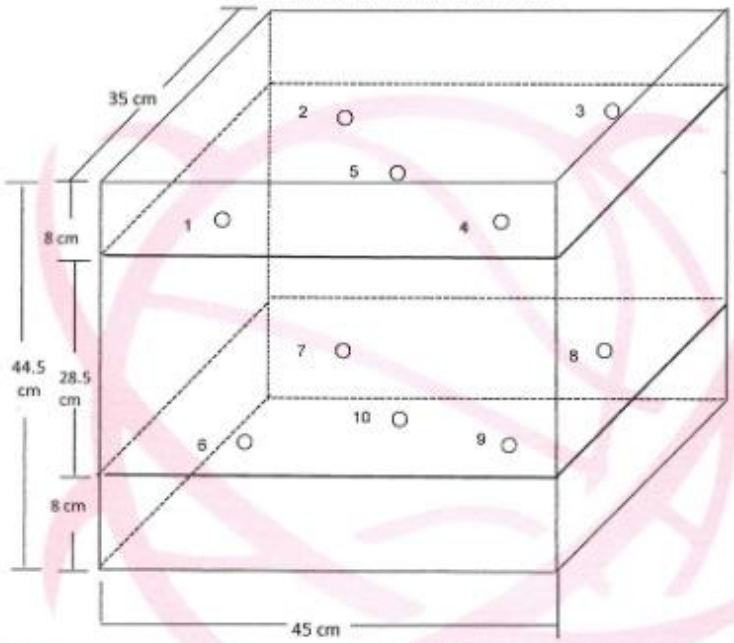
Luggi Cisneros C.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA TEMPERATURA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CT-013-2022

DISTRIBUCIÓN DE LOS TERMOPARES



Los termopares 5 y 10 estan ubicados en el centro de los planos inferior y superior.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 estan ubicados a 6 cm de las paredes laterales.

Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 estan ubicados a 6 cm y a 8 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA TEMPERATURA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CL-164-2022

Expediente	: S-0038-2022
Solicitante	: GRUPO GEOCALI & CONS E.I.R.L.
Dirección	: JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrumento de Medición	: MARTILLO PROCTOR MODIFICADO
Marca	: NO INDICA
Modelo	: NO INDICA
Serie	: NO INDICA
Identificación	: MM-1
Procedencia	: NO INDICA
Lugar de Calibración	: JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	: 2022-02-04
Fecha de Emisión	: 2022-02-07

Método de Calibración Empleado

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) Compactación de suelos en el Laboratorio utilizando una energía standard MTC E115 - 2000 Y LA NORMA ASTM D 1557.

Resultados de las Mediciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.1	°C	20.5	°C
Humedad Relativa	52	%	52	%

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO"

Los resultados indicados en el presente documento son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documentos.

El usuario es responsable de la recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Luggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales del Instituto Nacional de Calidad - INACAL en concordancia con el sistema Internaciones de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2021
Patron de referencia	Cinta Metrica	L-0459-2021

Peso promedio Medido (kg)	Incertidumbre (kg)	Desviación mínima y máximo permitidos (kg)
4,520.0	0.003	4,530 a 4,550

Altura de caida promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitidos (mm)
457.2	0.4	455.6 a 458.8

Diámetro promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitidos (mm)
50.73	0.02	50.67 a 50.93

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guia OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guia para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

Luiggi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CL-165-2022

Expendiente	:	**S-0038-2022**
Solicitante	:	**GRUPO GEOCALI & CONS E.I.R.L.**
Dirección	:	JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Instrumento de Medición	:	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
Marca	:	NO INDICA
Modelo	:	NO INDICA
Serie	:	NO INDICA
Identificación	:	M-2
Procedencia	:	NO INDICA
Lugar de Calibración	:	JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA
Fecha de Calibración	:	2022-02-04
Fecha de Emisión	:	2022-02-07

Método de Calibración Empleado

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA STANDARD 600 kN-m/m3 MTC E 116 - 2000 Y LA NORMA ASTM D 698.

Resultados de las Mediciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	20.1	ºC	20.5	ºC
Humedad Relativa	52	%	52	%

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

(*) Código asignado por AG4 Ingenieria & Metrologia

Luigi Asenjo O.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2021

Diametro promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
152.46	0.03	151.7 a 153.1

Altura promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
116.45	0.03	115.9 a 116.9

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración.
La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo
La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrología

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "LONGITUD"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-008-2022

Expediente:	S-0038-2022
OBJETO DE PRUEBA:	**MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.**
Capacidad	**5 000 kgf**
Dirección de carga	**Ascendente**
FABRICANTE	**KAIZACORP**
Modelo	**NO INDICA**
Serie	**508**
Indicador Digital *(modelo // Serie)*	**NO INDICA**
Celda de Carga *(modelo // Serie)*	**ZEMIC//H3-C3//VC146299**
Ubicación	**JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - JULIACA**
Codigo Identificacion	**NO INDICA**
Norma utilizada	**ASTM E4 // ISO 7500-1**
Temperatura de prueba °C	Inicial 22.9 **Final** 23.2
Inspección general	**La prensa se encuentra en buen estado de funcionamiento**
Intervalo calibrado	De 500 a 5000 kgf **10% al 100%**
Solicitante	**GRUPO GEOCALI & CONS E.I.R.L.**
Dirección	**JR. JOSE A. ZELA NRO. 311 - PUNO - SAN ROMAN - JULIACA**
PATRON(ES) UTILIZADO(S)	Tipo / Modelo **CELDA DE CARGA** Certif. de calibr. **INF-LE N° 168-21 PUCP**
Unidades de medida	Sistema Internacional de Unidades (SI)
FECHA DE CALIBRACION	**2022/02/04**
FECHA DE EMISION	**2022/02/07**

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA FUERZA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CF-008-2022

Método de calibración : FUERZA INDICADA CONSTANTE

DATOS DE CALIBRACIÓN

ESCALA : 49.03 kN Resolución: 0.001 kN Dirección de la carga: Ascendente
5000.0 kgf 0.1 kgf Factor de conversión: 0.00981 kN/kgf

Indicación de la máquina (F_i)			Indicaciones del patrón (series de mediciones)				
			0°	120°	No aplica	240°	Accesorios
%	kN	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	4.90	500	4.95	4.94	No aplica	4.96	No aplica
20	9.81	1 000	9.90	9.89	No aplica	9.90	No aplica
30	14.71	1 500	14.76	14.79	No aplica	14.79	No aplica
40	19.61	2 000	19.64	19.64	No aplica	19.64	No aplica
50	24.52	2 500	24.47	24.49	No aplica	24.51	No aplica
60	29.42	3 000	29.32	29.34	No aplica	29.34	No aplica
70	34.32	3 500	34.17	34.18	No aplica	34.18	No aplica
80	39.23	4 000	39.01	39.02	No aplica	39.02	No aplica
90	44.13	4 500	43.91	43.91	No aplica	43.92	No aplica
100	49.03	5 000	48.80	48.80	No aplica	48.81	No aplica
Indicación después de carga :			0.00	0.00	0.00	0.00	No aplica

ESCALA : 049.03 kN Incertidumbre del patrón 0.096 %

Indicación de la máquina (F_i)			Cálculo de errores relativos				Resolución
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios	
%	kN	kgf	q (%)	b (%)	v (%)	Acces. (%)	a (%)
10	4.90	500	-0.92	**0.54**	No aplica	No aplica	0.02
20	9.81	1 000	-0.90	0.13	No aplica	No aplica	0.01
30	14.71	1 500	-0.47	0.19	No aplica	No aplica	0.01
40	19.61	2 000	-0.13	0.04	No aplica	No aplica	0.01
50	24.52	2 500	0.11	0.14	No aplica	No aplica	0.00
60	29.42	3 000	0.30	0.08	No aplica	No aplica	0.00
70	34.32	3 500	0.43	0.05	No aplica	No aplica	0.00
80	39.23	4 000	**0.53**	0.03	No aplica	No aplica	0.00
90	44.13	4 500	0.50	0.03	No aplica	No aplica	0.00
100	49.03	5 000	0.47	0.03	No aplica	No aplica	0.00

Error de cero fo (%)	0.000	0.000	0.000	No aplica	Err máx.(0) = 000

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrologia
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA FUERZA

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CF-008-2022

CLASIFICACIÓN DE **MAQUINA DE ENSAYOS C.B.R.**

ESCALA 5 000 kgf

Error de exactitud	**0.53** %	Error de cero	0
Error de repetibilidad	**0.54** %	Error por acoes	0 %
Error de Reversibilidad	No aplica	Resolución	0.01 En el 20 %

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma. ISO 7500-1.

ESCALA 5 000 kgf Ascendente

TRAZABILIDAD

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA SRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de sus patrones de trabajo utilizados en las mediciones. los cuales han sido calibrados y certificados por la Pontificia Universidad Catolica de Peru.

OBSERVACIONES .

1. Los cartas de calibración sin las firmas no tienen validez .

2.El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (ISO 7500-1).

3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).

4.Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite .

5. Los resultados contenido parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos .

FIRMAS AUTORIZADAS

Jefe de Metrología
Luiggi Asenjo G.

AG4 INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L. LABORATORIO DE METROLOGIA "FUERZA"

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.