



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

“Adición sílico calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Seguil Alvarez, Sergio Alejandro (ORCID: 0000-0001-7324-7109)

ASESOR:

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios en primer lugar que me dio la fortaleza para seguir adelante, a mi pareja e hija que estuvieron apoyándome en todo momento y a mis Padres que son mi apoyo incondicional en todo el transcurso de mi vida.

Sergio Alejandro

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con todo mi corazón a Dios en primer lugar que me da la fortaleza y sabiduría para salir adelante y me protege cada día de mi vida.

A mi pareja e hija, que con su apoyo y amor me brindan la fuerza para seguir adelante.

A mis Padres que son mis mentores y apoyo incondicional para cada etapa de mi vida.

Así mismo mi gratitud a los Docentes de la Escuela de Ing. Civil de la Universidad Cesar Vallejo que con sus experiencias y enseñanzas brindadas he podido llegar a cumplir mis metas, y de manera especial a mi asesor Gerardo Cancho que da toda su voluntad para cada uno cumpla con su metas y sueño.

Sergio Alejandro

Índice de contenido

Dedicatoria	i
Agradecimiento	ii
Índice de contenido	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figura	v
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	19
3.2. Variables y Operacionalización	20
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	22
3.5. Procedimientos:	24
3.6. Métodos de análisis de datos	25
3.7. Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS	26
V. DISCUSION	46
VI. CONCLUSION	62
VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS	65
ANEXOS	71

Índice de tablas

Índice de tablas

Tabla 1. Promedio de temperatura normal para Ayacucho.....	3
Tabla 2. Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	25
Tabla 3. Clasificación de suelos mediante el Índice de Plasticidad	27
Tabla 4. Clasificación de los suelos basados AASHTO	29
Tabla 5. Símbolos para fines de identificación	31
Tabla 6. Clasificación de Suelos SUCS	32
Tabla 7. Categoría de subrasante.....	35
Tabla 8. Tamizado de la muestra	27
Tabla 9. Resultados de ensayo granulométrico.....	28
Tabla 10. Resultados límite líquido.....	29
Tabla 11. Resultados límite Plástico.....	30
Tabla 12. Resultados Índice de plasticidad.....	31
Tabla 13. Resultados Máxima densidad seca	32
Tabla 14. Resultado contenido de humedad óptima.....	34
Tabla 15. Resultados CBR al 100% (0.1")	35
Tabla 16. Resultados CBR al 95% (0.1")	37
Tabla 17. Resultados CBR al 100% (0.2").....	38
Tabla 18. Resultados CBR al 95% (0.2").....	39
Tabla 19. Clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs cascara de arroz).....	47
Tabla 20. CBR (Sílico calcáreo vs cascara de arroz).....	47
Tabla 21. clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs cemento portland tipo I).....	49
Tabla 22. Límites de Atterberg (Sílico calcáreo vs cemento tipo I).....	49
Tabla 23. CBR 100% al 0.1" (Sílico calcáreo vs cemento tipo I).....	50
Tabla 24. Clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs cal)	53
Tabla 25. Límites de Atterberg (Sílico calcáreo vs cal).....	54
Tabla 26. CBR 100% al 0.1" (Sílico calcáreo vs cal).....	54
Tabla 27. Clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs residuos de construcción)..	58
Tabla 28. Límites de Atterberg (Sílico calcáreo vs residuos de construcción).....	29
Tabla 29. CBR 100% al 0.1" (Sílico calcáreo vs residuos de construcción)	58

Índice de figuras

Índice de figuras

Figura 1. Desperdicios en obra del ladrillo Sílico Calcáreo de un piso	78
Figura 2. Instrumentos para recolección de datos	23
Figura 3. Limite liquido del suelo (sin adición y con adición)	29
Figura 4. Limite Plástico del suelo (sin adición y con adición).....	30
Figura 5. Índice de plasticidad del suelo (sin adición y con adición).....	31
Figura 6. Máxima Densidad Seca del suelo (sin adición y con adición).....	33
Figura 7. Contenido de humedad optima del suelo (sin adición y con adición)...	34
Figura 8. CBR al 100% (0.1”) del suelo (sin adición y con adición).....	36
Figura 9. CBR al 95% (0.1”) del suelo (sin adición y con adición).....	37
Figura 10. CBR al 100% (0.2”) del suelo (sin adición y con adición).....	39
Figura 11. CBR al 95% (0.2”) del suelo (sin adición y con adición).....	40
Figura 12. Curva limite liquido del suelo (sin adición y con adición).....	41
Figura 13. Curva limite plástico del suelo (sin adición y con adición).....	42
Figura 14. Curva Índice de plasticidad del suelo (sin adición y con adición).....	42
Figura 15. Curva CBR al 100% (0.1”) del suelo (sin adición y con adición).....	43
Figura 16. Curva CBR al 95% (0.1”) del suelo (sin adición y con adición).....	44
Figura 17. Curva CBR al 100% (0.2”) del suelo (sin adición y con adición).....	44
Figura 18. Curva CBR al 95% (0.2”) del suelo (sin adición y con adición).....	45
Figura 19. Sílico calcáreo vs cascara de arroz (CBR).....	47
Figura 20. Curva Sílico calcáreo vs cascara de arroz (CBR).....	47
Figura 21. Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (limite liquido).....	50
Figura 22. Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (limite plástico).....	50
Figura 23. Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (índice de plasticidad).....	51
Figura 24. Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (CBR 100%).....	51
Figura 25. Curva Sílico calcáreo vs cal (limite liquido).....	54
Figura 26. Curva Sílico calcáreo vs cal (limite plástico).....	54
Figura 27. Curva Sílico calcáreo vs cal (índice de plasticidad).....	55
Figura 28. Curva Sílico calcáreo vs cal (CBR 100%).....	55

Figura 29. Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (limite liquido)...	58
Figura 30. Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (limite plástico)...	59
Figura 31. Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (índice).....	59
Figura 32. Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (CBR 100%).....	60

RESUMEN

La presente investigación titulada Adición Sílico calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020. Cuyo objetivo es analizar la influencia de la adición de Sílico calcáreo reutilizado en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020, donde se tiene la metodología de estudio que fue de enfoque cuantitativo, de método científico, del tipo aplicada, del nivel correlacional y de diseño cuasi experimental. Los resultados tras adicionar el 2, 4, 6 y 8% de Sílico calcáreo mejora la capacidad de soporte del suelo y se obtiene la estabilización del suelo de la subrasante, donde se obtuvo un valor de CBR (100% 0.1”) al adicionar 8%, 6%, 4% y 2% se logra 25.02%, 28.54%, 25.42% y 22.18% respectivamente, los cuales son mayor al suelo patrón de 15.32%, por lo tanto el suelo tratado con porcentajes de Sílico calcáreo reutilizado influye significativamente y de manera positiva en la capacidad de soporte. Se concluye que al adicionar Sílico calcáreo reutilizado en 2, 4, 6 y 8% mejora la capacidad soporte del suelo y estabiliza el suelo de la subrasante, se obtiene como proporción optima tras adicionar 6% de Sílico calcáreo reutilizado.

Palabras claves: Estabilización, Adición de Sílico calcáreo reutilizado, propiedades mecánicas, mejoramiento de subrasante.

ABSTRACT

The present investigation entitled Reused Calcareous Silica Addition to improve the stabilization of clay soils in the San Rafael subgrade, Ayacucho - 2020. The objective of which is to analyze the influence of the reused calcareous silica addition in the stabilization of clay soils in the San Rafael subgrade Ayacucho - 2020, where the study methodology was of a quantitative approach, a scientific method, an applied type, a correlational level and a quasi-experimental design. The results after adding 2, 4, 6 and 8% of Calcareous Silica improves the support capacity of the soil and the stabilization of the subgrade soil is obtained, where a CBR value (100% 0.1 ") was obtained when adding 8 %, 6%, 4% and 2% are achieved 25.02%, 28.54%, 25.42% and 22.18% respectively, which are higher than the standard soil of 15.32%, therefore the soil treated with percentages of reused calcareous silica significantly influences and in a positive way in the capacity of support. It is concluded that by adding 2, 4, 6 and 8% reused calcareous silica, it improves the support capacity of the soil and stabilizes the subgrade soil, it is obtained as an optimal proportion after adding 6% of reused calcareous silica.

Keywords: Stabilization, Addition of reused calcareous silica, mechanical properties, subgrade improvement.

I. INTRODUCCIÓN

La realidad Problemática a nivel internacional en Quito (Ecuador), donde se encuentra problemas con posibles inundaciones, de acuerdo a ello el suelo se ha habido afectado ya que presenta gran cantidad de humedad ya sea por quebradas que han sido rellenadas y pendientes que predominan en la zona sur del Ecuador; por ello en varias ciudades de la capital de Quito presentan alto porcentaje de humedad, por lo cual se manifiestan características negativas por la presencia propia del agua a nivel de la capa de la sub rasante. En la actualidad los suelos en distintas partes del Perú no presentan las mejores características para ser usados en diferentes fines ya sea en tema de agricultura, o diferentes actividades del sector, debido al clima de cada región o diferentes motivos; en los proyectos de ingeniería los suelos que no presentan las mejores características no son útiles, dado que su resistencia presenta un grado deficiente y/o insuficiente, lo cual produce deformaciones, su propio desgaste y a un plazo más largo muestran un deterioro negativo ya que sean por factores atmosféricos (usualmente). Tanto como distintos lugares en el Perú como en Lima la humedad es un factor muy negativo en el suelo ya que nos dificultad la trabajabilidad y nos genera esa inestabilidad en el suelo, de esta manera en Ayacucho que presenta temporadas de intensas lluvias, granizadas y temperaturas bajas que alcanzan el 6.6°C y en la provincia de socos por las comunidades aledañas se ven afectado por la presencia de lluvias y su propio suelo arcilloso ya sea un ejemplo que es San Rafael que presenta un camino (trocha) inestable en épocas de lluvias, se hace inaccesible a los transportes que regresan a la capital y también a los pobladores el poder transitar por esos lugares y sin mencionar las intensas lluvias que dificultan más el pase, que podría generar o genera accidentes.

Según Gaytán nos menciona al respecto:

Que a medida que el avance tecnológico va en aumento, y la propia necesidad de la población los fabricantes sacan nuevos materiales innovadores para mayores ventajas en su aplicación [...], uno de estos materiales que se van a utilizar o se están utilizando que es el ladrillo Sílico calcáreo o los también llamados por su medida los PP 11 o PP 14 (unidad de albañilería) la cual busca evitar el uso de los ladrillos king

kong o los convencionales (de arcilla) que vemos en la actualidad que se usa, pero ya en pocos casos [...]. (2017, p.20).

Mediante lo mencionado por Gaytán, el ladrillo Sílico Calcáreo se viene usando dado que su influencia en el impacto ambiental es menor dado por su fabricación y se viene usando en Lima en un 60% de las obras de edificaciones, dado que su uso es muy frecuente, también se sabe que su desperdicio en obra también es de manera regular dado que por pequeños recortes o problemas de fisuras en su empleabilidad se produce su propia eliminación y no se encuentra una nueva empleabilidad o su reúso.

“En la actualidad, la contaminación está en incremento, provocado de manera principal por los desechos sólidos urbanísticos generados, añadiéndole los excedentes dados por el movimiento de tierras, mismo que actualmente no cuenta con una adecuada disposición”. (López y Ortiz, 2018, p.17).

En mi tesis “Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020” nos enfocaremos en la estabilización del suelo mediante el reúso de Sílicos Calcáreos a fin de emplear esos desechos y minimizar el impacto de generación de materiales excedentes por el propio movimiento de tierra.

Por ende, nos menciona Bauzá (2015) “La mejora de los suelos arcillosos mediante la empleabilidad de cal en obra, se ha dado en años actuales un esencial papel, primordialmente por las principales ventajas económicas y medioambientales que mitigamos el consumo excesivo de recursos naturales [...]” (p.3).

En este sentido se analizará como influye la adición de Sílico Calcáreo en la estabilización de suelos arcillosos, por lo tanto, se formula el **problema general** el siguiente: ¿Como influirá la adición de Sílico Calcáreo reutilizado en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020?

Los problemas específicos son los siguientes:

¿De qué manera la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuirá en la estabilización de suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020?

¿De qué manera la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuirá en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020?

Esta investigación se enfoca según la justificación **técnica** en este caso esta investigación tiene como finalidad lograr el mejoramiento de las propiedades físicas – mecánicas del suelo arcilloso a fin de tener una subrasante óptima para construcciones futuras, además esta investigación llegara a ser punto de antecedentes para investigaciones para estudiantes interesados a desarrollar el tema de adicción de Sílico calcáreo como agente químico estabilizador para lograr el mejoramiento en el caso de estabilizar los suelos arcillosos, en el ámbito **económico**, la presente investigación busca minimizar en los costos de la estabilización y/o mejoramiento de los suelos; todo referido a la partida de Mov. De tierras en el caso ya sea de ejecución de terraplenes u otros proyectos relacionados de gran impacto al Mov. De tierras, estos tienden a tener un incremento moderado en el presupuesto, y por ello de manera general al costo total del proyecto se genera un alto porcentaje de incremento; por ello, la empleabilidad o la utilización de canteras no autorizadas o que no cumplan con los requisitos establecidos por normas ante las construcciones viales, las canteras deberán estar cerca de la zona de ejecución para minimizar los costos. Así mismo a manera **Ambiental** para una mejora y/o estabilización de estos proyectos, se deberán utilizar materiales de índole económico accesible y de fácil obtención, de ello en esta investigación se trata de reutilizar el ladrillo Sílico calcáreo reutilizado como agente estabilizante en los suelos arcillosos, para minimizar los costos en el mejoramiento/estabilización de suelos y así evitar la técnica de estabilización mecánica (que tiene gran impacto en el suelo y su costo es elevado) a manera que también se reduce el impacto al suelo y los depósitos informales que dañan al ambiente, referente a lo **práctico** la presente investigación aporta la idea de estabilizar el suelo arcilloso y mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, ya que este se es muy presentado en la Provincia de Socos dado por sus intensas lluvias cuando está en temporada y por ello no se permite el tránsito vehicular, mediante la utilización o adicción del Sílico calcáreo reutilizado. Dado que este material se encuentra en un gran desperdicio en obras y

no tiene una nueva empleabilidad de ello, en busca de añadir este agente para lograr minimizar la utilización de estabilización mecánica.

Este proyecto presenta como **objetivo general**, Analizar la influencia de la adición de Sílico Calcáreo reutilizado en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

Por **objetivos Específicos** tenemos,

Determinar cómo contribuye la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo en la estabilización de suelos arcillosos.

Determinar cómo contribuye la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos.

Finalmente tenemos como **hipótesis general**, la adición de Sílico Calcáreo reutilizado influye en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

La Hipótesis Específicos tenemos:

La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la estabilización de suelos arcillosos.

La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos

II. MARCO TEÓRICO

Antecedentes internacionales

Gavilanes E. (2015), en su trabajo de titulación lograr el grado de Ingeniero Civil de la Universidad Internacional del Ecuador, tuvo como **Objetivo de Investigación** Evaluar y Analizar las propiedades y/o características mecánicas y físicas en cuestión a la estabilización y modificación del suelo ubicado en la región del sur, específicamente en Santos Pamba del barrio de la Colina del Sur utilizando el aumentado de cemento y cal en variadas proporciones Su **metodología** es de diseño experimental, cuenta con un **Campo** se efectuara en Quito, mediante la ejecución de una vía en el barrio sur de la capital, se **concluye** que mediante el uso de agentes estabilizadores (cemento y cal), se tiene en la malla N° 40 un porcentaje que pasa del 98% y el pasante en la malla N° 200 es del 62%, entonces en relación a las dos mallas se obtiene un 0.632 el cual nos indica por el resultado que el suelo del lugar satisface para realizar la estabilización.

Altamirano G. y Díaz A. (2015), en su trabajo monográfico para optar al Título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAM-Managua, el cual contuvo como **objetivo** lograr estabilizar los suelos que presentan características plásticas o cohesivas dentro de las vías indicadas en el departamento de Rivas. Su **Metodología** es de diseño experimental, con una **Población** de la cual se tomara de Nicaragua, al departamento de Rivas y de la misma a la comunidad de San Isidro de la cual pertenece al municipio de Potosí con una **Muestra** que se llevó a cado 10 calicatas de 1m² de profundidad que varía de 1 a 2mts., con lo cual se **concluyó** dado por él logró del cumplimiento de mejora de las propiedades más representativas usando varios porcentajes de los cuales se determinó que con el 9% de cal añadida, desde luego lo cual se logró una reducción del 61% de cohesión con la adicción de cal optima.

Bauzá J. (2015), en su tesis doctoral para acceder al grado académico de Doctor por la Universidad de Sevilla en España, tuvo como **objetivo** mediante el uso del agente estabilizador (cal) se realizó un exhausto estudio, en la aplicación a un suelo altamente plástico/arcilloso y cohesivo (modificaciones en grado de succión y humedad),

empleado en la construcción de la explanación, específicamente de la localidad de Moron de la Frontera. Así mismo se tiene como **conclusiones** que las características de los suelos arcillosos a partir de distribuciones fuertemente uniformes bimodales, se cambia los microporos de tamaño menor a 0,1 μm o distribución de poros intergranulares, que sufren un incremento responsable principal del aumento de la porosidad. En relación a las dotaciones de cal empleadas para provocar mejoras que han manifestado mayores cambios para la proporción del 3%, específicamente en cuanto a los cambios de resistencia y microestructurales.

Parra M. (2018), en la investigación de grado para la obtención del grado de Ingeniero Civil en la Universidad Católica de Colombia, de tal manera se tuvo como **objetivo** realizar la estabilización química de un suelo (caolín), así mismo determinar las dosificaciones pertinentes y optimas del agente estabilizante lo cual será mediante la adición de ceniza y cal en diferentes porcentajes. Cuenta con un **alcance** para comparar la estabilización de caolín con cal y ceniza volante, así determinar qué conjunto de materiales brinda mejores características mecánicas, se **concluyó** que la cal demostró un buen comportamiento mecánico especialmente para la adición del 8%, de acuerdo a esto, la resistencia a la tracción aumento mejorando el comportamiento de la muestra (suelo), tras el uso de ceniza volante en el comportamiento a la compresión no se mostró tan satisfactorio como la cal viva y como efecto negativo se mostró que fue el material con mayor deformación unitaria 9.8%, su vuelve el material dúctil no resistente a la compresión.

Sánchez M. (2014), en su disertación de grado previo a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, el cual tuvo como **objetivo** mediante el uso de un recurso estabilizador (cemento y cal) lograr que el suelo presentado se estabilice del cual se tomara al suelo expansivo y cohesivo presentado en el sector Calcical del Cantón Tosagua. La **metodología** nos muestra que su diseño es experimental, con un área **de investigación** la cual se ubica en la provincia de Manabí, al Oeste de la ciudad de Quito, de igual manera las **muestras** han sido tomadas del Sector Calcical del Cantón Tosagua. Se **concluyó** que, mediante el uso de la cal viva en su porcentaje de adicción de 3, 5 y 7% se alcanza disminuir de manera considerada mediante el porcentaje de hinchamiento presentado de los suelos

de manera porcentual al 20, 40 y 57% respectivamente. Por su lado el cemento a su 3, 5 y 7% de adición reduce de manera considerada el porcentaje de hinchamiento a 57, 74 y 87% respectivamente.

Para **Marquez O.** (2014), en su artículo de investigación la cual tuvo como **objetivo** la descripción del procedimiento constructivo de estabilización de suelos aprovechando como producto reciclado de pavimentos dañados modificándolas con cal, así mismo se obtuvo como **conclusión** dado por los ensayos de Eades y Grim, y los resultados en campo de investigaciones realizados en México nos muestra una mejora al emplear la cal en los suelos, a manera en factor de alta calidad, costos y mantenimiento inferiores a los procedimientos convencionales y con mucha mayor duración, dando por si carreteras más duraderas.

Así mismo, **Higuera C., Gómez J. y Pardo O.** (2012), en su artículo de investigación la cual tuvo como **objetivo** proponer una metodología para el tratamiento de suelos susceptibles mediante la incorporación de hidróxido de calcio entre 2 a 12% buscando la mejor de las propiedades físicas y mecánicas dado en Colombia, la cual se obtuvo como **conclusión** mediante los ensayos requeridos por la norma nos resulta que existe mayor mejora al aplicar el 2, 4 y 6% de hidróxido de calcio respecto al suelo seco de la muestra resultando que el suelo sea aceptable como capa subrasante, donde puede aumentar el CBR hasta un 42%.

Antecedentes Nacionales

Linares R., Aguilar M. y Rojas E. (2020), en su artículo de investigación La cual se tuvo como **finalidad** determinar la influencia en el suelo arcilloso aplicando uso de las bolsas de polietileno fundido. Presenta como **muestra** de las cuales fueron extraídas de la intersección de la Av. Los libertadores con Jr. Las orquídeas en Chachapoyas de la región de Amazonas, están fueron elaboradas de manera fundida. Tiene como **conclusión** dado por los resultados adquiridos por los ensayos, dado por la adición de BPF al 4, 8 y 12%, nos muestran que al usar el 4% el índice de plasticidad de 13.55% respecto a su suelo natural disminuye a 8.98% (propiedades físicas) y en el caso de propiedades mecánicas al uso del 12% de bolsas de polietileno fundido nos da que el óptimo contenido de humedad disminuye de 18.23% a 15.46% así mismo la

máxima densidad seca aumenta de 1.730 gr/cm³ a 1.807 gr/cm³ y finalmente el CBR aumenta en relación al suelo natural de 5.6% a 9.9% al adicional el 12% de BPF.

Cajaleon y Mondragon (2018) en su investigación tuvo como **objetivo** principal de investigación determinar si el uso de cenizas de cascara de arroz estabiliza los suelos arcillosos en la subrasante del km +17 Pimpingos, Choros 2018. Fue una **metodología** de manera aplicada, la **población** de estudio son los 37 km. de la carretera Pimpingos – Choros, región Cajamarca, la **muestra** se tomó el km +17 de la carretera Pimpingos. Los principales **resultados** del ensayo de CBR se obtuvo al suelo natural que tiene una densidad seca de 2.006 g/cm³ y un contenido de humedad de 9.4% así mismo se obtuvo 6.2% de CBR con una lectura al 95%, además al combinar con ceniza de cascara de arroz con un 10% arroja como resultado 8.5% de CBR con una lectura al 95%, finalmente adicionando ceniza de cascara de arroz con un 15% al suelo natural nos da como resultado 10.3% de CBR con una lectura al 95% para subrasante. **Conclusión** que al estabilizar suelos arcillosos en el tramo de la carretera Pimpingos – Choros km+17 con cenizas de cascara de arroz, se logra obtener un tipo de suelo regular lo que inicialmente presentaba un suelo de pobre.

López J. y Ortiz G. (2018), en su tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil en la Universidad Tecnológica de los Andes, el cual tuvo como principal **objetivo de** investigación que dado la adición de cal en proporciones adecuadas se logre estabilizar el suelo de los lugares influyentes que son los jirones de Santo Domingo y Molinopata pertenecientes de la urbanización de San Luis. La **Metodología** es del tipo Exploratoria, de nivel Analítica y tiene como diseño de investigación Experimental transversal descriptiva, que tiene una **Población** el cual estará situada en la Urbanización San Luis de la Ciudad y provincia de Abancay, así mismo tendrá una **Muestra** que es la Sub rasante ubicados en los Jirones de Molinopata y Santo Domingo, se **Concluye** que la cantidad necesaria de Cal para mejorar el índice de CBR es del 8% en relación al peso seco del suelo, al realizar los ensayos de Eades y Grim y al añadirle cal al suelo se obtiene un incremento de su PH en más de los 10.5 así se logra mejor resistencia del Suelo.

Palli E. (2015), en su investigación que tuvo su principal **objetivo** el cual es determinar la influencia de la estabilización de suelos con cal en las propiedades mecánicas de los suelos plásticos (C.B.R) y elaborar una guía básica para estabilización de suelos en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. Esta investigación es del **tipo** Experimental, la **población** del estudio consta de la Provincia de San Román, la **muestra** de la investigación se tomó 2 canteras de la ciudad Juliaca; los **instrumentos** empleados es la recolección de datos. Los principales **resultados** para la cantera #1 (Chullunquiani) el porcentaje óptimo de Cal para mejorar el CBR y considerarlo apto para la conformación de afirmados es de 2%. La Cal como agente estabilizador de suelos disminuye ligeramente el Limite Líquido e Incrementa el Limite Plástico, produciendo una reducción del Índice de Plasticidad de los suelos. **Concluyendo** la Cal como agente estabilizador de suelos si mejora las propiedades mecánicas del material de cantera, esto debido a que, al mezclar el suelo con la cal, se produce una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, seguida de otra muy lenta tipo Puzolánica, con formación de nuevos productos químicos.

Cuadros C. (2017), en su tesis para lograr la obtención del título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Peruana Los Andes, donde se tuvo como **objetivo** principal que dado la adición del agente estabilizador en diferentes porcentajes de óxido de calcio influye en el mejoramiento y tratamiento de las propiedades físico y mecánicas de la capa subrasante, que será dada en una vía afirmada ubicada en la Red vial departamental de la Región Junín. El cual tiene como **metodología** del tipo de investigación Aplicada – tecnológica, su nivel descriptivo – explicativo, así mismo su enfoque del tipo cuantitativa y también tendrá como diseño experimental, además su **población** será tomada por el tramo: C.P. Pariahuanca – C.P. Ojaro, L= 10.436 Km de la Red vial departamental Ruta: JU-108, , de igual manera su **muestra** se realizó mediante el tramo: C.P. Pariahuanca – C. P. Ojaro en una longitud de 3.055 Km. (que será considera entre la progresiva 96+569 Km. y la progresiva 99+624 Km.) se tomaron 04 calicatas, se **concluye** que tendrá una influencia positiva en relación a las propiedades físico-mecánicas de la capa subrasante mediante el uso de óxido de calcio en diferentes proporciones (1, 3, 5 y 7%), para la obtención de la estabilización

del suelo en estudio la cual nos resulta que el 3% vendría a ser el más óptimo, dando como resultado la disminución del índice de plasticidad de un suelo natural que presentaba un IP de 19,08% a un IP de 4,17% por la estabilización, de igual manera se redujo el contenido de humedad para su compactación de un 18,3% a un 15,6 (estabilizado), además se obtuvo un aumento significativo del CBR de 4,85% (suelo natural) a un 15,64% posterior a su estabilización, señalándose como una sub rasante buena.

Fernández N. (2018) en su investigación tuvo como **objetivo** principal de investigación determinar la estabilización de subrasante mediante el material de demoliciones en avenida malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017. Fue un estudio de **tipo** aplicada, la **población** está conformada por 1 kilómetro en la avenida Malecón Checa en San Juan de Lurigancho y el **muestreo** de la investigación es del tipo no probabilístico y la **muestra** está ubicada en el distrito de San Juan de Lurigancho, sector de Campoy, en la avenida Malecón Checa, comprendida desde la intersección Avenida Próceres hasta la Avenida san Martín; los **instrumentos** observación directa. Los principales **resultados** obtenidos por los ensayos pertinentes de acuerdo a las adiciones de 10%, 20% y 30% de los materiales de demolición, donde se obtiene el valor de soporte (CBR) dado por 10% de asfalto a 32.50%, de la misma manera para el concreto dando como óptimo al 20% donde resulta 78.30% y por su parte de mampostería se obtiene 30% al aplicar el 10% como óptimo. Se **concluye**, que las demoliciones de pavimentos influyen significativamente con respecto a la estabilización de subrasante, Los ensayos que se realizaron fueron para estimar su influencia del suelo natural mediante la dosificación de material de demoliciones en 10%, 20% y 30%, el cual se obtuvo resultados óptimos que cumplen con los estándares de subrasante del MTC, por lo que resulta su capacidad portante aceptable, de esta manera que se pretende estabilizar en este proyecto y además para ser aplicado en proyectos futuros.

Mamani R. (2019) en su investigación tuvo como **objetivo** principal de investigación mejorar las propiedades mecánicas de los suelos de la cantera “Los monos” con adición de residuos de ladrillo y residuos de concreto para la construcción de la base

de pavimentos de la ciudad de Juliaca. Fue un estudio de **tipo** aplicada, la **población** es canteras de suelos para la construcción de pavimentos de la ciudad de Juliaca y el **muestreo** de la investigación es del tipo no probabilístico y la **muestra** es canteras de suelos “Los Monos” de la ciudad de Juliaca; los **instrumentos** empleados son la ficha técnica, la entrevista, observación y fotografías. Los principales **resultados** al adicionar 5% y 10% de residuos de ladrillo se obtiene como principales resultado de CBR 54.53% y 61.05% respectivamente, además en el caso de residuos de concreto al emplear 5 y 10% se obtuvo como capacidad de soporte (CBR) 58.82 y 64.07% respectivamente, **Concluyendo** que mediante los ensayos pertinentes se determino que las adiciones de residuos de ladrillo y concreto adecuado es de 10% dando como mejora a las propiedades mecánicas y cumpliendo con lo establecido por el ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) para su empleo en la construcción de base de pavimento.

Velásquez C. (2018), en su tesis para lograr optar el grado académico de profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se tuvo como **objetivo** evaluar de manera intuitiva la influencia del cemento Portland Tipo I en la obtención de la estabilización del suelo arcilloso de la capa subrasante, sector La Molina. El cual su **metodología** es del tipo aplicada, su nivel es explicativa – correlacional, así mismo su diseño de investigación del tipo experimental, además cuenta con su **población** la subrasante de la avenida Dinamarca que conforma los suelos arcillosos, sector La Molina, de igual manera su **muestra** de los suelos arcillosos cuatro muestras, las cuales serán obtenidas y extraídas de cada calicata realizada que estarán ubicadas a lo largo de la avenida Dinamarca, se **concluye** tras adicionar el cemento al suelo de características más desfavorable se obtuvo un índice de plasticidad 36, 23 y 15% con relación al porcentaje de adicción de 1, 3 y 5% respectivamente, lo que nos mostró que el suelo de la capa subrasante todavía presentaba como característica, la cual era de plasticidad media. Mediante el ensayo pertinente se determinó también que Su índice de contracción se obtuvo en 26, 22 y 19% con la adicción de cemento Portland del tipo I en relación a los porcentajes de 1, 3 y 5% respectivamente, lo que indica que el suelo aún estaba sujeto a cambios volumétricos, aunque en tamaños más pequeños, así mismo su índice de CBR o

capacidad de soporte se incrementó a 3.50, 6.63 y 13.75% al 95% DSM con la adición del cemento al 1, 3 y 5% respectivamente, por lo que una subrasante pasara de ser de manera regular a buena, dado por su índice de CBR, se logró al adicionar un 4% de cemento Portland tipo I.

Las **teorías presentes en la investigación** son:

La definición de suelo que nos menciona Crespo (2004):

Se denomina suelo a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que es proveniente ya sea por la alteración física o la desintegración de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos, también podría darse por manera química de los materiales dichos que se asientan sobre ella. Además, las grandes variedades de suelos ya existentes en la tierra son reflejados dado que los suelos son sistemas complejos donde ocurre una vasta gama de procesos biológicos y físicos [...], (p.18).

Los tipos de suelos que hay se manifiestan por su particularidad, que viene a ser el tamaño de diámetro de sus partículas que pueden estar variando entre 2mm al 0.005mm; de acuerdo a eso tiende a ser las gravas que contiene el mayor diámetro luego esta arena, limos y por último arcilla, este tiende a presentar plasticidad dado por su mínimo tamaño de diámetro de su partícula, dado que al estar en contacto con agua manifiesta esta característica.

Clasificación de suelos: de la clasificación de suelos, Braja nos habla al respecto:

Dados por su función de las características mecánicas y su comportamiento para la ingeniería, los suelos con propiedades similares a la relación a estas, pueden ser clasificados en grupos o sub grupos. Las características generales de los suelos, pueden ser infinitamente variadas, es decir sin una detallada descripción, estas son expresadas de una manera concisa por los sistemas de clasificación propiamente dicha del suelo. Actualmente, se tiene como sistemas de clasificación de suelos al sistema (AASHTO) y (SUCS), los cuales estas utilizan la distribución granulométrica y la de plasticidad que contiene el suelo, que estos son comúnmente utilizados para las aplicaciones en la ingeniería. En la tabla N° 4 se muestra la clasificación del suelo dado por los dos principales sistemas (2015, p. 78).

Propiedades fundamentales de los suelos:

Tenemos **análisis granulométrico**: sobre el análisis granulométrico, Braja nos hablan de ello:

Los tamaños de los granos del suelo, presentados o manifestados en su masa varían en gran medida, Por lo cual su correcta clasificación del suelo, se debe conocer su distribución granulométrica. La distribución granulométrica de un suelo de grano grueso se suele determinar mediante un análisis granulométrico con mallas. Para un suelo de grano fino esta se puede determinar su distribución granulométrica mediante el análisis del hidrómetro (2012, p. 22).

Además, según el MTC (2014) nos menciona que “mediante las especificaciones técnicas (MTC E-107) la distribución de los tamaños que contiene el agregado es representado por la granulometría mediante el tamizado, el análisis granulométrico nos ayuda en la clasificación acuerdo a su tamaño” (p.30).

Tenemos como termino de **plasticidad**: “La plasticidad es la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones (mecánica de suelos) y sin manifestar rebotes elásticos, sin mostrar variación volumétrica y sin manifestar agrietamientos y sin desmoronarse” (Juárez & Rico, 2005, p.127).

Así mismo el MTC (2014) nos menciona, “la propiedad de estabilización que presenta los suelos hasta determinado límite de humedad sin disgregarse, es la plasticidad, en el suelo este depende únicamente de sus elementos finos” (p.31).

Sobre plasticidad, Crespo nos habla del tema:

El comportamiento manifestado de los suelos en todas las épocas se mide o determina mediante la plasticidad. Esta propiedad en grado variable lo presenta las arcillas, mediante el uso de los límites de atterberg se da a conocer la plasticidad que presenta un suelo, mediante esto se separa de los suelos coherentes los estados de consistencia, dentro del límite de atterberg. Mediante la explicación anterior se tiene a los límites, tanto Limite Liquido (LL), limite Plástico (LP) y límite de contracción (LC) (2004, p. 69).

Los límites de Atterberg, sobre el tema MTC nos menciona al respecto:

Determinar cuan sensible es el comportamiento de un suelo lo establece los límites de Atterberg que tiene relación mediante la definición de los límites de consistencia de su humedad, y en relación a su contenido de humedad por ello se muestra un suelo en

estado, solido, líquido y plástico. La cohesión del suelo se puede medir mediante el uso del límite de Atterberg que son: Según los ensayos del MTC E110 E111 y E112 nos da los siguientes límites, limite liquido (LL), limite plástico (LP) y límite de contracción (LC) (2014, p.31).

Limite Liquido (LL): Cuando se hable del límite líquido, Crespo (2004) menciona, “esta es la cantidad de humedad expresada en % respecto de la muestra su peso seco, cuando el suelo puede moldearse, es decir este ha pasado de semilíquido a plástico. La cohesión de este es nula bajo el límite liquido” (p.70).

Por otra parte, Braja (2012, p. 17) nos menciona sobre uno de los límites de atterberg, el límite liquido (LL), “por la prueba de ASTM D – 4318, es decir por la copa de Casagrande lo determinamos y es definido mediante la cantidad de humedad presentado ante el cierre de la ranura de 12.7 mm efectuando 25 golpes”

Limite Plástico (LP): De igual forma, Braja (2012, p.16) define el límite plástico, “Por la prueba ASTM D – 4318, esta se lleva a cabo sobre una placa de vidrio, usando una masa de suelo de contorno elipsoidal que es enrollado repetidamente a mano, la cual la define por el contenido de humedad de un rollito de 3.18 mm de diámetro de suelo ha agrietarse”

Índice de Plasticidad (IP): Para ejecutar la prueba se debe seguir el procedimiento de la norma establecida NTP 339.129 (ASTM D – 4318), ya que es la desigualdad dada por 2 límites de un suelo, limite liquido (LL) y el límite plástico (LP).

$$IP = LL - LP$$

Ecuación (1.1)

Humedad Natural: El MTC (2014, p.33) añade que, “una de las características importante, es la humedad natural del suelo, ya que el suelo de subrasante resista, en particularidad de los finos, es asociado con el estado de humedad y la consistencia que los suelos presentan”.

También el MTC (2014) manifiesta que:

Mediante el ensayo del MTC E 108, la determinación de la humedad natural permite con lo obtenido en los ensayos Proctor, el cual es la humedad optima, nos servirá para la obtención del CBR del suelo, (efectuado por el ensayo del MTC E 132). Si en el análisis

o ensayo nos da que la humedad natural es igual o menor a la humedad optima, entonces como proyectista se propondrá la cantidad necesaria de aporte de agua y la compactación normal del suelo presentado. Si en el caso la humedad natural nos resulta superior a la humedad optima y también por su saturación del suelo, por ello se proporciona orear al suelo, o también dicho aumentar la energía de compactación, en otro caso cambiar el material ya saturado que se presenta (p. 34).

Por lo cual el contenido de humedad se calcula con la fórmula:

$$w = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s}$$

Ecuación (1.2)

Donde:

W = contenido de humedad, expresado en %

Mcws = peso del contenedor más el suelo húmedo, expresado en gramos.

Mcs = peso del contenedor más el suelo secado en horno, dado en gramos.

Mc = peso del contenedor, expresado en gramos.

Mw = peso del agua, presentado en gramos.

Ms = peso de las partículas sólidas, expresado en gramos.

Ensayo Proctor Modificado: Según Bañón & Beviá (2000), “Este ensayo busca determinar la humedad optima de una muestra de suelo al ser compactada, llevan también el nombre de su creador, el cual es el Ing. Estadunidense Proctor R.R.” (p. 15).

De acuerdo al ensayo Proctor modificado, el MTC nos menciona sobre el tema:

Este ensayo abarca los procedimientos usados en laboratorios y siguen las normas ya establecidas, las cuales son la norma ASTM D1557 y MTCE 115 y a si lograr determinar cómo se relaciona o la relación existente entre el peso unitario seco de los suelos compactados con el contenido de humedad, se refleja en la curva de compactación, estos se realizan en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulg) de diámetro de con un pisón de 44,5 N que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), logran producir una energía de compactación de (2700 kn-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)) (2016, p. 105).

CBR del Suelo (capacidad de soporte): este ensayo tiene como fin, el cual es determinar. Su capacidad de soporte que contiene el suelo y los agregados ya compactados en laboratorio, con niveles de compactación variables y con una cantidad de humedad optima.

“La división de carreteras del estado de California desarrollo este método, el cual sirve para evaluar la calidad del suelo usado para la subrasante, subbase y base un pavimento” (AST international, 2007).

Según el ensayo de CBR del suelo, el MTC nos menciona sobre el tema:

Este ensayo está determinado por MTC E-132, una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, el valor de soporte o también llamado resistencia del suelo, se determinara el programa de ensayos para establecer el CBR o lo ya mencionado, esta estará referido a la MDS que es la máxima densidad seca que estaría referido al 95% de la misma y a 2.54 mm de penetración de la carga, una vez obtenido el valor de CBR se dispondrá a categorizar la Sub rasante de la manera que se muestra en la tabla N° 8 (2015, p. 35).

Naturaleza de los suelos arcillosos, para ello Crespo (2004) nos menciona “Las arcillas cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua y son partículas sólidas con diámetro menor de 0.005 mm” (p. 22).

De la misma manera, Juárez y rico manifiesta del tema:

Forman un producto final como la arcilla los agentes de descomposición química, repartiendo de numerosos minerales, primordialmente silicatos que se encuentran en las metamórficas y rocas ígneas. A diferencia de los suelos gruesos, decisivamente influido por su constitución mineralógica y estructura en general en particular el comportamiento mecánico de las arcillas se ve (2005, p. 43).

En general, como las arcillas, los suelos cohesivos, conforme con Kraemer *et al.* Nos menciona al respecto:

Debido al pequeño tamaño de sus partículas presentan una gran superficie específica, inferior a 0.063 mm. Disponer, por consiguiente, una gran capacidad de absorber agua, producidas por la variación de la humedad traduce en las variaciones de volumen. Se contraen e hinchan los suelos cohesivos, una pérdida de capacidad resistente se pudo mostrar (2004, p. 23).

Ya que sabemos la naturaleza de los suelos arcillosos, así mismo tenemos que tener conocimiento de la estabilización de esta misma.

Estabilización de suelos, mediante procedimientos por productos químicos o mecánicos la estabilización del suelo se conoce como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo, sintéticos o naturales, para ello el MTC nos menciona del tema:

De tal modo las estabilizaciones, por lo común se efectúa en los suelos de subrasante pobre o inadecuado, para estos casos se usan estabilización con cal, asfalto, cemento y otra producción diversos. Sin embargo, entonces se estabiliza una base granular o sub base granular, se denomina como subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.) para obtener un material de mejor calidad (2015, p. 92).

Según Vásquez & Fajardo (2014). “mediante el uso de agentes estabilizantes, se busca lograr que el suelo se mejore en sus propiedades geotécnicas así mismo este adecuado para los procesos constructivos” (p. 3).

Ensayos para realizar la caracterización de los suelos, para ello Fajardo & Vásquez nos menciona que los ensayos se pueden dividir en:

- a. Ensayos básicos, estos están dados para la identificación, dependiente únicamente de la naturaleza de suelo presentado. Estos ensayos básicos están dados por determinar sus propiedades intrínsecas, ya sea por su clasificación y la determinación de sus límites para conocer el tipo de suelo, los ensayos a utilizar sería el de granulometría y el de límites de consistencia.
- b. Ensayos complementarios, es referido a los ensayos más específicos que en este caso podrían ser los de ensayos de probetas, el ensayo de Proctor modificado, los métodos de curados y también estaría en estos ensayos la prueba de resistencia a la comprensión no confinada, dado que estas estarían a relación a las características relativas del estado natural del suelo: lo cual sería las propiedades de densidad natural y humedad (2014, p. 7).

Métodos de Estabilización de Suelos: para la determinación del método de estabilización a utilizar estará enfocado objetivamente sobre el tipo de suelo que tenemos y las propiedades que manifiesta este suelo, es decir la que se pretende estabilizar, para lograr el cumplimiento de las condiciones de servicio necesarias pertinentes a las normas.

Según Fajardo & Vásquez (2014). “es enfocado a los procesos o métodos de acuerdo a la formación de mecanismos de defensas ante acciones de las fuerzas climáticas y también por la incorporación a los suelos de elementos que logren estabilización” (p. 8).

Estabilización Mecánica: “Sin que se produzcan reacciones químicas de importancia se logran mejorar considerablemente un suelo, por ello se obtiene una exacta densificación del material portante y compactación” (Fajardo & Vásquez, 2014, p. 10). “De acuerdo a la estabilización mecánica es la que se logra mayor mejora, sin tener reacción química. Compactación: este progreso generalmente se hace en las carpetas asfálticas, subbase y base” (Equiservicios Industriales S.A.S., 2016, p. 3).

Estabilización Física: “De una adecuada granulometría persigue la obtención, de materiales cohesivos o granulares o ambos a la vez mediante el agregado, al primordial suelo” (Fajardo & Vásquez, 2014, p. 14).

Hablando de estabilización física se tiene que esta logra mejorar el suelo empleando cambios físicos en el mismo.

Estabilización Química: de acuerdo a la estabilización química, Fajardo & Vásquez menciona al respecto:

La aplicación tiene como principal objetivo estabilizar el suelo al mezclarse o adicionándose con un agente estabilizador químico. Por efectos físico-químicos de superficie mediante la adición de cloruro de sodio, cal, cemento, asfalto, permeabilizantes entre otro que se refiere al cambio de las propiedades del suelo es la Estabilización química (2014, p. 17).

Principalmente tenemos que saber sobre nuestro estabilizante químico a implementar, para ello se detallara a continuación.

Sílico calcáreo, el principal aporte nos da Compañía Minera Luren S.A. de acuerdo al tema:

Sílico calcáreo es una mezcla de cal, compuesto de agua y áridos. Tiene un desarrollo inicial el cual es agregar la cal con arena extraída conjuntamente con agua en el mezclador principal. Esta mezcla reposa mediante un período de tres horas en los silos reactores para que la cal que es agregada en su estado “viva”, se humedezcan al contacto con el agua (2013, párr. 1).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Enfoque de la investigación: Lo que plantea el enfoque **cuantitativo** es según Hernández nos menciona “contestar las preguntas de la investigación y probar la Hipótesis para la recolección y análisis de datos, con análisis estadístico y base en la medición numérica, por ello se establece probar teorías y pautas de comportamiento” (2010, p.7).

Ya que necesito recolectar y analizar los datos, mediante las pruebas de laboratorios o trabajos ya publicados, con teorías ya resueltas en antiguos problemas de investigación, pudiendo cuantificar la variable de esta manera la investigación apunta a un enfoque **cuantitativo**.

Método de la investigación: Es un rasgo característico de la ciencia, que es el **método científico**, tanto de la aplicada como de la pura: donde no hay ciencia no hay método científico. “Pero no es ni autosuficiente ni infalible. Es falible el método científico: mediante el análisis directo y mediante la estimación de los resultados a los que lleva puede perfeccionarse” (Bunge, 2017, p. 8).

Por ello esta investigación aplico el **método científico** porque se analizó de manera directa y falible un problema de investigación, a fin que tiene como objetivo resolverlo de manera ordinal como el método científico la plantea.

Tipo de investigación: Resolver un problema en un periodo de tiempo corto tiene como fin principal el tipo de investigación **aplicada**. Según Chávez nos indica “Las acciones concretas para enfrentar el problema mediante la aplicación inmediata. Por tanto, no se dirige al desarrollo de la teoría y sus resultados, pero se dirige a la acción inminente y, para enfrentar el problema mediante actividades precisas” (2007, p. 134).

El desarrollo de las teorías presentada e información, en una **investigación aplicada** se encuentra enmarcada, ya que se fundamenta de trabajos previos

obtenidos en los aprendizajes, en la práctica a desarrollar a fin de solucionar la problemática en la vida real.

Nivel de investigación: Conforme al nivel de investigación, según Hernández nos indica “entre dos o más variables para evaluar el grado de asociación, primero se mide cada una de éstas, y después se cuantifican, analizan y establecen las vinculaciones en los estudios **correlacionales**. Se sustentan hipótesis sometidas a prueba tales correlaciones” (2014, p. 93).

Por ello la presente investigación es **tipo correlacional**, dado que se busca analizar la vinculación entre las dos variables mediante la adición de una como causa y buscar el efecto que en este caso es la estabilización (causa-efecto).

Diseño de investigación: Según Hernández nos menciona “Los diseños **cuasi experimentales** estarán diferidos sobre los experimentos puros en relación al grado de seguridad, también estas manipulan deliberadamente de manera, al menos a una variable independiente que tendrá efecto a una o más variables dependientes” (2014, p.151).

Además, al diseño de investigación de acuerdo, Borja nos menciona sobre el tema:

Se demuestra la verificación e hipótesis mediante la manipulación de forma intencional por parte del investigador de las variables ese es el diseño **cuasi experimental**, la Hipótesis tendrá validez si la variable independiente produzca modificaciones o efectos en la variable dependiente, esta investigación determina la relación causa-efecto (2016, p.14).

Bajos los conceptos establecidos está presente investigación es del tipo **cuasi experimental** dado que tendrá como principal característica la manipulación de la variable independiente a fin de adicionar a la variable dependiente y lograr su efecto propicio o la que se quiere lograr.

3.2 Variable y Operacionalización

Variable independiente: Según Salkind (1999, p. 25), nos menciona, “[...]Una variable independiente representa los tratamientos que el investigador controla para

probar sus efectos sobre algún resultado. Las variables independientes también se denominan variables de tratamiento, es tal vez dentro de este contexto que más se usa el término”.

La variable independiente se tiene como la causa en relación a los efectos sobre la dependiente, que serán visto en la manipulación tras la realización de un experimento.

V.I: Sílico calcáreo reutilizado

Variable dependiente: “es considerado como la que manifiesta los resultados del estudio de investigación. Se piensa de las variables dependientes como los resultados que podrían depender del tratamiento experimental o de lo que el investigador modifica o manipula “(Salkind, 199, p.25).

V.D: Estabilización de suelos arcillosos.

3.3 Población, muestra y muestreo

Con respecto a la **población** desde un punto de vista estadístico, “se denomina población o Universo al conjunto de elementos o sujetos que serán motivo de estudio” (Borja,2016, p.30).

En esta investigación se tomará la población de objeto de estudio los suelos de los caminos o rutas de las comunidades de socos, **delimitado por sus 3 comunidades que son Samaná, Acco Capillapata y San Rafael** de la provincia de Socos (Ayacucho), que consiste en 3.5 kilómetros, las propiedades mecánicas y físicas de sus suelos serán sujetas a evaluación y análisis.

La **muestra** se define de acuerdo a su proceso “Se habrán de recolectar datos del estudio ya que es un subgrupo representativo de la población”. (Borja, 2016, p.30)

La muestra para esta investigación será tomada del camino o acceso de la comunidad de Acco Capillapata hacia la dirección de la comunidad San Rafael de lo cual se tomará como análisis 1 km del suelo arcilloso del camino sin estabilizar y estabilizado (**mediante calicatas**)

“**En el muestreo probabilístico** es cuando la muestra es escogida al azar, y el no probabilístico no es basado a la probabilidad, por el contrario, es referido a las

características que plantee el investigador ante la necesidad de la estructura a investigar” (Hernández, Fernández y Bautista, 2010, P.263).

El procedimiento de un **muestreo no probabilístico**– intencional se efectuará en esta investigación, porque las muestras no serán seleccionadas al azar y estas serán tomadas a criterios del investigador, por consiguiente, se tomará el área que presenta más irregularidades, la que manifieste un suelo arcilloso con alta plasticidad.

Nuestra **unidad de análisis** será el suelo arcilloso ya que se conocerán sus propiedades físicas y mecánicas para así lograr su estabilización mediante el uso de Sílico calcáreo reutilizado en proporciones adecuadas establecidas por la norma NCE 020 – MC 05-14, para así lograr un óptimo suelo estabilizado.

3.4 Técnicas e instrumentos de validez, confiabilidad y recolección de datos

“Para la obtención de información existe diferentes técnicas, los propios manifiestan por el contrario son complementarios y que son incluyentes. A continuación, son las principales técnicas: la entrevista, encuesta, pruebas estandarizadas y la observación” (Borja, 2016, p.33).

En este proyecto uso **la técnica de observación**, por lo mismo que es la más usada en estos tipos de investigación que es el caso de evaluar el suelo de cierto lugar o una infraestructura vial, y gracias a esta técnica se puede obtener una gran ventaja dado que está relacionado con la realidad; también se entiende como la observación detallada del fenómeno o hecho dado, registrarla para su previo análisis y recolectar la información de esta técnica.

Así mismo mediante la **técnica de observación** la cual nos dará resultados mediante los ensayos pertinentes, su plasticidad, su capacidad de soporte, su límite líquido o plástico (límite de atterberg), y su previa clasificación de suelo; estas técnicas serán necesarias ya que son imprescindible mediante su toma de datos de las propiedades mecánicas y física del suelo arcilloso con Sílico calcáreo reutilizado y sin ello, para proponer el porcentaje adecuado para su estabilización de acuerdo a la norma NCE 020 – MC 05-14.

Figura N°2 Instrumentos para recolección de datos

FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS
Trabajos en campo	Calicatas	Herramientas Manuales
Ensayos a realizar	Estudio de mecánica de Suelos	Laboratorio de mecánica de suelos

Fuente: Elaboración propia.

“La recopilación de información de las variables en estudio que tienen por finalidad del investigador que emplea **los instrumentos de recolección de datos**. Es decir, permitieron efectuar observaciones de los hechos a estudiar que son herramientas” (Guillen y Valderrama, 2002, p. 69).

Además, **los instrumentos para la obtención de recolección de datos**, la investigación que se llevará a cabo deberá de cumplir con las solicitudes, correlacionados a los ensayos a realizarse y con los parámetros establecidos, nomenclatura, propiedades físicas y mecánicas, observaciones, resultados obtenidos, lugar donde se va a realizar los ensayos del suelo adicionado o sin ella.

Por ello, en esta investigación se utilizará los siguientes **instrumentos** que será:

Fichas técnicas y hojas de registro

Formatos técnicos, estipulados por la normas peruanas o extranjeras.

Así mismo, se realizarán los siguientes ensayos

- Análisis Granulométrico
- Ensayo de contenido de humedad
- CBR
- Ensayo de los límites de Atterberg
- Proctor modificado

“**La validez**, en términos generales, nos menciona Hernández sobre el tema que “cuando hablamos de validez se va referido al grado en medición del instrumento, que mide la variable la que se pretende medir” (2014. P.200).

En la validez de nuestra presente investigación en lo cual se utilizarán como instrumentos la hoja de registro y fichas técnicas de estudios de suelos y de los ensayos pertinentes las cuales ya se encuentran avaladas por especialistas competentes, calificados, certificados y acreditados por los institutos pertinentes.

“**La confiabilidad**, este es referido al grado (%) en que su utilización reiterada enfocada al individuo u objeto da resultados similares, ante el instrumento de medición, puede hallarse mediante técnicas variadas” (Hernández, Fernández y Baptista, 2014. P.200).

Se efectuará la evaluación del comportamiento físico y mecánico del suelo arcilloso (muestra) adicionado con Sílico calcáreo en comparación del suelo natural, de esa manera se verifica los instrumentos del laboratorio del ensayo a fin que se encuentren de manera óptima, para obtener los resultados esperados.

3.5 Procedimientos:

Se realizará primeramente en esta tesis la determinación de la muestra que serán 4 tipos de muestras (calicata), a los cuales se le desarrollará el ensayo al suelo natural mediante el análisis granulométrico, como análisis del suelo, su clasificación del suelo, determinar sus límites líquidos, plásticos e índice de plasticidad (límite de atterberg), también hallar o calcular el porcentaje de humedad contenido en el suelo, y luego de ello se realiza la estabilización química mediante el Sílico calcáreo a porcentajes según la norma NCE 020 – MC 05-14, y se determinara mediante los ensayos establecidos, los límites líquidos, plástico e índice de plasticidad, su contenido de humedad, Proctor modificado y su capacidad de resistencia (CBR), a fin de lograr disminuir la plasticidad y aumentar su capacidad de resistencia, y utilizarlo como subrasante como se requiere.

De manera resumen determinamos los siguientes pasos:

Etapa 1. Determinación de la Muestra

Etapa 2. Análisis del suelo Natural

Ensayo granulométrico (analizar la granulometría del suelo)

Límites de atterberg

Contenido de humedad (representado en %)

Etapa 3. Adicionamiento del estabilizador químico (Sílico calcáreo reutilizado)

Etapa 4. Analizar mediante los valores dados de los ensayos enfocado en las propiedades mecánicas y físicas para el suelo estabilizado (CBR, Proctor modificado, Contenido de humedad y Límites de Atterberg).

3.6 Método de análisis de datos

“Como fueron tratados los valores o datos se especifican. Este trabajo se realizará mediante figuras y tablas de frecuencias con sus propias interpretaciones y análisis. Se tiene en cuenta el análisis paramétrico y el no paramétrico para el análisis de hipótesis” (Guillen y Valderrama, 2002, p. 85).

En esta presente investigación para poder recolectar los datos requeridos se obtendrá mediante el método de la observación, debido a que nuestro se obtuvo mediante ensayos en laboratorio, y así mismo servirán para los cálculos necesarios, estos ensayos estarán debidamente controlados; estos serán registrados por formatos, hojas y fichas técnicas de los cuales ya están estandarizados a nivel nacional. Así mismo los datos reunidos se procesarán de acuerdo a lo que podamos obtener mediante la combinación de Sílico calcáreo reutilizado con el suelo de estudio que es el de tipo arcilloso, se realizara mediante el uso de hojas de cálculo (Microsoft Excel). Los resultados obtenidos debido a los estudios realizados en los laboratorios pertinentes serian debidamente presentados por gráficos, histogramas o diagramas necesarios para mostrar los indicadores presentados.

3.7 Aspectos éticos

En esta investigación, se asume con mucha responsabilidad los hechos, información, fundamentos y datos que se tomaran en cuenta, lo cual nos llevara a respetar la veracidad de los resultados obtenidos para así poder dar una óptima confiabilidad. Así mismo se tiene información veraz, que será respetado mediante la ética y moral, la información citada en la investigación, como nos guía el ISO 690 y 690-2, además se tendrá en cuenta las referencias bibliográficas de punto de la investigación.

IV. RESULTADO

Los resultados que se obtuvo para la tesis titulada “Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020” se determinó por medio del análisis de las propiedades físicas (análisis de la granulometría y límite de atterberg) así mismo, los análisis de las propiedades mecánicas (Proctor, contenido de humedad , análisis del CBR (100% 0.1” y 0.2”) y análisis del CBR (95% 0.1” y 0.2”)); para constatar con las hipótesis planteadas. Además, para la obtención de los datos para el ensayo se realizó el siguiente procedimiento, para los estudios de laboratorio se realizó 1 calicata con una profundidad de 2 mts, la norma MTC E 101 para una carretera de bajo volumen de transito se considera una calicata por kilómetro.

Exploración de suelos, Para su realización, primero hacer un estudio de campo. Los planes de exploración e investigación de campo incluirán la ejecución de tajos o pozos exploratorios (MTC, 2013, p. 29).

Caracterización de la subrasante, la determinación de las propiedades (físicas y mecánicas), el levantamiento se realizará mediante la realización de un pozo exploratorio o mina con una profundidad mínima de 1,5 m. (MTC, 2013, p. 30)

Ensayos de laboratorio, Dado por el MTC, (2013 p.44) después de la extracción de la muestra, se realizarán las siguientes pruebas de laboratorio:

Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107

Límites de Atterberg ASTM D-4318, MTC E110

Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E108

Clasificación SUCS ASTM D-2487

Clasificación AASHTO M-145

Ensayos Especiales

California Bearing Ratio (CBR) ASTM D-1883, MTC – E132

Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC – E115

Análisis granulométrico en laboratorio (ASTM D-422, MTC E 107)

Se realiza mediante la distribución del suelo (partículas) en tamices, este ensayo nos determina la clasificación del suelo, si dado por el tamiz N°200 pasa mayor al 50% del

suelo es considerado fino. Primero se extrae la muestra, la cual es puesta en una bandeja que se procederá a cuartearla, se separa 800 a 900gr. Esta se procederá a lavar y se seca en el horno a 110° C, finalmente se procede a pasarlo de tamiz en tamiz apuntando el peso retenido por cada tamiz. **Clasificación SUCS ASTM D-2487 y Clasificación AASTHO M-145**

Se clasifico el suelo por el sistema SUCS y AASTHO para suelo natural con respecto al sistema SUCS se obtuvieron simbología y nomenclatura de CL y con respecto al sistema AASTHO corresponden al grupo de A-7 suelos Arcilloso (de regular a insuficiente).

Tabla N° 8: Tamizado de la muestra (granulometría)

MALLAS SERIE AMERICANA	GRANULOMETRÍA			
	ABERTURA (mm)	PESO RET	RET (%)	PASA (%)
		(gr)		
				100
3"	76.200		-	100
2 1/2"	63.500		-	100
2"	50.800	0.00	-	100
1 1/2"	38.100	0.00	-	100
1"	25.400	0.00	-	100
3/4"	19.050	0.00	-	100
1/2"	12.700	0.00	-	100
3/8"	9.525	0.00	-	100
1/4"	6.350	30.00	0.15	100
N° 4	4.760	120.00	0.60	99
N° 6	3.360	194.00	0.97	98
N° 8	2.380	264.00	1.32	97
N° 10	2.000	472.00	2.36	95
N°16	1.190	568.00	2.84	92
N° 20	0.840	430.00	2.15	90
N° 30	0.590	522.00	2.61	87
N° 40	0.426	562.00	2.81	84
N° 50	0.297	776.00	3.88	80
N° 80	0.177	806.00	4.03	76
N° 100	0.149	666.00	3.33	73
N° 200	0.074	988.00	4.94	68
-200		13600.00	68.00	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 9: Resultados de ensayo granulométrico

Resultados de Ensayos				
Límite Líquido (%)	49	49.0	Clasificación	
Límite Plástico (%)	18	18.0	SUCS	AASHTO
Índice de Plasticidad (%)	31	31.0	ASTM D 2487-05	ASTM D 3282-04e1
Cont. de Humedad (%)	ASTM D 2216-05		CL	A-7-6 (19)

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos por la granulometría, mostrado por las siguientes tablas nos muestra la clasificación del suelo dado por los dos sistemas SUCS y AASHTO que determina que es suelo arcilloso con baja o media plasticidad (CL), así mismo es suelo arcilloso de pobre a malo (A-7-6).

Propiedades físicas del suelo natural y con adición

Límite Líquido en laboratorio ASTM D-4318, MTC E 110

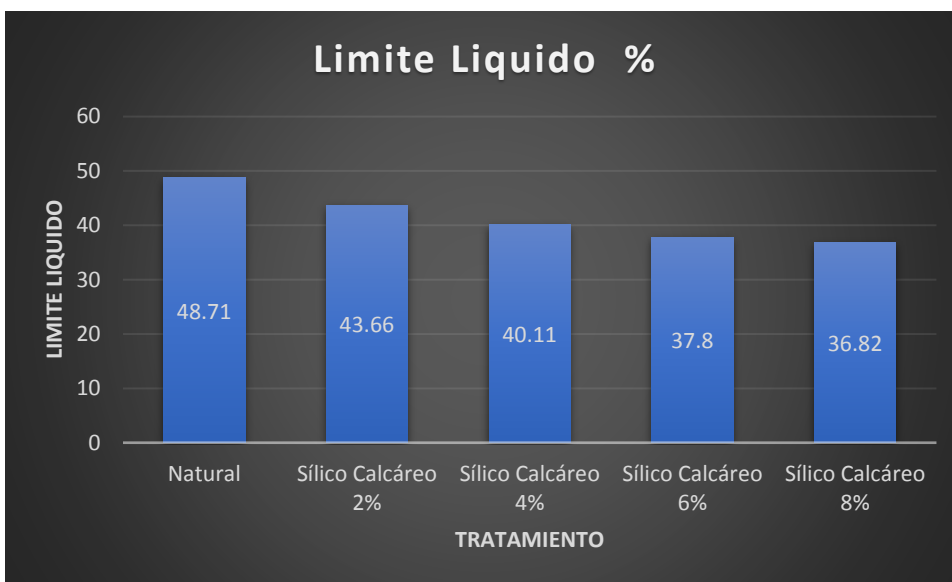
El ensayo se determina en laboratorio, decimos que el suelo presenta límite líquido cuando el suelo falla a los 25 golpes con un determinado porcentaje de humedad se debe tomar una muestra de 150 a 200g que pasa por el tamiz N°40 consiste en un ensayo multipunto con tres muestras las cuales deben tener diferente porcentaje de humedad, colocar una muestra húmeda en la cuchara de Casagrande enseguida con el acanalador se hace una ranura de 1/2", contar el número de golpes requeridos para cerrar la ranura para luego tomar una muestra de la parte media donde ocurre la falla, colocamos la muestra con la falla en un recipiente con peso conocido para determinar el límite líquido. De acuerdo al límite líquido se mostró del suelo por los ensayos pertinentes dado por su estado natural y con la adición de Sílico calcáreo (MC 05-14, 2, 4, 6 y 8%) de acuerdo al estudio de sus propiedades físicas y mecánicas para la estabilización del suelo arcilloso de la comunidad San Rafael, Ayacucho. Se mostro lo siguiente:

Tabla N° 10: Resultados limite liquido (sin adición y con adición)

Limite Liquido (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	Limite Liquido (%)
Natural	48.71%
+ Sílico Calcáreo 2%	43.66%
+ Sílico Calcáreo 4%	40.11%
+ Sílico Calcáreo 6%	37.80%
+ Sílico Calcáreo 8%	36.82%

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 3: Limite liquido del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura presente se muestra el Limite Liquido del suelo al haber sido tratado con Sílico calcáreo en sus diferentes adiciones al 2%, 4%, 6% y 8% para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; donde se muestra una disminución de la misma al aplicar el estabilizador donde el más resaltante es al adicionar el 8% donde nos muestra una disminución al 36.82% respecto al suelo natural que nos da un 48.71%.

Limite Plástico en laboratorio ASTM D-4318, MTC E111

El límite plástico es el porcentaje de humedad correspondiente con el cual el suelo se cuarteo y se quiebra cuando toma la forma de pequeños rollitos, se toma una muestra de 20 g restante del ensayo del límite líquido, luego se amasa la muestra sobre una

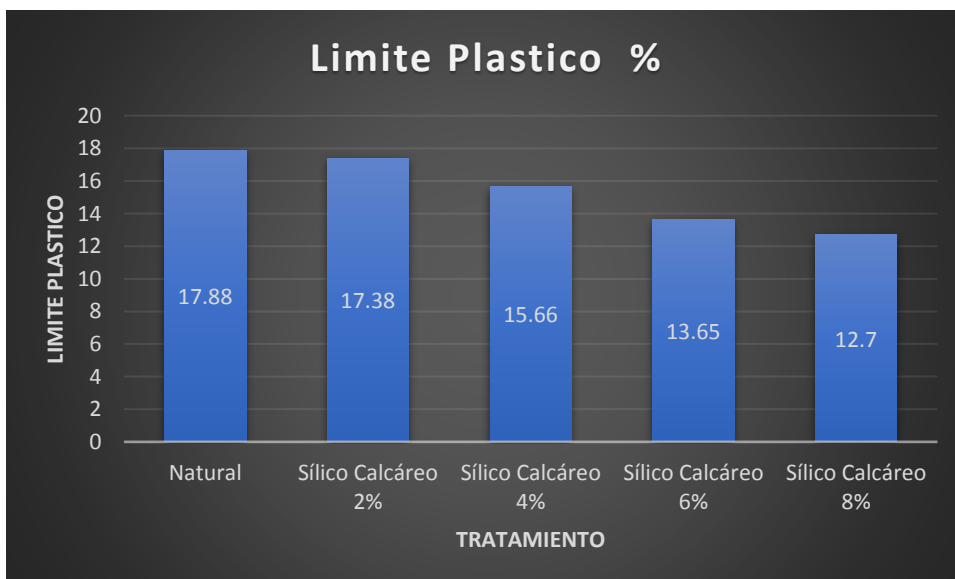
placa de vidrio en la que pierde su humedad hasta tener una consistencia en la que pueda enrollarse sin que se pueda pegar en las manos, en cada movimiento el rollito debe adelgazar hasta alcanzar un diámetro de 3.2mm, el ensayo debe continuar hasta que el rollito empieza a quebrarse ,una vez determinado el punto de quiebre se coloca el rollito en un recipiente con peso conocido para determinar el límite plástico. De acuerdo al Límite Plástico se mostró del suelo por los ensayos pertinentes dado por su estado natural y con la adición de Sílico calcáreo (MC 05-14, 2, 4, 6 y 8%) de acuerdo al estudio de sus propiedades físicas y mecánicas para la estabilización del suelo arcilloso de la comunidad San Rafael, Ayacucho. Se mostro lo siguiente:

Tabla N° 11: Resultados limite Plástico (sin adición y con adición)

Limite Plástico (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	Limite Plástico (%)
Natural	17.88%
+ Sílico Calcáreo 2%	17.38%
+ Sílico Calcáreo 4%	15.66%
+ Sílico Calcáreo 6%	13.65%
+ Sílico Calcáreo 8%	12.70%

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 4: Limite Plástico del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura presente se muestra el Limite Plástico del suelo al haber sido tratado con Sílico calcáreo en sus diferentes adiciones al 2%, 4%, 6% y 8% para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; donde se muestra una disminución de la misma al aplicar el estabilizador donde el más resaltante es al adicionar el 8% donde nos muestra una disminución al 12.70% respecto al suelo natural que nos da un 17.88%.

Índice de Plasticidad

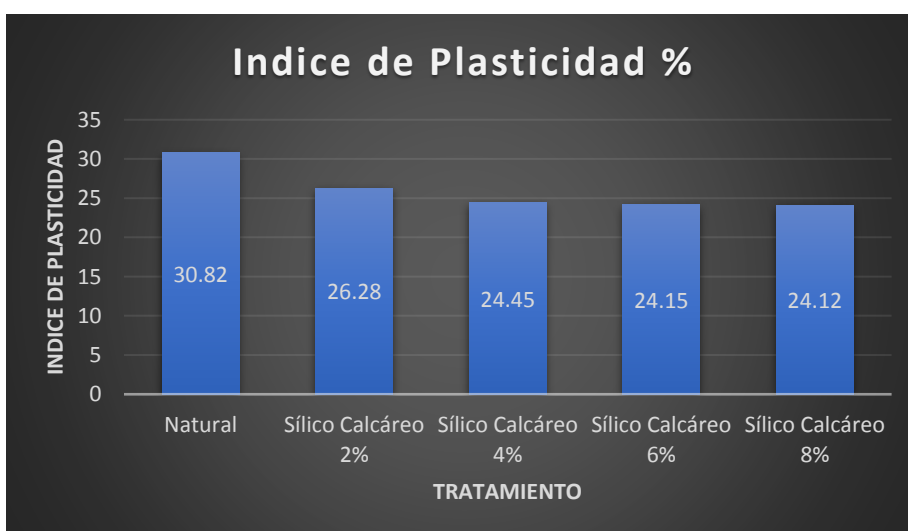
Se tiene los datos que se mostró del suelo por los ensayos pertinentes dado por su estado natural y con la adición de Sílico calcáreo (MC 05-14, 2, 4, 6 y 8%) de acuerdo al estudio de sus propiedades físicas y mecánicas para la estabilización del suelo arcilloso de la comunidad San Rafael, Ayacucho. Mostrados por la tabla siguiente:

Tabla N° 12: Resultados Índice de plasticidad (sin adición y con adición)

Índice de Plasticidad (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	Índice de Plasticidad (%)
Natural	30.82%
+ Sílico Calcáreo 2%	26.28%
+ Sílico Calcáreo 4%	24.45%
+ Sílico Calcáreo 6%	24.15%
+ Sílico Calcáreo 8%	24.12%

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5: Índice de plasticidad del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

En la figura presente se muestra el Índice de plasticidad del suelo al haber sido tratado con Sílico calcáreo en sus diferentes adiciones al 2%, 4%, 6% y 8% para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; donde se muestra una disminución de la misma al aplicar el estabilizador donde el más resaltante es al adicionar el 8% donde nos muestra una disminución al 24.12% respecto al suelo natural que nos da un 30.82%.

Propiedades Mecánicas

Proctor Modificado en laboratorio ASTM D-1557, MTC – E115

El ensayo de Proctor modificado consiste en determinar la humedad óptima con la cual el suelo se pueda compactar hasta alcanzar su máxima densidad seca, para determinar ambos resultados se toma 4 muestras de 2300g que pasa por el tamiz de 3/8", el ensayo de Proctor modificado se realiza en función al tamaño máximo nominal de la granulometría en este caso como se tiene poca cantidad de gravas más finos se usa el molde pequeño de 4" y el pistón de 10 lb de peso ,se coloca la muestra en el molde aplicar 25 golpes para 5 capas de compactación ,repetir el ensayo para 4 muestras cada ensayo se compacta con diferente contenido de humedad pero igual energía de compactación , registrar el peso del suelo + molde , luego del pesado se toma una muestra de 300g de la parte central para determinar la humedad óptima y la máxima densidad seca. **Máxima densidad seca**, los datos observados respecto al Máxima densidad seca del estudio de suelos realizado para determinar las propiedades Físicas y mecánicas del suelo Natural y los tratamientos con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo al 2%, 4%, 6% y 8% para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho.

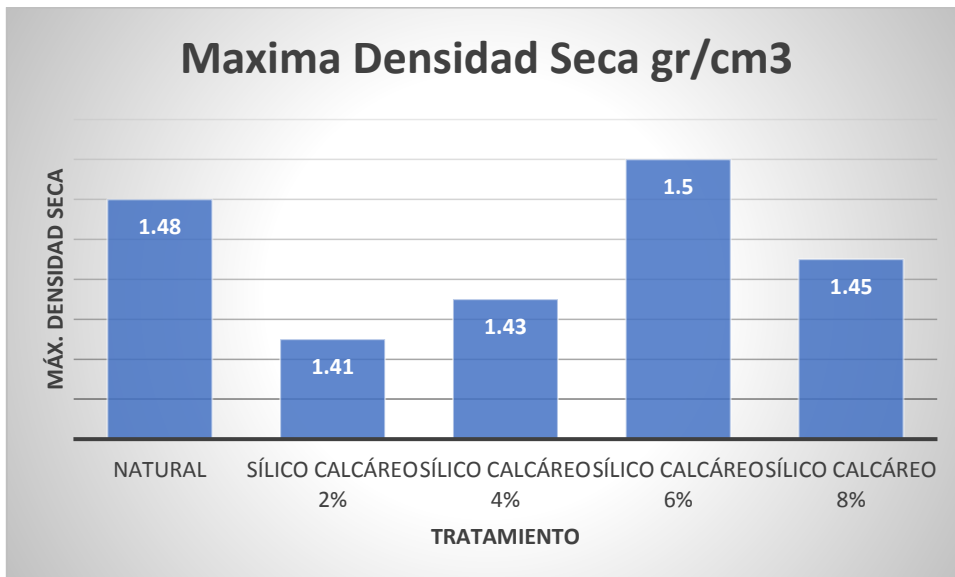
Tabla N° 13: Resultados Máxima densidad seca (sin adición y con adición)

Máxima densidad seca (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	Máxima densidad seca (gr/cm ³)
Natural	1.48 gr/cm ³
+ Sílico Calcáreo 2%	1.41 gr/cm ³
+ Sílico Calcáreo 4%	1.43 gr/cm ³

+ Sílico Calcáreo 6%	1.50 gr/cm ³
+ Sílico Calcáreo 8%	1.45 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 6: Máxima Densidad Seca del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

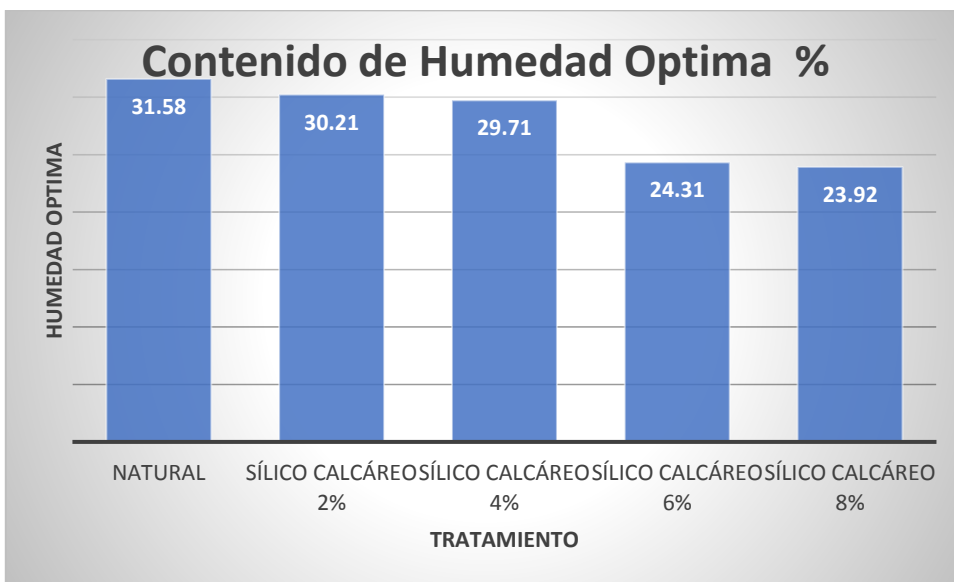
Se muestra la gráfica de los Promedios del análisis de suelo realizado para determinar el Máxima densidad seca de suelos tratados con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo (Natural, 2%, 4%, 6% y 8%) realizado para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho, en ella se observa que el suelo natural tiene 1.48 gr/cm³ de Máxima densidad seca mientras que el suelo tratado con porcentajes de Sílico Calcáreo mantiene valores variados donde se muestra que el valor de máxima densidad seca de 1.50 gr/cm³ al adicionar 6% de estabilizador nos muestra un valor máximo en relación al suelo natural que tiene 1.48 gr/cm³ de máxima densidad seca; el menor valor nos da al adicionar 2% de Sílico calcáreo que resulta 1.41 gr/cm³. **Humedad optima**, Los datos observados respecto al Humedad óptima del estudio de suelos realizado para determinar las propiedades Físicas y mecánicas del suelo Natural y los tratamientos con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; nos resultó tras la realización del ensayo.

Tabla N° 14: Resultados contenido de humedad optima (sin adición y con adición)

Contenido de Humedad Óptima (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	Contenido de Humedad Óptima (%)
Natural	31.58 %
+ Sílico Calcáreo 2%	30.21 %
+ Sílico Calcáreo 4%	29.71 %
+ Sílico Calcáreo 6%	24.31 %
+ Sílico Calcáreo 8%	23.92 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 7: Contenido de humedad óptima del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

Se muestra la gráfica de los Promedios del análisis de suelo realizado para determinar el contenido de humedad óptimo de suelos tratados con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo (Natural, 2%, 4%, 6% y 8%) realizado para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho, en ella se observa que el suelo natural tiene 31.58% de contenido de humedad óptima mientras que el suelo tratado con porcentajes de Sílico Calcáreo mantiene una disminución de los valores de manera progresiva de acuerdo a su adionamiento.

California Bearing Ratio (CBR) en laboratorio ASTM D-1883, MTC-E132

El ensayo de CBR determina la capacidad de soporte del suelo, este parámetro nos indica el espesor del paquete estructural del pavimento, si tenemos menor %de CBR

mayor será el espesor del paquete estructural y si tenemos mayor % de CBR menor será el espesor del paquete estructural, se realiza en muestras preparadas en el laboratorio previamente se debe realizar el ensayo del Proctor modificado, se separa 3 muestras de 5600g pasantes por el tamiz de 3/4”, se colocan muestras en un molde de 6 “compactar la muestra con el pistón de 10 lb y la humedad optima , los tres ensayos se trabaja con el mismo porcentaje de humedad ,pero con diferente energía de compactación lo cual es controlado con el número de golpes ,para el primer ensayo aplicar 12 golpes para 5 capas ,el segundo con 25 golpes para 5 capas y el tercero con 56 golpes para 5 capas ,terminado la compactación se llevan los tres ensayos a la prensa de CBR para determinar la resistencia de cada ensayo el cual nos determina el índice de CBR.

Análisis CBR (100% 0.1”)

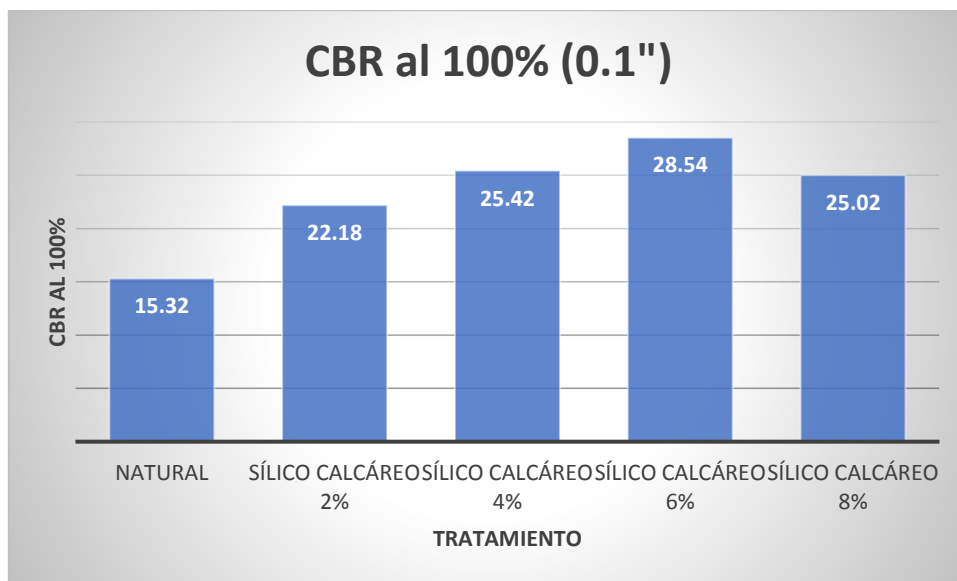
Los datos observados del Análisis de CBR (100% 0.1”) del estudio de suelos realizado para determinar las propiedades Físicas y mecánicas del suelo Natural y los tratamientos con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; nos resultó tras la realización del ensayo.

Tabla N° 15: Resultados CBR al 100% (0.1”) (sin adición y con adición)

CBR al 100% (0.1”) (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	CBR al 100% (0.1”) (%)
Natural	15.32 %
+ Sílico Calcáreo 2%	22.18 %
+ Sílico Calcáreo 4%	25.42 %
+ Sílico Calcáreo 6%	28.54 %
+ Sílico Calcáreo 8%	25.02 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 8: CBR al 100% (0.1") del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los Promedios del análisis de suelo realizado para determinar el Análisis CBR (100% 0.1") de suelos tratados con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo (Natural, 2%, 4%, 6% y 8%) realizado para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho, en la que se aprecia que el suelo tratado con 6% de Sílico calcáreo ha conseguido un CBR (100% 0.1") de 28.54% seguido por el suelo tratado con 4% de Sílico calcáreo que tiene 25.42% de CBR (100% 0.1"), del mismo modo que el suelo tratado con 8% de Sílico ha conseguido un CBR (100% 0.1") de 25.02% y finalmente por el suelo tratado con 2% de Sílico calcáreo que tiene 22.18% de CBR (100% 0.1") los cuales son considerablemente mayor a CBR (100% 0.1") del suelo natural de 15.32%.

Análisis CBR (95% 0.1")

Los datos observados del Análisis de CBR (95% 0.1") del estudio de suelos realizado para determinar las propiedades Físicas y mecánicas del suelo Natural y los tratamientos con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo para la estabilización de

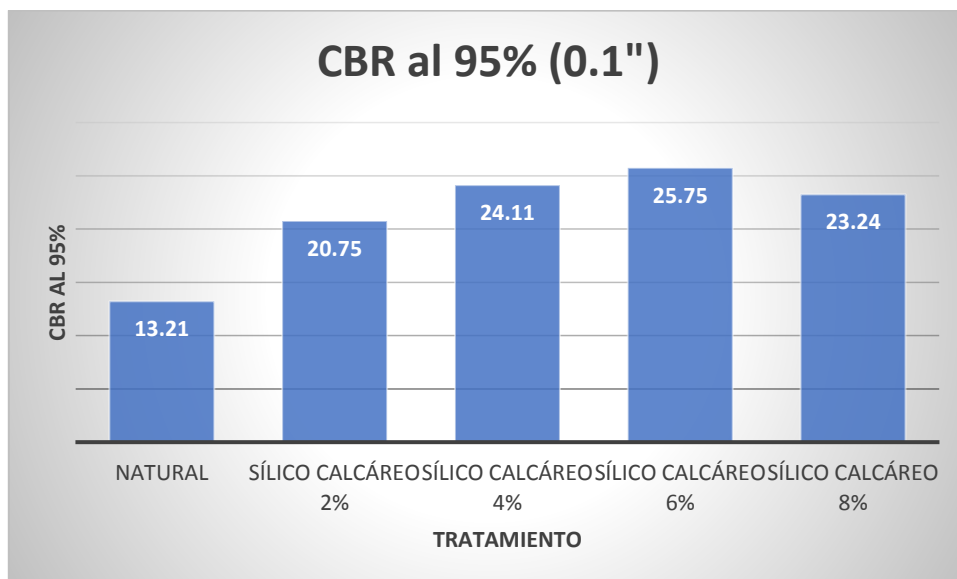
suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; nos resultó tras la realización del ensayo.

Tabla N° 16: Resultados CBR al 95% (0.1") (sin adición y con adición)

CBR al 95% (0.1") (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	CBR al 95% (0.1") (%)
Natural	13.21 %
+ Sílico Calcáreo 2%	20.75 %
+ Sílico Calcáreo 4%	24.11 %
+ Sílico Calcáreo 6%	25.75 %
+ Sílico Calcáreo 8%	23.24 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 9: CBR al 95% (0.1") del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los Promedios del análisis de suelo realizado para determinar el Análisis CBR (95% 0.1") de suelos tratados con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo (Natural, 2%, 4%, 6% y 8%) realizado para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho, en la que se aprecia que el suelo tratado con 6% de Sílico calcáreo ha conseguido un CBR (95% 0.1") de 25.75% seguido por el suelo

tratado con 4% de Sílico calcáreo que tiene 24.11% de CBR (95% 0.1”), del mismo modo que el suelo tratado con 8% de Sílico ha conseguido un CBR (95% 0.1”) de 23.24% y finalmente por el suelo tratado con 2% de Sílico calcáreo que tiene 20.75% de CBR (95% 0.1”) los cuales son considerablemente mayor a CBR (95% 0.1”) del suelo natural de 13.21%.

Análisis CBR (100% 0.2”)

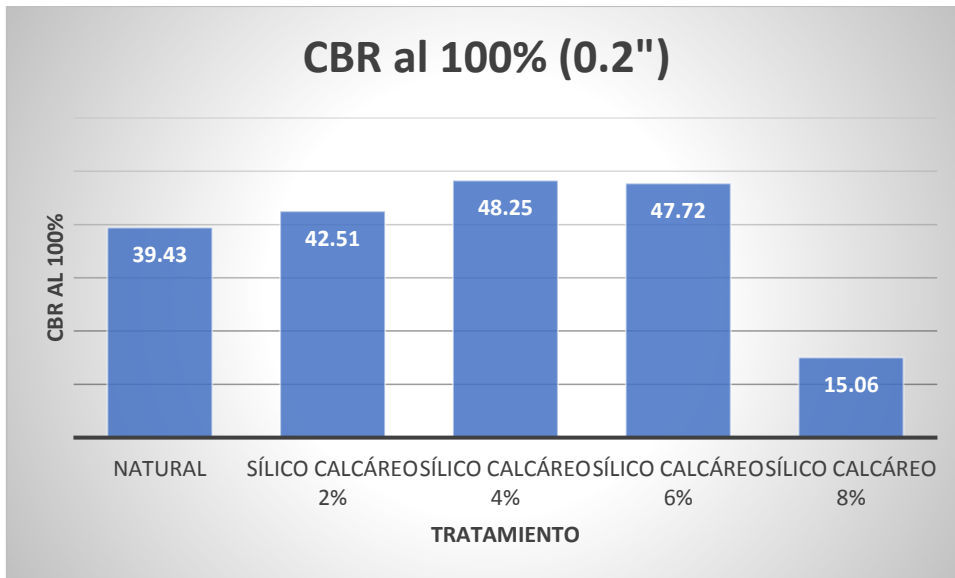
Los datos observados del Análisis de CBR (100% 0.2”) del estudio de suelos realizado para determinar las propiedades Físicas y mecánicas del suelo Natural y los tratamientos con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; nos resultó tras la realización del ensayo.

Tabla N° 17: Resultados CBR al 100% (0.2”) (sin adición y con adición)

CBR al 100% (0.2”) (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	CBR al 100% (0.2”) (%)
Natural	39.43 %
+ Sílico Calcáreo 2%	42.51 %
+ Sílico Calcáreo 4%	48.25 %
+ Sílico Calcáreo 6%	47.72 %
+ Sílico Calcáreo 8%	15.06 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 10: CBR al 100% (0.2”) del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los Promedios del análisis de suelo realizado para determinar el Análisis CBR (100% 0.2") de suelos tratados con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo (Natural, 2%, 4%, 6% y 8%) realizado para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho, en la que se aprecia que el suelo tratado con 4% de Sílico calcáreo ha conseguido un CBR (100% 0.2") de 48.25% seguido por el suelo tratado con 6% de Sílico calcáreo que tiene 47.72% de CBR (100% 0.2") y del mismo modo que el suelo tratado con 2% de Sílico ha conseguido un CBR (100% 0.2") de 42.51% los cuales son considerablemente mayor a CBR (100% 0.2") del suelo natural de 39.43% y finalmente por el suelo tratado con 8% de Sílico calcáreo que tiene 15.06% de CBR (100% 0.2") la cual esta es menor al del suelo natural por 24.37%.

Análisis CBR (95% 0.2")

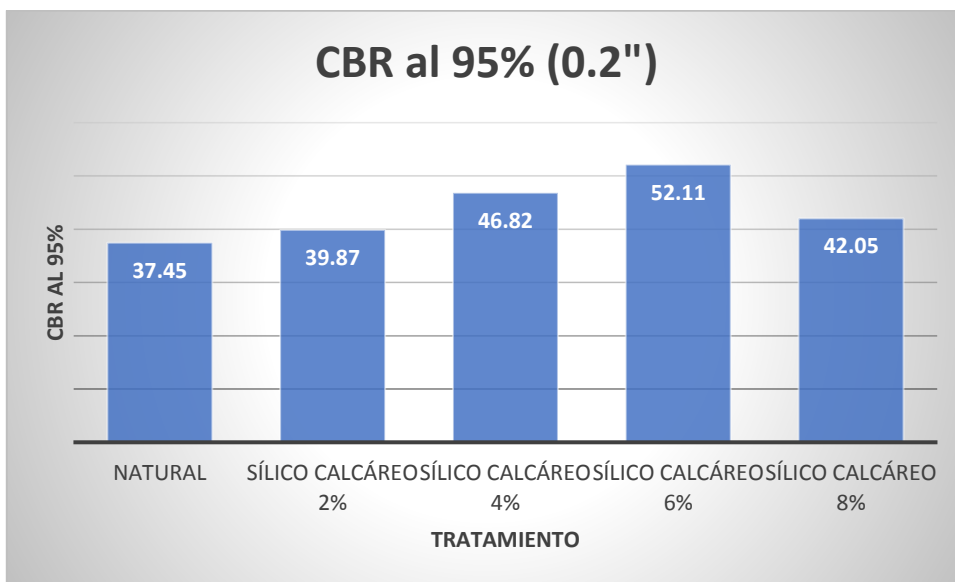
Los datos observados del Análisis de CBR (95% 0.2") del estudio de suelos realizado para determinar las propiedades Físicas y mecánicas del suelo Natural y los tratamientos con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho; nos resultó tras la realización del ensayo.

Tabla N° 18: Resultados CBR al 95% (0.2") (sin adición y con adición)

CBR al 95% (0.2") (natural + adición Sílico calcáreo 2%, 4%, 6% y 8%)	
Muestra 1 (M – 1)	CBR al 95% (0.2") (%)
Natural	37.45 %
+ Sílico Calcáreo 2%	39.87 %
+ Sílico Calcáreo 4%	46.82 %
+ Sílico Calcáreo 6%	52.11 %
+ Sílico Calcáreo 8%	42.05 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 11: CBR al 95% (0.2") del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de los Promedios del análisis de suelo realizado para determinar el Análisis CBR (95% 0.2") de suelos tratados con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo (Natural, 2%, 4%, 6% y 8%) realizado para la estabilización de suelos arcillosos de la sub rasante San Rafael, Ayacucho, en la que se aprecia que el suelo tratado con 6% de Sílico calcáreo ha conseguido un CBR (95% 0.2") de 52.11% seguido por el suelo tratado con 4% de Sílico calcáreo que tiene 46.82% de CBR (95% 0.2"), del mismo

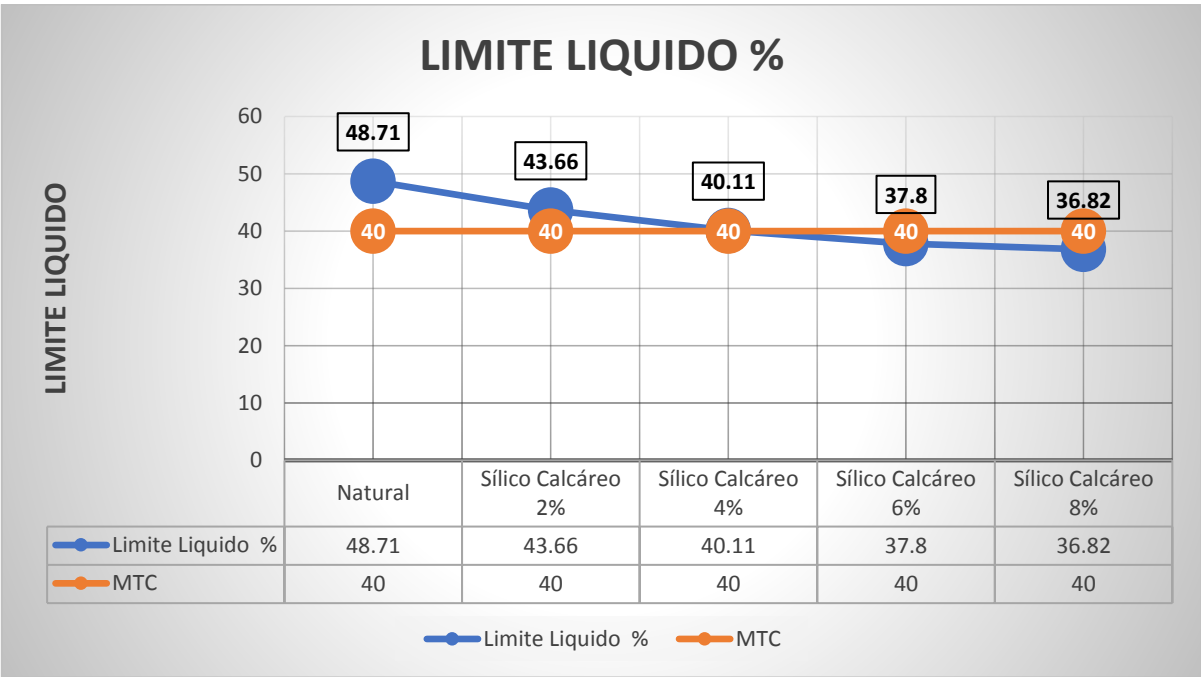
modo que el suelo tratado con 8% de Sílico ha conseguido un CBR (95% 0.2'') de 42.05% y finalmente por el suelo tratado con 2% de Sílico calcáreo que tiene 39.87% de CBR (95% 0.2'') los cuales son considerablemente mayor a CBR (95% 0.2'') del suelo natural de 37.45%.

Prueba de hipótesis para las propiedades mecánicas y estabilización de suelos arcillosos

Ha: La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

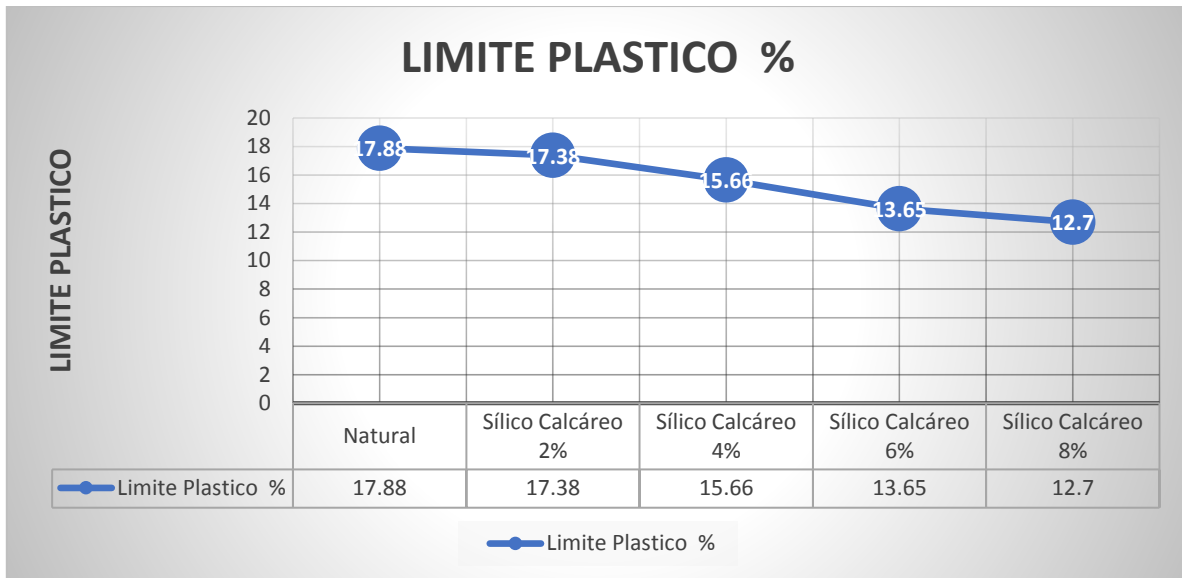
Ho: La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo no contribuye en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

Figura N° 12: Curva limite liquido del suelo (sin adición y con adición)



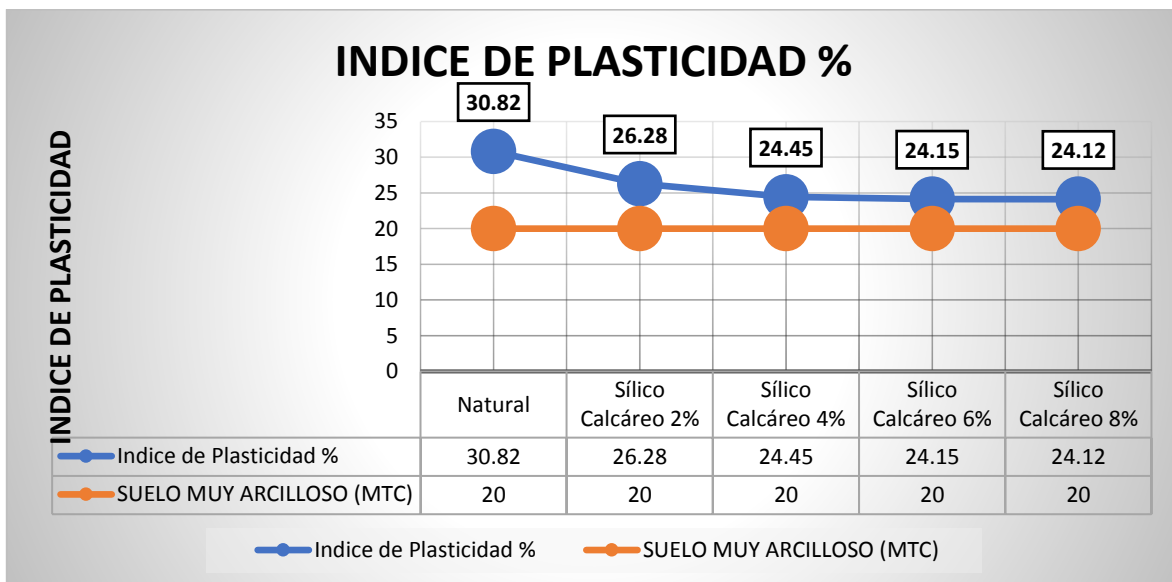
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 13: Curva limite plástico del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 14: Curva Índice de plasticidad del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020; dado por los resultados

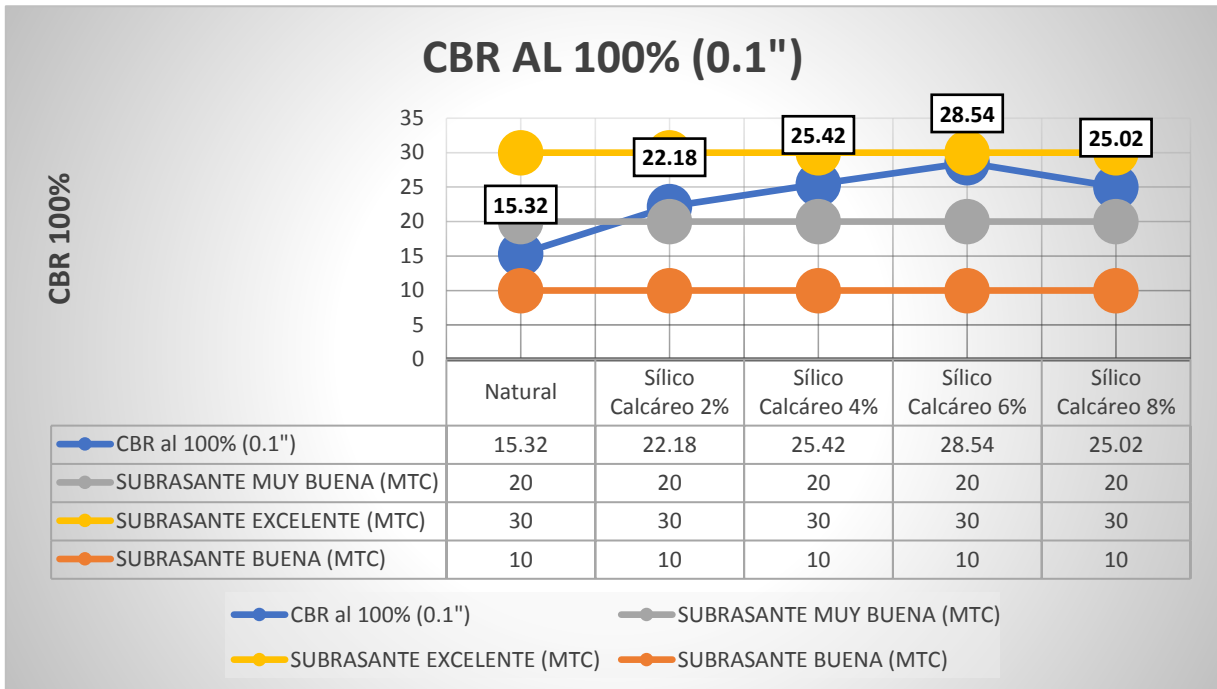
obtenidos por los ensayos de las propiedades físicas, los límites de Atterberg, nos muestra que mediante la adición del Sílico calcáreo en relación al límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad existe una disminución gradual en relación al porcentaje de adición, dado por la normativa del MTC nos muestra que el límite líquido cumple con lo establecido (40% máx.), así mismo con su índice de plasticidad no cumple con lo establecido por la norma dado que aun estaría determinado como suelo arcilloso, por lo cual en relación a las propiedades físicas no habría una mejora significativa en relación a sus propiedades físicas.

Prueba de hipótesis de las propiedades mecánicas

Ha: La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

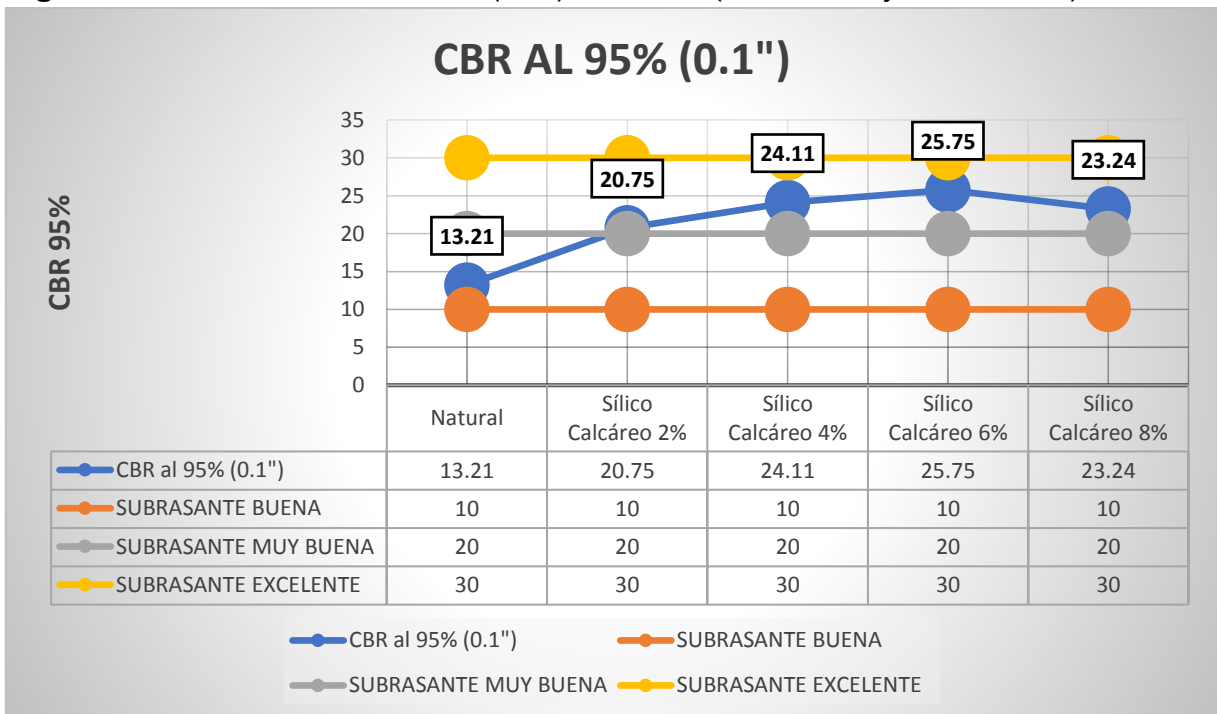
Ho: La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo no contribuye en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

Figura N° 15: Curva CBR al 100% (0.1") del suelo (sin adición y con adición)



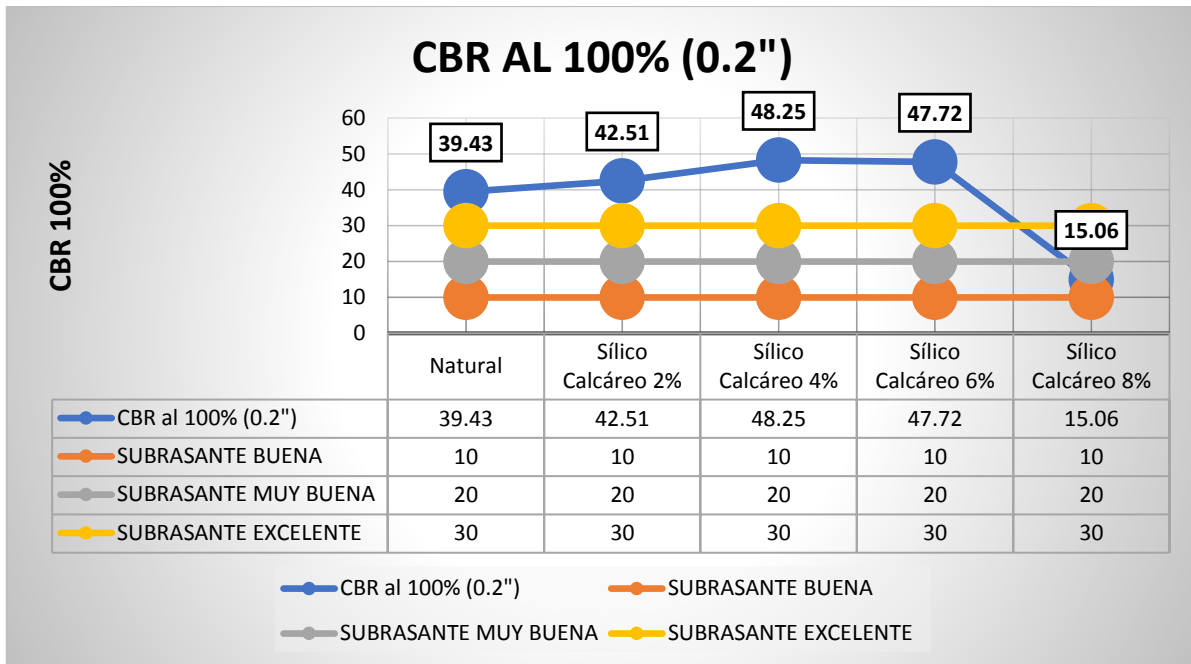
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 16: Curva CBR al 95% (0.1") del suelo (sin adición y con adición)



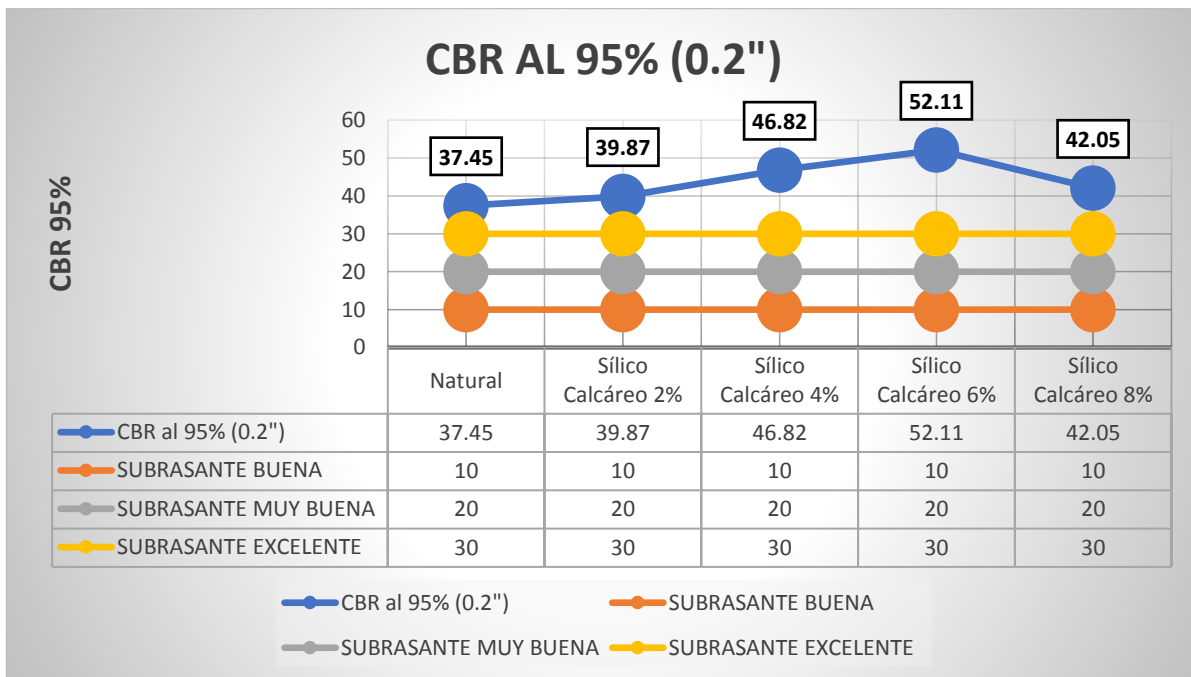
Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 17: Curva CBR al 100% (0.2") del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 18: Curva CBR al 95% (0.2") del suelo (sin adición y con adición)



Fuente: Elaboración propia.

La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la estabilización y en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael,

Ayacucho – 2020; dado por los resultados obtenidos por los ensayos de las propiedades mecánicas nos muestra que el suelo en materia de subrasante para de ser buena a ser una subrasante de categoría excelente aplicando el estabilizante Sílico calcáreo; dando así la comprobación y aceptación de la hipótesis alternativa (La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020 y también La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020.) y se rechaza la hipótesis nula (La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo no contribuye en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020 y La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo no contribuye en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en la subrasante San Rafael, Ayacucho – 2020.)

V. DISCUSIÓN

1. En la investigación dado por los autores Cajaleon y Mondragon tenía como aplicación el uso de cenizas de cascara de arroz en la estabilización de suelos arcillosos, donde se tiene mediante los ensayos pertinentes, la clasificación dado por SUCS que el suelo es arcilloso de baja plasticidad (CL), así mismo mediante AASHTO se obtuvo que es suelo limoso que va de pasable a malo (A – 6 (8)); además para su valor de soporte se obtuvo mediante la aplicación del estabilizante al 10% y 15%, donde se tiene un incremento del CBR de 6.2% del patrón a 8.5 y 10.35% respectivamente donde nos muestra que el suelo paso a ser un suelo regular para usarlo como capa subrasante. Si comparamos con nuestra investigación nos muestra que mediante la adición de Sílico calcáreo, primero tenemos que se presenta un suelo arcillosos con baja o media plasticidad (CL) mediante SUCS y dado por AASHTO se tiene un suelo arcilloso de pobre a malo (A-7-6 (19)), nos muestra que su valor de soporte al aplicar en distintos porcentajes desde 2, 4, 6 y 8% nos muestra un incremento en relación a su CBR patrón dando como máximo un 25.75% aplicado por el 6% de Sílico calcáreo en relación a su 13.21 presentado inicialmente, donde se muestra que el suelo es muy bueno para usarlo como capa subrasante.

Tabla N° 19: clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs cascara de arroz)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	SÍLICO CALCAREO	CASCARA DE ARROZ (CAJALEON Y MONDRAGON)
SUCSS	CL (SUELO ARCILLOSO CON BAJA O MEDIA PLASTICIDAD)	CL (SUELO ARCILLOSO CON BAJA PLASTICIDAD)
AASHTO	SUELO ARCILLOSO DE POBRE A MALO (A-7-6 (19))	SUELO ARCILLOSO DE REGULAR A MALO (A-6 (8))

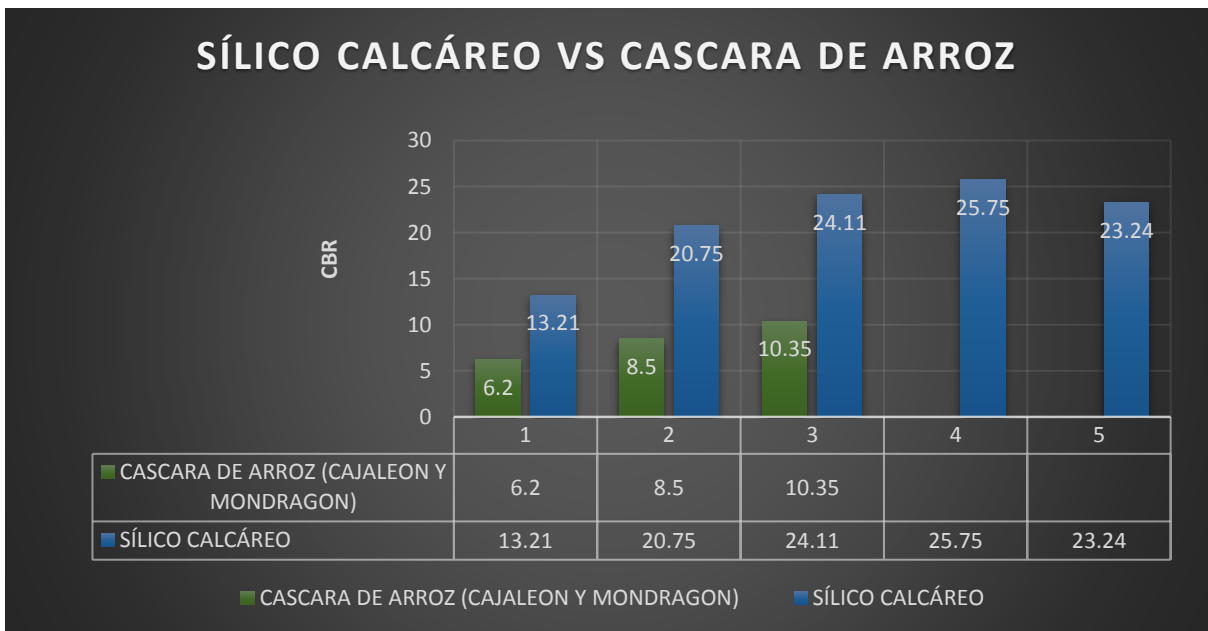
Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 20: CBR (Sílico calcáreo vs cascara de arroz)

		SÍLICO CALCÁREO				CASCARA DE ARROZ (CAJALEON Y MONDRAGON)		
ADICIÓN	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	10%	15%
CBR	13.21	20.75	24.11	25.75	23.24	6.2	8.5	10.35

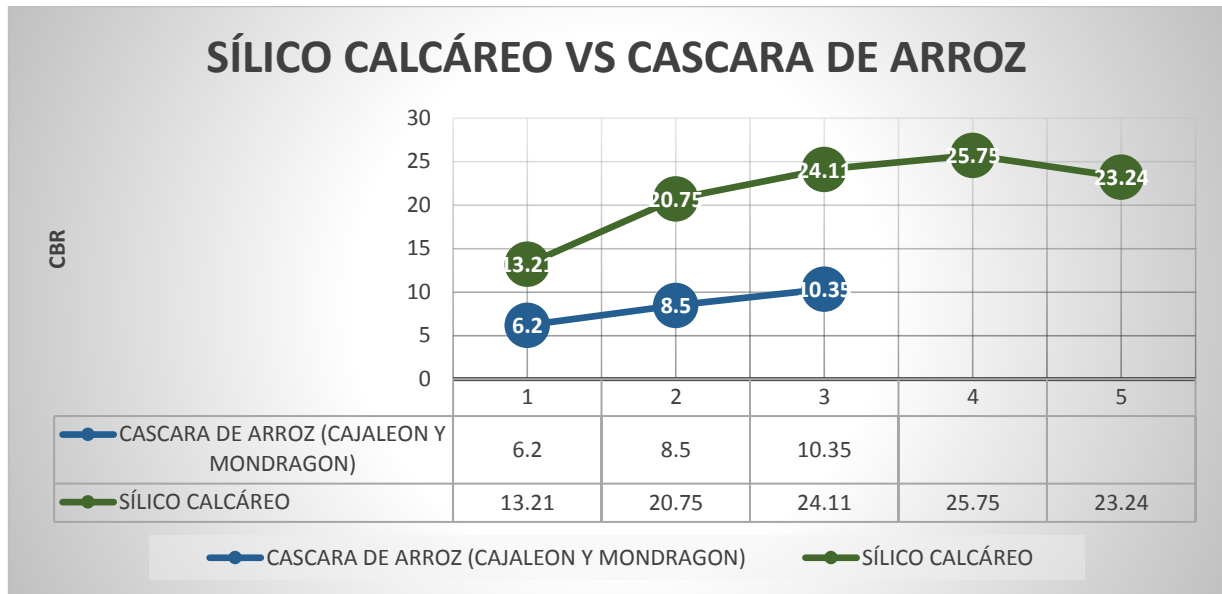
Fuente: elaboración propia.

Figura N° 19: Sílico calcáreo vs cascara de arroz (CBR)



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 20: Curva Sílico calcáreo vs cascara de arroz (CBR)



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 19 y 20, nos muestra que el CBR al utilizar cascara de arroz hay un incremento como máximo de 4.15% en relación al suelo patrón dando 10.35% de valor al aplicar 15% de cascara de arroz, a diferencia utilizando Sílico calcáreo nos determina un mayor incremento de hasta 12.54% en relación a su suelo patrón dando 25.75% de capacidad de soporte (CBR) aplicando el 6% del estabilizante. Donde nos muestra que el Sílico calcáreo da mayor resultado en relación al incremento de la capacidad de soporte del suelo.

2. En la investigación dado por Velázquez tenía como aplicación el uso de cemento portland tipo I en la estabilización de suelos, donde se tiene mediante los ensayos pertinentes, la clasificación dado por SUCS que el suelo es arcilla fina arenosa (CL), así mismo mediante AASHTO se obtuvo que es suelo arcilloso que va de regular a malo (A-7-6 (14)); además tiene como límite líquido que varía de acuerdo a su porcentaje de adición de 1%, 3% y 5% dando 71, 66 y 63% respectivamente; además límite plástico que se tiene 35%, 43% y 48% respectivamente a su porcentaje de adición y también para su índice de plasticidad se obtuvo 36, 23 y 15% respectivamente. Para su valor de soporte se obtuvo mediante la aplicación del estabilizante al 1, 3 y 5% donde se tiene un incremento del CBR de 1.44% del patrón

a 4.45%, 7.70% y 15.70% respectivamente donde nos muestra que el suelo paso a ser un suelo bueno para usarlo como capa subrasante. Si comparamos con nuestra investigación nos muestra que mediante la adición de Sílico calcáreo, primero tenemos que se presenta un suelo arcillosos con baja o media plasticidad (CL) mediante SUCS y dado por AASHTO se tiene un suelo arcilloso de pobre a malo (A-7-6 (19)), nos muestra que su valor de soporte al aplicar en distintos porcentajes desde 2, 4, 6 y 8% nos muestra un incremento en relación a su CBR patrón dando como máximo un 25.75% aplicado por el 6% de Sílico calcáreo en relación a su 13.21 presentado inicialmente, donde se muestra que el suelo es muy bueno para usarlo como capa subrasante.

Tabla N° 21: clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs cemento portland tipo I)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	SÍLICO CALCAREO	CEMENTO PORTLAND TIPO I (VELÁZQUEZ)
SUCSS	CL (SUELO ARCILLOSO CON BAJA O MEDIA PLASTICIDAD)	CL (ARCILLA FINA ARENOSA)
AASHTO	SUELO ARCILLOSO DE POBRE A MALO (A-7-6 (19))	SUELO ARCILLOSA DE PASABLE A MALO (A-7-6 (14))

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 22: Limites de Atterberg (Sílico calcáreo vs cemento tipo I)

LIMITES DE ATTERBERG									
	SÍLICO CALCÁREO					CEMENTO PORTLAND TIPO I (VELÁZQUEZ)			
ADICIÓN	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	1%	3%	5%
LIMITE LIQUIDO	48.71	43.66	40.11	37.8	36.82	73	71	66	63
LIMITE PLASTICO	17.88	17.38	15.66	13.65	12.7	29	35	43	48
INDICE DE PLASTICIDAD	30.82	26.28	24.45	24.15	24.12	44	36	23	15

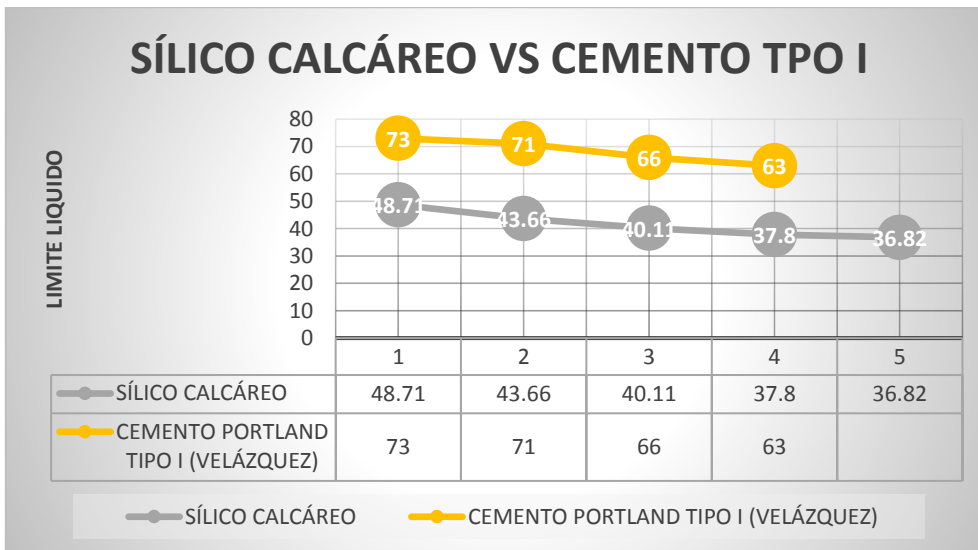
Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 23: CBR 100% al 0.1" (Sílico calcáreo vs cemento tipo I)

ADICIÓN	SÍLICO CALCÁREO					CEMENTO PORTLAND TIPO I (VELAZQUEZ)			
	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	1%	3%	5%
CBR 100% (0.1")	15.32	22.18	25.42	28.54	25.02	1.44	4.45	7.7	15.7
CBR 95% (0.1")	13.21	20.75	24.11	25.75	23.24	1.3	3.5	6.63	13.75

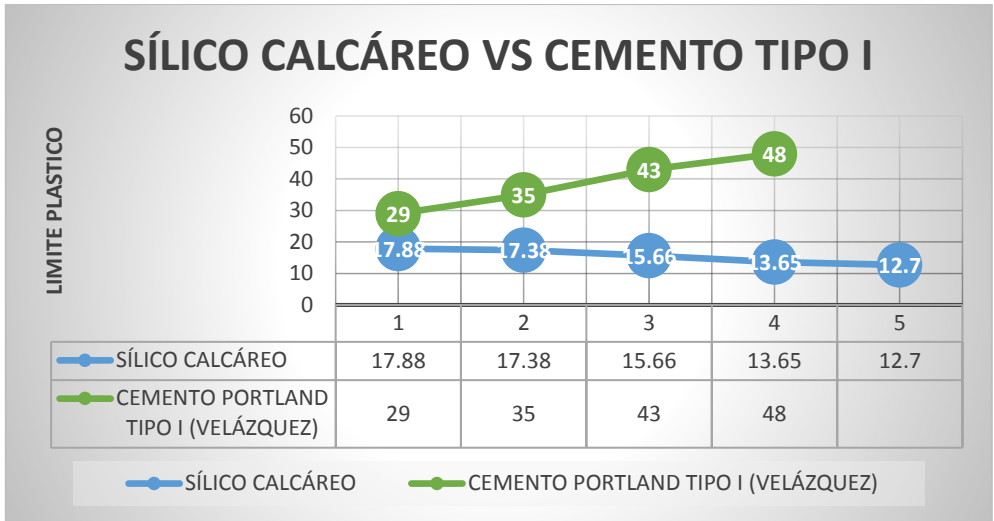
Fuente: elaboración propia.

Figura N° 21: Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (limite liquido)



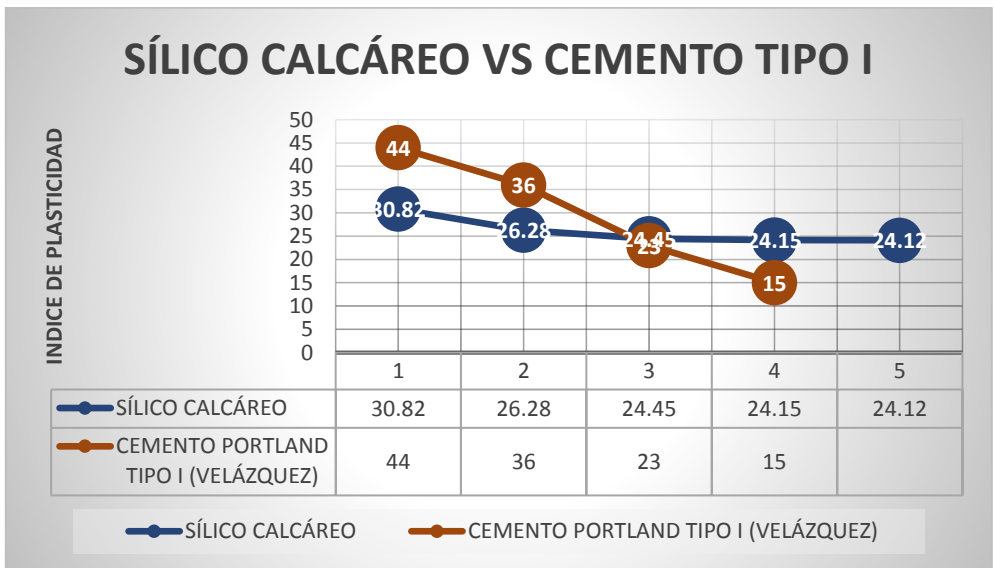
Fuente: elaboración propia.

Figura N° 22: Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (limite plástico)



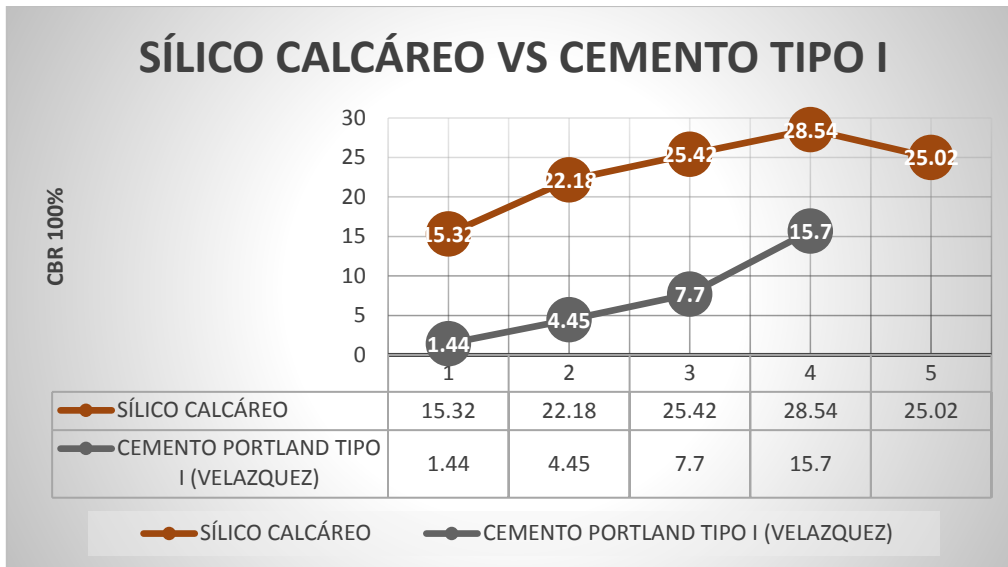
Fuente: elaboración propia.

Figura N° 23: Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (índice de plasticidad)



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 24: Curva Sílico calcáreo vs cemento tipo I (CBR 100%)



Fuente: elaboración propia.

En las figuras 21, 22, 23 y 24, nos muestra que al utilizar cemento portland tipo I en relación al límite líquido hay una disminución del valor en relación al patrón de 10% dando 63% al adicionar un 5%, así mismo a diferencia con el Sílico calcáreo nos muestra que al aplicarse un 8% se obtiene una disminución de 11.89% resultando 36.82%, a diferencia en caso del límite plástico existe un incremento de 29% resultando 48% al adicionar un 5% de cemento portland tipo I, por el contrario al emplear Sílico calcáreo se logra una disminución máximo de 5.18% resultando 12.7% al adicionar un 8%, donde estos valores determinan el índice de plasticidad, dando mejor resultado al aplicar el cemento portland tipo I donde nos resulta 15% al aplicar un 5% a diferencia del Sílico calcáreo que tiene 24.12. En relación a la capacidad de soporte donde el mejor estabilizador nos resulta el Sílico calcáreo donde nos arroja un resultado óptimo de 28.54% (sub rasante muy buena) al adicionar un 6% a diferencia del cemento donde nos resulta 15.7% (sub rasante buena) al emplear un 5%. Donde nos muestra que el Sílico calcáreo da mayor resultado en relación al incremento de la capacidad de soporte del suelo.

3. En la investigación dado por López y Ortiz tenía como aplicación el uso de cal en la estabilización de suelos para el tratamiento de subrasante, donde se tiene mediante los ensayos pertinentes, la clasificación dado por SUCS que el suelo es arena – arcillosa con grava (SC), así mismo mediante AASHTO se obtuvo que es suelo arena

arcillosa de excelente a bueno (A-2-4); además tiene como límite líquido que varía de acuerdo a su porcentaje de adición de 2%, 4%, 6% y 8% dando 27.93, 21.69, 35.01 y 34.96% respectivamente; además límite plástico que se tiene 26.64%, 21.25%, 30.63% y 30.61% respectivamente a su porcentaje de adición y también para su índice de plasticidad se obtuvo 1.29, 0.44, 4.38 y 4.35% respectivamente. Para su valor de soporte se obtuvo mediante la aplicación del estabilizante al 2, 4, 6 y 8% donde se tiene un incremento del CBR de 16.35% del patrón a 24.50%, 28.50%, 39% y 68% respectivamente donde nos muestra que el suelo paso a ser un suelo excelente para usarlo como capa subrasante. Si comparamos con nuestra investigación nos muestra que mediante la adición de Sílico calcáreo, primero tenemos que se presenta un suelo arcillosos con baja o media plasticidad (CL) mediante SUCS y dado por AASHTO se tiene un suelo arcilloso de pobre a malo (A-7-6 (19)), nos muestra que su valor de soporte al aplicar en distintos porcentajes desde 2, 4, 6 y 8% nos muestra un incremento en relación a su CBR patrón dando como máximo un 25.75% aplicado por el 6% de Sílico calcáreo en relación a su 13.21 presentado inicialmente, donde se muestra que el suelo es muy bueno para usarlo como capa subrasante.

Tabla N° 24: clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs cal)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	SÍLICO CALCAREO	CAL (LÓPEZ Y ORTIZ)
SUCSS	CL (SUELO ARCILLOSO CON BAJA O MEDIA PLASTICIDAD)	SC (ARENA - ARCILLOSA CON GRAVA)
AASHTO	SUELO ARCILLOSO DE POBRE A MALO (A-7-6 (19))	SUELO ARENA ARCILLOSA DE EXCELENTE A BUENO (A-2-4)

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 25: Limites de Atterberg (Sílico calcáreo vs cal)

LIMITES DE ATTERBERG										
	SÍLICO CALCÁREO					CAL (LÓPEZ Y ORTIZ)				
ADICIÓN	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	2%	4%	6%	8%
LIMITE LIQUIDO	48.71	43.66	40.11	37.8	36.82	24.27	27.93	21.69	35.01	34.96
LIMITE PLASTICO	17.88	17.38	15.66	13.65	12.7	19.96	26.64	21.25	30.63	30.61
INDICE DE PLASTICIDAD	30.82	26.28	24.45	24.15	24.12	4.31	1.29	0.44	4.38	4.35

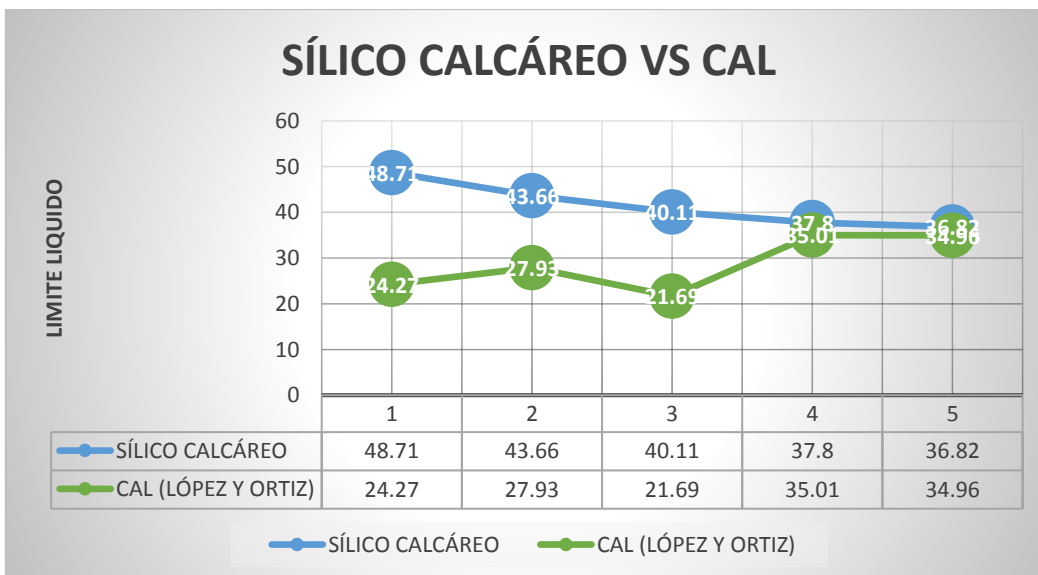
Fuente: elaboración propia

Tabla N° 26: CBR 100% al 0.1" (Sílico calcáreo vs cal)

	SÍLICO CALCÁREO					CAL (LÓPEZ Y ORTIZ)				
ADICIÓN	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	2%	4%	6%	8%
CBR 0.1" AL 100%	15.32	22.18	25.42	28.54	25.02	16.75	24.5	28.5	39	68

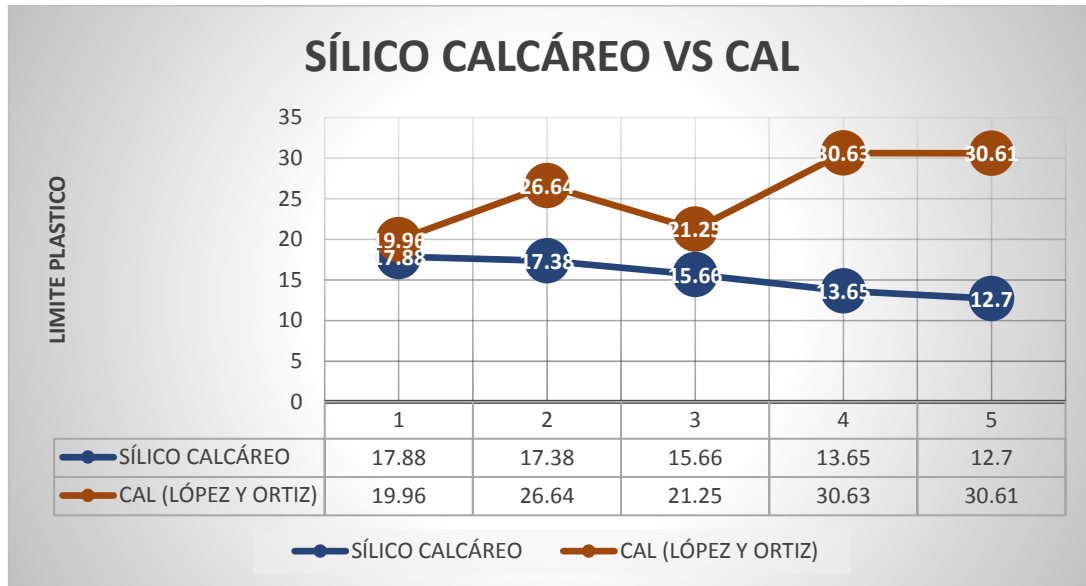
Fuente: elaboración propia

Figura N° 25: Curva Sílico calcáreo vs cal (limite liquido)



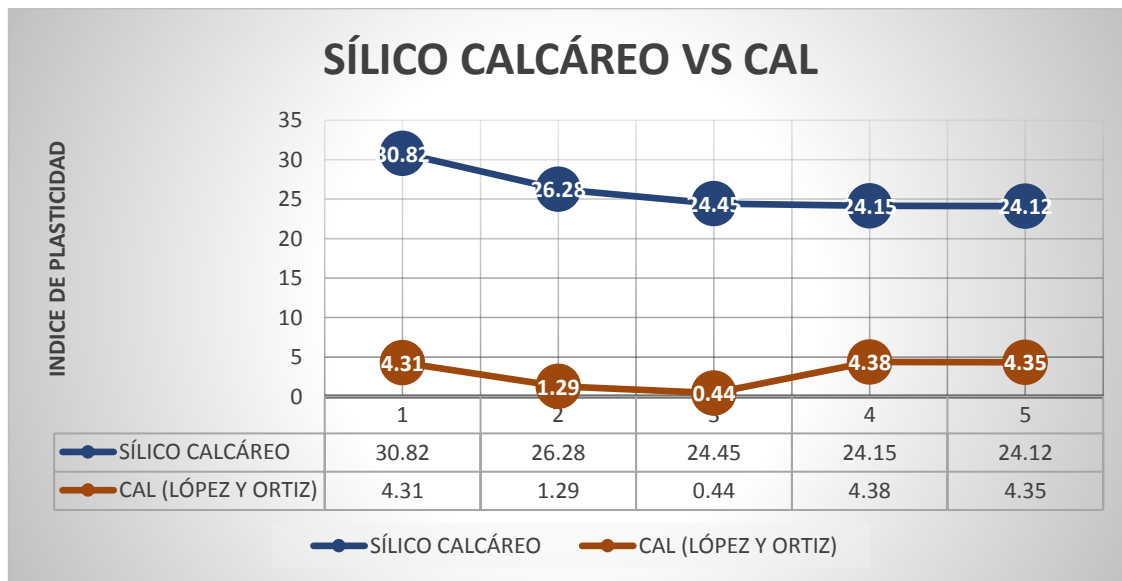
Fuente: elaboración propia

Figura N° 26: Curva Sílico calcáreo vs cal (límite plástico)



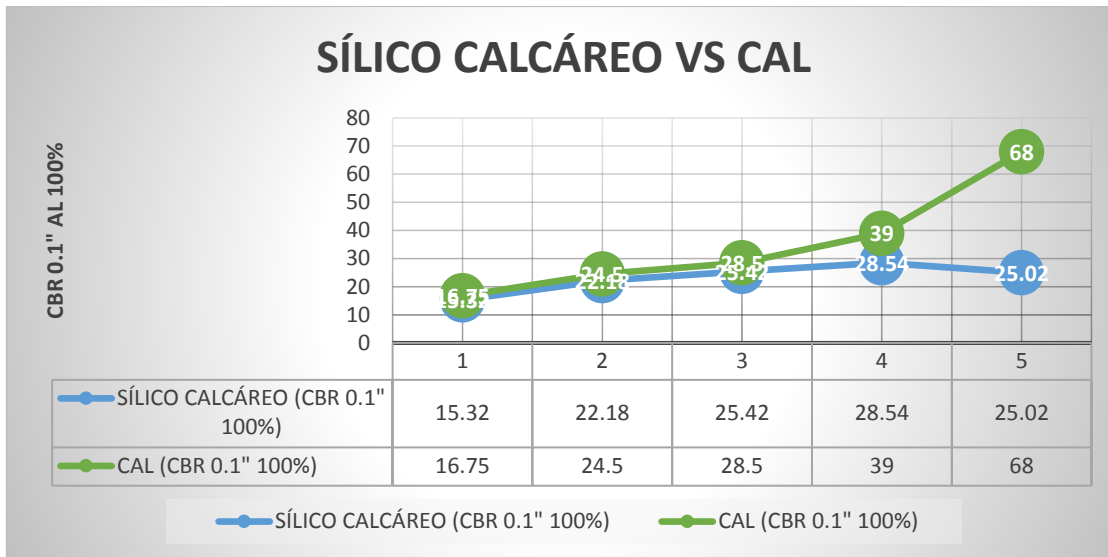
Fuente: elaboración propia

Figura N° 27: Curva Sílico calcáreo vs cal (índice de plasticidad)



Fuente: elaboración propia

Figura N° 28: Curva Sílico calcáreo vs cal (CBR 100%)



Fuente: elaboración propia

En las figuras 25, 26, 27 y 28, nos muestra que al utilizar cal en relación al límite líquido hay un aumento del valor en relación al patrón de 10.74% dando 35.01% al adicionar un 6%, así mismo a diferencia con el Sílico calcáreo nos muestra que al aplicarse un 8% se obtiene una disminución de 11.89% resultando 36.82%, a diferencia en caso del límite plástico existe un incremento de 10.67% resultando 30.63% al adicionar un 6% de cal, por el contrario al emplear Sílico calcáreo se logra una disminución máximo de 5.18% resultando 12.7% al adicionar un 8%, donde estos valores determinan el índice de plasticidad, dando mejor resultado al aplicar cal donde nos resulta 4.35% al aplicar un 6% a diferencia del Sílico calcáreo que tiene 24.12%. En relación a la capacidad de soporte el Sílico calcáreo nos arroja un resultado óptimo de 28.54% (sub rasante muy buena) al adicionar un 6% a diferencia de la cal donde nos resulta 68% (sub rasante excelente) al emplear un 8%. Donde nos muestra que la cal da mayor resultado en relación al incremento de la capacidad de soporte del suelo.

4. En la investigación dado por Mamani tenía como aplicación el uso de residuos de construcción y demolición en la estabilización de suelos para base de pavimentos, donde se tiene mediante los ensayos pertinentes, la clasificación dado por SUCS que el suelo con arcillo de alta plasticidad (CH), así mismo mediante AASHTO se obtuvo que es suelo arena fina de excelente a bueno (A-3); además tiene como límite líquido del residuo de ladrillo que varía de acuerdo a su porcentaje de adición de 5% y 10%

dando 26.37 y 25.62% respectivamente además para el residuo de concreto se obtiene con los mismas adiciones 26.39 y 25.62% respectivamente; además límite plástico que se tiene 16.94% y 18.87% respectivamente a su porcentaje de adición al emplear residuos de ladrillo además al emplear residuos de concreto se obtiene 18.77 y 19.90% respectivamente de acuerdo al adición de 5% y 10%; y también para su índice de plasticidad se obtuvo 8.10 y 6.75% respectivamente de acuerdo al adicionar residuos de ladrillo y para residuos de concreto se obtuvo 7.60% y 5.72 respectivamente. Para su valor de soporte se obtuvo mediante la aplicación del estabilizante al 5% y 10% donde se tiene un incremento del CBR de 42.70% del patrón a 54.53% y 61.05% respectivamente al emplear residuos de ladrillo y de la misma manera al emplear residuos de concreto se obtiene en relación a 42.70% del patrón dando 58.82 y 64.07% respectivamente al porcentaje de adición, donde nos muestra que el suelo paso a ser un suelo apto como base de pavimentos determinado por el MTC/E - 132. Si comparamos con nuestra investigación nos muestra que mediante la adición de Sílico calcáreo, primero tenemos que se presenta un suelo arcillosos con baja o media plasticidad (CL) mediante SUCS y dado por AASHTO se tiene un suelo arcilloso de pobre a malo (A-7-6 (19)), nos muestra que su valor de soporte al aplicar en distintos porcentajes desde 2, 4, 6 y 8% nos muestra un incremento en relación a su CBR patrón dando como máximo un 25.75% aplicado por el 6% de Sílico calcáreo en relación a su 13.21 presentado inicialmente, donde se muestra que el suelo es muy bueno para usarlo como capa subrasante y así mismo al emplearlo como base de pavimentos se determinar los valores dado por los 56 golpes al 100% de CBR resultando 40, 44, 52 y 45% respectivamente al porcentaje de adición, se muestra que el suelo paso a ser apto para base de pavimentos cumpliendo con la norma del MTC/ E – 132 al aplicar solo 6% de Sílico calcáreo.

Tabla N° 27: clasificación de suelos (Sílico calcáreo vs residuos de construcción)

CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
	SÍLICO CALCAREO	RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN y DEMOLICIÓN (MAMANI)
SUCSS	CL (SUELO ARCILLOSO CON BAJA O MEDIA PLASTICIDAD)	CH (SUELO CON ARCILLA DE ALTA PLASTICIDAD)
AASHTO	SUELO ARCILLOSO DE POBRE A MALO (A-7-6 (19))	ARENA FINA DE EXCELENTE A BUENO (A-3)

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 28: Limites de Atterberg (Sílico calcáreo vs residuos de construcción)

LIMITES DE ATTERBERG												
	SÍLICO CALCÁREO					RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (MAMANI)						
						LADRILLO			CONCRETO			
	ADICIÓN	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	5%	10%	PATRÓN	5%	10%
LIMITE LIQUIDO	48.71	43.66	40.11	37.8	36.82	24.76	26.37	25.62	24.76	26.39	25.62	
LIMITE PLASTICO	17.88	17.38	15.66	13.65	12.7	15.42	16.94	18.87	15.42	18.77	19.9	
INDICE DE PLASTICIDAD	30.82	26.28	24.45	24.15	24.12	9.34	9.43	6.75	9.34	7.62	5.72	

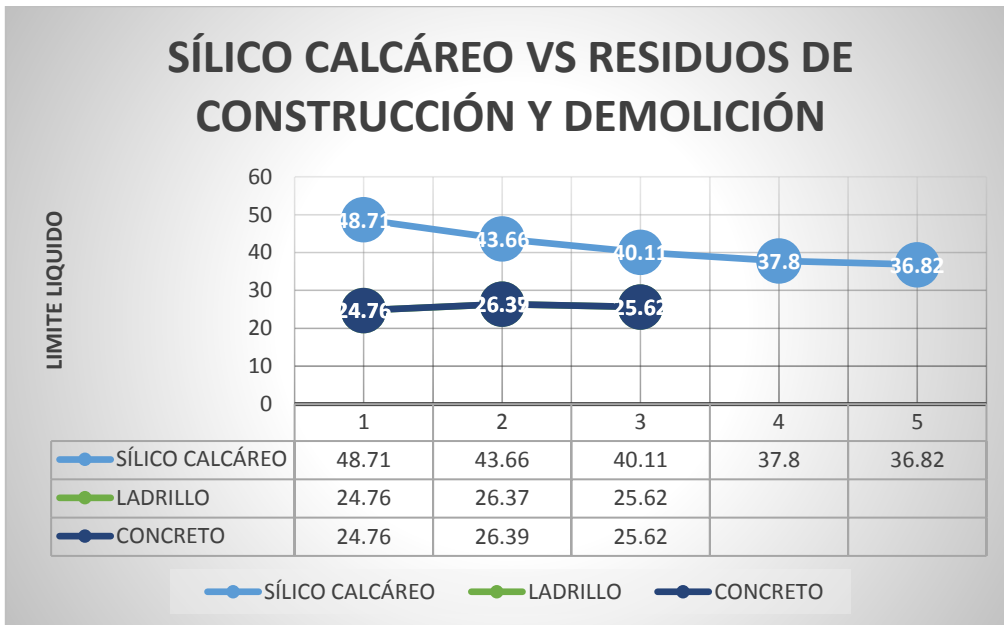
Fuente: elaboración propia

Tabla N° 29: CBR 100% al 0.1" 56 golpes (Sílico calcáreo vs residuos de construcción)

	SÍLICO CALCÁREO					RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (MAMANI)					
						LADRILLO			CONCRETO		
	ADICIÓN	PATRÓN	2%	4%	6%	8%	PATRÓN	5%	10%	PATRÓN	5%
CBR 100% (0.1") 56 GOLPES	35	40	44	52	45	42.7	54.53	61.05	42.7	58.82	64.07

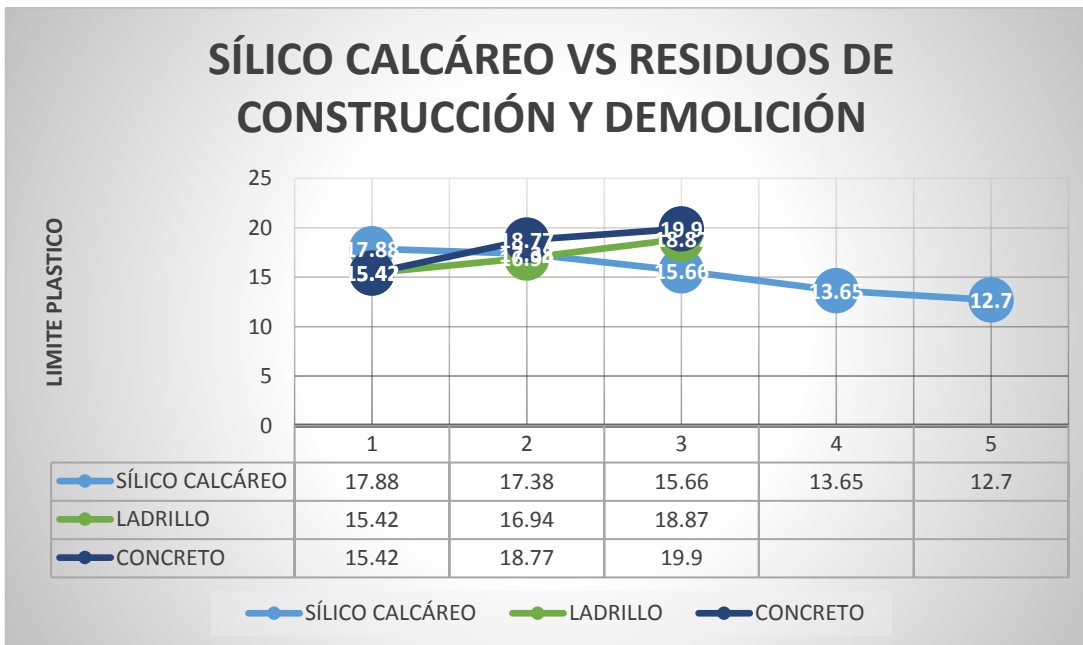
Fuente: elaboración propia

Figura N° 29: Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (limite liquido)



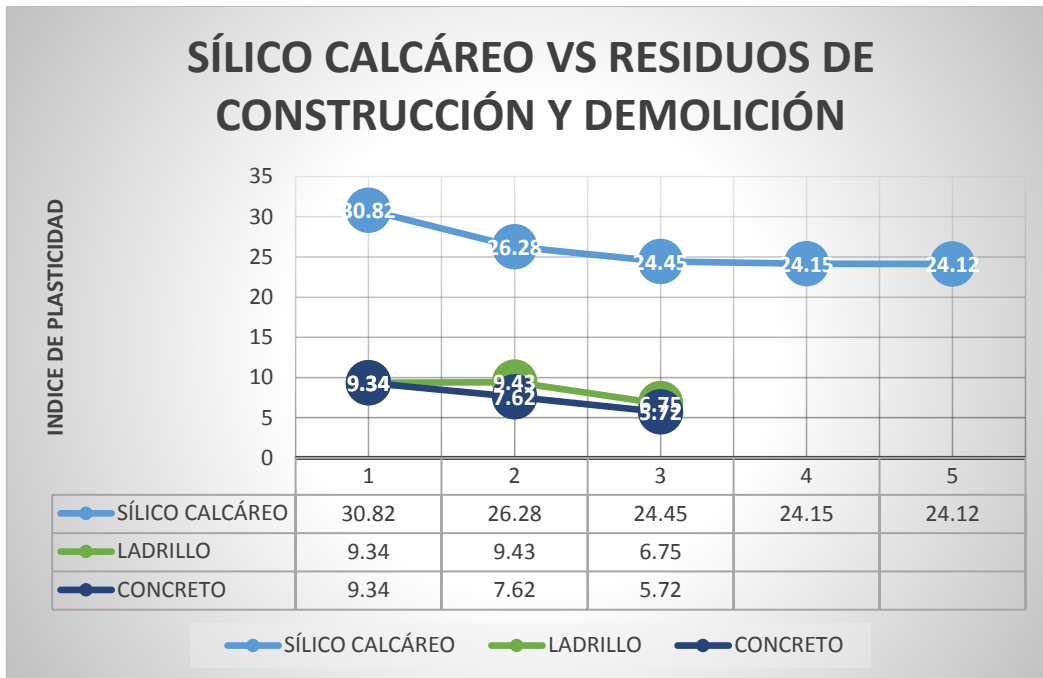
Fuente: elaboración propia

Figura N° 30: Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (limite plástico)



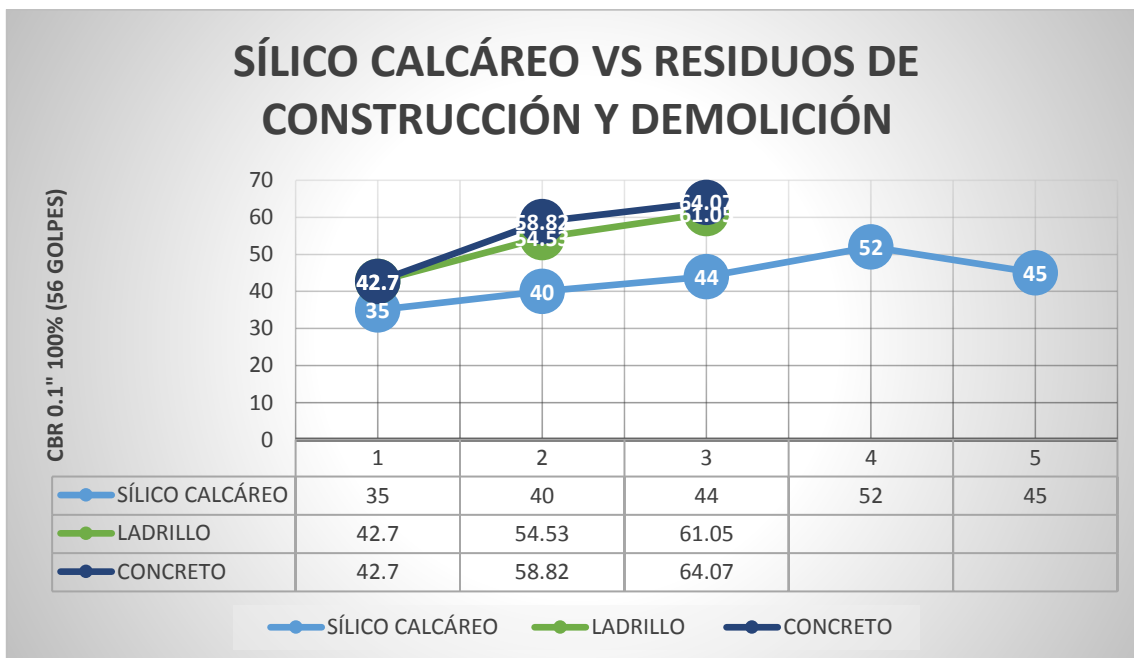
Fuente: elaboración propia

Figura N° 31: Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (índice de plasticidad)



Fuente: elaboración propia

Figura N° 32: Curva Sílico calcáreo vs residuos de construcción (CBR 100% 56 golpes)



Fuente: elaboración propia

En las figuras 29, 30, 31 y 32, nos muestra que al utilizar residuos de construcción en relación al límite líquido hay un aumento del valor en relación al patrón de 0.86% dando

25.62% al adicionar un 10% de ladrillo además al emplear residuos de concreto nos resulta un aumento en relación al patrón de 0.86% resultando 25.62% al adicionar un 10%, así mismo a diferencia con el Sílico calcáreo nos muestra que al aplicarse un 8% se obtiene una disminución de 11.89% en relación al patrón resultando 36.82%, a diferencia en caso del límite plástico existe un incremento de 3.45% resultando 18.87% al adicionar un 10% de residuos de ladrillos de la misma manera para los residuos de concreto existe un aumento de acuerdo al patrón de 4.48% resultando 19.90% tras adicionar un 10%, por el contrario al emplear Sílico calcáreo se logra una disminución máximo de 5.18% resultando 12.7% al adicionar un 8%, donde estos valores determinan el índice de plasticidad, dando mejor resultado al aplicar residuos de construcción donde nos resulta 6.75% y 5.72 al aplicar un 10% de residuos de ladrillos y de concreto respectivamente, a diferencia del Sílico calcáreo que tiene 24.12%. En relación a la capacidad de soporte el Sílico calcáreo nos arroja un resultado óptimo de 52% (cumpliendo con la norma MTC/ E – 132 para base de pavimentos) al adicionar un 6% a diferencia de los residuos de construcción (ladrillo y concreto) donde nos resulta 61.05% y 64.07 respectivamente (cumpliendo con la norma MTC/ E – 132 para base de pavimentos) al emplear un 10%. Donde nos muestra que los residuos de construcción (ladrillo y concreto) da mayor resultado en relación al incremento de la capacidad de soporte del suelo.

VI. CONCLUSIONES

1. Tras adicionar 2%, 4%, 6% y 8% del ladrillo Sílico calcáreo reutilizado se obtiene un aumento y así mismo una mejora de la capacidad de soporte del suelo, y por consiguiente se logra mejorar la estabilización del suelo en relación a la capa subrasante, el suelo tras adicionar un 8% de Sílico calcáreo ha conseguido un CBR (100% 0.1") de 25.02, de la misma manera al emplearse un 6% de Sílico calcáreo se ha conseguido un 28.54% de CBR, del mismo modo al emplearse un 4% se obtuvo un 25.42% de CBR (100% 0.1") y por ultimo al emplearse un 2% se obtuvo 22.18% de CBR (100% 0.1") los cuales son considerablemente mayor en relación al CBR (100% 0.1") del suelo patrón siendo este de 15.32%, donde se puede observar que tras adicionarse diferentes porcentajes de Sílico calcáreo en relación al suelo patrón resulta una diferencia significativa en relación al CBR (100% 0.1"), donde podemos afirmar que los suelos arcillosos tratados con Sílico calcáreo influyen de manera significativa y positiva en relación a la capacidad de soporte del suelo, por lo tanto nos resulta una mejora en la capa subrasante.
2. En relación a las propiedades físicas del suelo a tratar se demostró que ninguno de los parámetros fue influido por las proporciones de ladrillo Sílico calcáreo reutilizado de 2%, 4%, 6% y 8% puesto que los valores del límite de atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad) no tiene una mejora significativa, donde según la norma de MTC 2013 nos hace mención que el índice de plasticidad debe estar entre un $IP < 15\%$, donde el Sílico calcáreo disminuye tanto el LL como el LP y también muy ligeramente su IP, de acuerdo con los resultados obtenidos en laboratorio no cumple con lo establecido en la norma, obteniendo el suelo patrón un IP de 30.82%, y se logra una disminución ligera a 24.12% al emplear un 8%, donde se determina que no se cumple con lo establecido por la norma, cabe destacar que por otros autores se considera este material pasa de altamente plástico a medianamente plástico; para el Límite Líquido del patrón de 48.71% se logra una disminución significativa a 36.82 tras emplearse un 10% de Sílico calcáreo reutilizado, límite plástico del suelo patrón de 17.88% tiene una disminución a 12.7% al emplear también un 10% de Sílico calcáreo reutilizado, con respecto al Límite Líquido según MTC (2013) menciona que como característica de la subrasante deberá presentar un Límite Líquido inferior a 40 lo cual

cumple con lo establecido en la norma, donde se puede determinar que existe una mejora no tan significativa al emplearse el ladrillo Sílico calcáreo reutilizado.

3. En relación a las propiedades mecánicas del suelo se concluye que los parámetros de la máxima densidad seca, humedad óptima (Proctor modificado), análisis del CBR al 100% y CBR al 95% registran una influencia. Se afirman que existe diferencia significativa entre las propiedades mecánicas del suelo patrón y suelo tratado mediante el ladrillo Sílico calcáreo reutilizado al 2%, 4%, 6% y 8%, finalmente podemos afirmar que el tratamiento del suelo natural con diferentes porcentajes de Sílico calcáreo influye significativamente y positivamente en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso. Cabe señalar que según la norma del MTC del 2013 el suelo natural por tener el CBR entre el 10% y 20% se considera subrasante buena mientras que los suelos tratados con 2, 4, 6 y 8% de Sílico calcáreo reutilizado según dicha norma se considera subrasante muy buena por lo que la proporción óptima para mejorar y estabilizar la subrasante es con 6% de Sílico calcáreo reutilizado incrementando el CBR de 15.32% del suelo patrón a un valor de CBR de 28.54% para obtener un suelo con calificación de subrasante muy buena hasta se podría determinar que esta en rango de subrasante excelente.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda emplear el ladrillo Sílico calcáreo reutilizado como estabilizador de suelos arcillosos de baja o media plasticidad de $20 \leq IP$, ya que se demostró que logra aumentar de manera significativa la capacidad de soporte del suelo en relación a un suelo arcilloso de bajo soporte, dado que cumple con lo establecido por el MTC (2013), además se puede emplear este estabilizante para fines de estabilización química de suelos dado que es un material de fácil obtención y económico.
2. Se recomienda emplear el ladrillo Sílico calcáreo reutilizado en la estabilización de suelos arcillosos, dado que este material contribuye significativamente en la estabilización de suelos, dado que al incorporar en distintas proporciones a partir de 2% a 8%, nos muestra resultados aceptables de acuerdo a lo establecido por el MTC, en relación a mejorar las propiedades físicas de los suelos arcillosos se recomienda emplear los porcentajes de 6% y 8% de ladrillo Sílico calcáreo reutilizado.
3. Se recomienda al momento de emplear el Sílico calcáreo reutilizado para la estabilización de suelos arcillosos adicionar un 6% de ella, dado que esta proporciona mayor mejora en las propiedades mecánicas, resultando su capacidad de soporte óptima como capa subrasante, donde se califica a la subrasante como tipo de subrasante muy buena con el valor de CBR respectivo de 28.54%, donde esta cumple con lo establecido por el MTC (2013).

REFERENCIAS

- Estabilización de subrasante [en línea]. Colombia: Alvarez, Jorge, instituto colombiano de productores de cemento (2013). [Fecha de consulta: 20 de setiembre de 2020]. Recuperado de: http://anfacal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Estabilizacion_de_Suelos/Estab. Doc. Colombiano, varios%20 insumos, Cal.2010-F_Upload.pdf
- Altamirano G. y Díaz A. (2015), Estabilización de suelos Cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón (trabajo monográfico), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua. Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/6456/>
- Ast. Internacional (2007). ASTM Standard D 698. *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))*. Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D698>
- ASTM International. (2007). ASTM D 854. *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D698>
- ASTM International. (2007). ASTM D4829 - 11. *Standard Test Method for Expansion Index of Soils*. Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: <https://reference.globalspec.com/standard/13494673/astm-d4829-19>
- ASTM International. (2007). ASTM Standard D 1883. *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils, Bearing ratio*. Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D1883>
- ASTM International. (2007). ASTM Standard D 2216. *"Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass"*. Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: https://www.academia.edu/17252459/Clasificacion_de_los_suelos_segun_la_SUCS
- ASTM International. (2007). ASTM Standard D 422. *"Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils"*. Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: <https://www.astm.org/Standards/D422>

- ASTM International. (2007). ASTM Standard D 4318. "*Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*". West Conshohocken, Pensilvania, Estados Unidos. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/287973227_Atterberg_limits_are_not_appropriate_for_peat_soils
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. (2000). *Manual de Carreteras* (Vol. 2). Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10045/1787>.
- Bauza J. (2015). El tratamiento de los suelos arcillosos con cal. Comportamiento mecánico y evolución a largo plazo ante cambios de humedad (tesis doctoral). Universidad de Sevilla, España. Recuperado de: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/32957/TESIS%20JUAN%20DIEGO%20BAUZ%20C%81.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Becerra A. y Herrera A. (2018). Estabilización de arcillas, Arenas y afirmados, empleando los cementos Pacasmayo Vía forte, Mochica y Qhuna (tesis de grado). Universidad Señor de Sipán, Perú. Obtenido de: <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/6119/Becerra%20Santill%C3%A1n%20%26%20Herrera%20Gonzales.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Blanco Rodriguez, M., & Matuz Lazo, I. (2006). Guías de laboratorio de materiales de construcción. Managua, Nicaragua. Recuperado de <https://www.studocu.com/co/document/universidad-nacional-autonoma-de-nicaragua-managua/fisica-i/resumenes/guias-de-laboratorio-de-materiales-de-construccion/5358495/view>
- Braja M., D. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: Thomson Learning. Recuperado de: <https://es.pdfdrive.com/ing-cimentaciones-braja-das-7ma-ed-e33998997.html>
- Braja M., D. (2012). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones* (Séptima ed.). México: Cengage Learning. Obtenido de: https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das

- Braja M., D. (2014). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica (4ª edición)*. México: Cengage Learning. Obtenido de: <https://www.pdfdrive.com/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-e33997636.html>
- Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Recuperado de https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Bunge, M. A. (2017). El planteamiento científico. *Revista cubana de salud pública. Volumen (43)*, p. 8.
- CAJALEON, Omar y MONDRAGON, Darwin. Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cascaras de arroz para la subrasante en el km +17 Pimpingos, Choros 2018. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de ingeniería y arquitectura, 2018.
- Caracterización de un suelo arcillosos tratado con hidróxido de calcio. Colombia 21 (32). Mayo 2012.
ISSN: 0121-1129
- Chávez, N. (2007). *Introducción a la investigación Educativa* /por Nilda Chávez Alizo. 1era edición, ISBN: 980-295-068-8. Venezuela, Maracaibo: Gráfica González, S.A.
- Compañía Minera Luren S.A. (2013). Ladrillos Sílicos calcáreos, recuperado de: http://www.mineraluren.com/Procesos_Ladrillos.html
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones (5 ed.)*. México: Limusa, S.A. Obtenido de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-ycimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
- Cuadro C. (2017). Mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con oxido de calcio (tesis de grado), Universidad Peruana de los Andes, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/UPLA/80/browse?value=Cuadros+Surichaqui%2C+Claudia+Mar%C3%ADa&type=author>
- Equiservicios Industriales S.A.S. (2016). (E. I. S.A.S., Ed.) Obtenido de <https://www.equindustriales.com/app/download/13270845096/Estabilizacion+de+suelos.pdf?t=1471648857>

- Estabilización de suelos con cal en la construcción de carreteras. México, 1 (3). Abril 2014.
ISSN: 3040-4590
- Estabilización de suelos arcillosos de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido. Lima, 8 (1). Agosto 2020.
ISSN: 2414-8822
- Fajardo Cuesta, H., & Vasquez Jara, M. (2014). Estabilización de suelos. Obtenido de Prezi: https://prezi.com/rx_lkh1_gdpe/copy-of-estabilizacion-de-suelos/
- FERNANDEZ, Neiser. Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, San Juan de Lurigancho en el 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018.
- Garcia X. (2019). Mejoramiento de un suelo arcilloso de la localidad de Pacaisapa – Ayacucho utilizando residuos industriales para evaluarlo en muro hipotético de tierra estabilizada mecánicamente (MSEW) (tesis de grado), Universidad Peruana de ciencias aplicadas, Perú. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10757/626124>
- Gavilanes E. (2015). Estabilización y mejoramiento de Subrasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del sur (trabajo de titulación), Universidad internacional del Ecuador, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
- Gaytán J. (2017). Análisis de la respuesta sísmica de una edificación considerando la variación del tipo de unidad de albañilería en Lima (tesis de grado), Universidad Cesar Vallejo, Perú. Obtenido de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1452>
- Gallardo, E. (2017). Metodología de la Investigación: manual autoformativo interactivo -- Huancayo: Universidad Continental, Disponible en: <http://repositorio.continental>
- Gonzáles Guerra, A. (2014). Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal – ceniza volante (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Obtenido de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1044/>
- Gonzales F. (2018), análisis experimental de suelos estabilizados con cenizas volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno (trabajo de grado). Universidad andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2155>

- Guillen, O., Valderrama S. (2002). Guía para elaborar la tesis Universitaria escuela de posgrado. Recuperado de https://www.academia.edu/37024919/GU%C3%8DA_PARA_ELABORAR_LA_TESIS_UNIVERSITARIA_ESCUELA_DE_POSGRADO
- Hernández, R. Fernández C. y Baptista P. (2010). Metodología de la Investigación. México DF: Mc Graw Hill.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Recuperado de <http://crecedu.pe/wp-content/uploads/2019/06/Metodolog%C3%ADa-de-la-investigaci%C3%B3n.pdf>
- Juárez Badillo, E., & Rico Rodríguez, A. (2005). Mecánica de Suelos: Fundamentos de la Mecánica de suelos. (Vol. I). México: LIMUSA, S.A.
- Lomparte J. y Sánchez D. (2019). Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímeros en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al centro poblado Tangay (Trabajo de grado), Universidad Nacional del Santa, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3217>
- Lopez J. y Ortiz G. (2018), estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay (trabajo de titulación), Universidad tecnológica de los Andes, Perú. Obtenido de: <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/152>
- MAMANI, Raúl. Mejoramiento de las propiedades mecánicas de suelos con adición de residuos de la construcción y demoliciones para la construcción de la base de pavimentos de la ciudad de Juliaca. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de ingenierías y ciencias puras, 2019.
- Montejo Fonseca, A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Recuperado de: https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca
- Montejo Fonseca, A. (2008). Ingeniería de Pavimentos. Bogotá: Universidad católica de Colombia. Obtenido de: <https://www.libreriaingeniero.com/2018/02/ingenieria-de-pavimentos-para-carreteras-alfonso-montejo.html>

- MTC. (2013). Manual de Carreteras- Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf
- MTC. (2014). "Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC. (2018). Glosario de Términos. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- PALLI, Edwin. Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.
- Parra M. (2018). Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante (trabajo de investigación), Universidad Católica de Colombia, Colombia. Recuperado de: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22856/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20MANUEL%20GERARDO%20PARRA%20GOMEZ%20505587.pdf>
- Rico Rodríguez, A., & Del Castillo, H. (2005). La Ingeniería de suelos en las vías terrestres 2: carreteras, ferrocarriles y autopistas. México: Limusa S.A. Obtenido de Casa del Libro: <https://books.google.com.pe/books?id=d042vJAKVK8C&pg=PA493&lpg=PA493&dq=Resistencia+mec%C3%A1nica+%5D+Estabilidad+volum%C3%A9trica+%5D+Compresibilidad+%5D+Durabilidad+%5D+Permeabilidad&source=bl&ots=HAMRkGg3gU&sig=sqFMHTxupr1cHGwSk7zIYsgIPC4&hl=es-419>.
- SALKIND, Neil. Métodos de Investigación [en línea]. 3ra ed. México: Prentice Hall Hispanoamérica. S.A., 1999. [fecha de consulta 29 mayo 2017] ISBN: 9701702344. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?isbn=9701702344>
- Sánchez M. (2014). Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí (trabajo de grado), Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Obtenido de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11180>

- Velásquez C. (2018), Influencia del cemento Portland tipo 1 en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca (trabajo de grado), Universidad Nacional de Cajamarca, Perú. Obtenido de: <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/2534>

ANEXO

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de variable

TITULO: “Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020”

Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA MEDICIÓN
VARIABLES INDEPENDIENTE SÍLICO CALCÁREO REUTILIZADO	Sílico calcáreo es una mezcla de cal, compuesto de agua y áridos. Tiene un desarrollo inicial el cual es agregar la cal con arena extraída conjuntamente con agua en el mezclador principal. (Compañía Minera Luren, 2013)	El Sílico calcáreo reutilizado será un factor influyente en la variable dependiente, razón por la cual se debe saber el tipo de suelo presentado y obtener sus dosificaciones adecuadas, así mismo se obtendrá con nuestros indicadores.	Propiedades físicas	granulometría	Formato técnico de registro de análisis granulométrico ASTM 422	Razón
				clasificación de suelo	Hoja de registro de clasificación de suelos ASTM D-2487 – AASTHO M-145	Nominal
				contenido de humedad	Formato técnico de registro contenido de humedad ASTM D-2216 – MTC E108	Razón
				límites de atterberg	Formato técnico de registro de Límites de Atterberg ASTM 4318 – NTP 339.140	Razón
VARIABLES DEPENDIENTE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS	La estabilización de suelos se puede realizar de manera física, química o ambas sobre un suelo, con el propósito de mejorar sus propiedades. (Fajardo & Vásquez, 2014). Entonces Cubas & Falen (2016), que la estabilización consiste en agregar un agente químico o aplicar un tratamiento físico a fin de lograr modificar sus características del suelo, para darle mayor resistencia o disminuir su plasticidad.	La variable independiente: Sílico calcáreo Reutilizado mediante las dosificaciones en sus proporciones adecuadas influirá en la variable dependiente, en sus propiedades físicas y mecánicas, así mismo se medirá mediante sus indicadores de sus dimensiones, contenidos de humedad, sus límites de consistencias y su CBR.	Dosificaciones	Proporciones adecuadas de Sílico calcáreo según NCE 020 – MC 05-14 2% 4% 6% 8%	Hoja de registro	Razón
				propiedades físicas - mecánicas	límites de atterberg	Formato técnico de registro (ASTM D-2216 – MTC E108, ASTM D-2216 – MTC E108, ASTM D-1557 – MTC-E115, ASTM D-1883 – MTC – E132)
			contenido de humedad			
			Proctor modificado			
CBR						

Fuente: Elaboración propia (2020).

Anexo 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

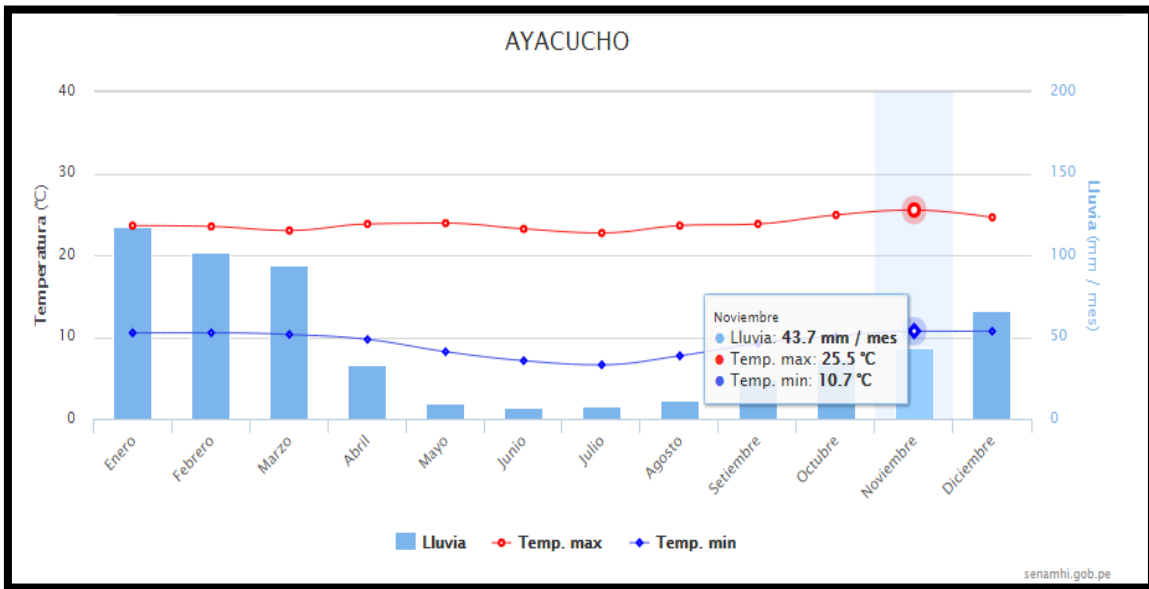
TITULO: Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020”

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL				
¿De qué manera influirá la adición de Sílico Calcáreo reutilizado en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020?	Analizar la influencia de la adición de Sílico Calcáreo reutilizado en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020	La adición de Sílico Calcáreo reutilizado influye en la estabilización de suelos arcillosos en la sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020	VARIABLES INDEPENDIENTE SÍLICO CALCÁREO REUTILIZADO	propiedades físicas	granulometría	ENFOQUE Cuantitativo
					clasificación de suelo	METODO Científico
					contenido de humedad	TIPO Aplicada
					límites de atterberg	NIVEL
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS				
¿De qué manera la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuirá en la estabilización de suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020?	Determinar cómo contribuye la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo en la estabilización de suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020	La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la estabilización de suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020	VARIABLES DEPENDIENTE ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS	Dosificaciones	Proporciones adecuadas de Sílico calcáreo según NCE 020 – MC 05-14 2% 4% 6% 8%	Correlacional
						DISEÑO Cuasi – experimental
				propiedades físicas y mecánicas	límites de atterberg	POBLACIÓN
					contenido de humedad	Los suelos arcillosos de la comunidad San Rafael
¿De qué manera la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuirá en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020?	Determinar cómo contribuye la reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020	La reutilización del ladrillo Sílico Calcáreo contribuye en la mejora del comportamiento mecánico en los suelos arcillosos en San Rafael, Ayacucho – 2020		Proctor modificado	MUESTRA	
				CBR	1 km de suelos arcillosos	

Fuente: Elaboración propia (2020)

Anexo 3. Tablas y Figuras complementarias de la investigación

Tabla 1. Promedio de temperatura normal para Ayacucho



Fuente: Senamhi 2019, obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=ayacucho&p=pronostico-detalle>

Tabla N°2: clasificación de suelos según tamaño de partículas.

<u>Tipo de Material</u>		<u>Tamaño de las partículas</u>
<u>Grava</u>		<u>75 mm – 4.75 mm</u>
<u>Arena</u>		<u>Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm</u>
		<u>Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm</u>
		<u>Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm</u>
<u>Material Fino</u>	<u>Limo</u>	<u>0.075 mm – 0.005 mm</u>
	<u>Arcilla</u>	<u>Menor a 0.005 mm</u>

Fuente: MTC, 2014 (p. 31). “manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos”

Tabla N° 3: clasificación de suelos mediante el Índice de Plasticidad

<u>Índice de Plasticidad</u>	<u>Plasticidad</u>	<u>Características</u>
<u>IP > 20</u>	<u>Alta</u>	<u>Suelos muy arcillosos</u>
<u>IP ≤ 20</u> <u>IP > 7</u>	<u>Media</u>	<u>Suelos arcillosos</u>
<u>IP < 7</u>	<u>Baja</u>	<u>Suelos poco arcillosos plasticidad</u>
<u>IP = 0</u>	<u>No Plástico (NP)</u>	<u>Suelos exentos de arcilla</u>

Fuente: MTC, 2014 (p. 32). “manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos”

Tabla N° 4: Clasificación de los suelos basadas en AASHTO M 145 y/o ASTM D 382

Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N.º 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N.º 200)			
	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N.º 10 (2mm) N.º 40 (0,425mm) N.º 200 (0,075mm)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	- 50 máx. 25 máx.	- 51 mín. 10 máx.	- - 35 máx.				- - 36 min			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N.º 40											
Límite líquido	-	-	-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín. (2)
Índice de plasticidad	6 máx.		NP (1)	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

- (1): No plástico
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30
- (2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: MTC, 2014 (p. 34). “manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos”

Tabla N°5: Símbolos para fines de identificación

Símbolo	G	S	M	C	O	Pt	H	L	W	P
Descripción	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Limos Orgánicos Y arcilla	Turba y suelos altamente orgánicos	Alta plasticidad	Baja plasticidad	Bien graduado	Mal graduado

Fuente: Carpio, 2018 (p. 41). "Análisis experimental de suelos estabilizados con cenizas volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno"

Tabla N°6: Clasificación de suelos sistema SUCS

	Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio ^a			Clasificación del suelo	
				Símbolo de grupo	Nombre de grupo ^b
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en la malla núm. 200	Gravas	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	GW	Grava bien graduada ^f
	Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla núm. 4	Menos de 5% finos ^e	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3^e$	GP	Grava mal graduada ^f
		Gravas con finos Más de 12% finos ^e	Los finos se clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa ^{f, g, h}
			Los finos se clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa ^{f, h, i}
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3^e$	SW	Arena bien graduada ⁱ
		Menos de 5% finos ^d	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3^e$	SP	Arena mal graduada ⁱ
	Arena con finos Más de 12% finos ^d	Los finos se clasifican como ML o MH	SM	Arena limosa ^{g, h, i}	
		Los finos se clasifican como CL o CH	SC	Arena arcillosa ^{h, i, j}	
Suelos de grano fino 50% o más pasa la malla núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentra en o arriba de la línea "A" ^j	CL	Arcilla de baja compresibilidad ^{k, l, m}
			$IP < 4$ o se encuentra debajo de la línea "A" ^j	ML	Limo de baja compresibilidad ^{k, l, m}
		Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$	OL	Arcilla orgánica ^{k, l, m, n} Limo orgánico ^{k, l, m, o}
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor	Inorgánicos	IP se encuentra en o arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta compresibilidad ^{k, l, m, n}
			IP se encuentra debajo de la línea "A"	MH	Limo de alta compresibilidad ^{k, l, m, n}
		Orgánicos	$\frac{\text{Límite líquido—secado en horno}}{\text{Límite líquido—no secado}} < 0.75$	OH	Arcilla orgánica ^{k, l, m, p} Limo orgánico ^{k, l, m, q}
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico			PT	Turba

Fuente: Braja D., 2015, p. 86 "fundamentos de ingeniería de cimentaciones"

Tabla N° 7: categoría de subrasante

Categoría de Sub rasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: MTC, 2014, (P. 35). "manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos"

Figura 1. Desperdicios en obra del ladrillo Sílico Calcáreo de un piso



Fuente: fotografiado propio, 2020.

Anexo 4. Certificados de ensayos de laboratorio



Ingenieros S.A.C.
Calle Valladolid 149
Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
Lima, Peru
Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calceáo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

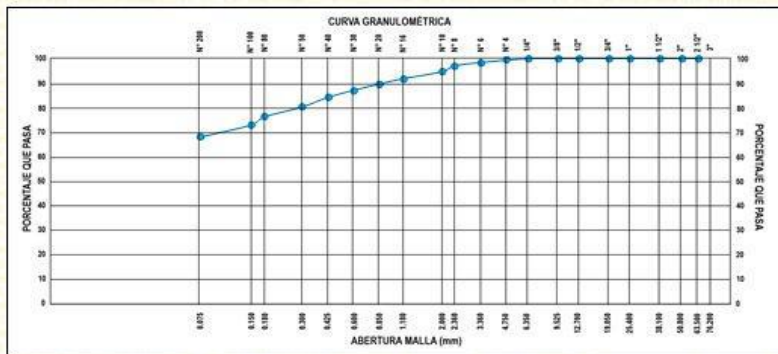
DIRECCIÓN : Lima

REFERENCIA : Calicata 1 (M1) **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

MÉTODO DE ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO POR TAMIZADO (M 1) (ASTM D 422-63 - 2002)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELO					CARACTERIZACIÓN DEL SUELO			
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERTURA (mm)	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)				
3"	76.200	0.00	0.00	100.00	Limite líquido	(%)	ASTM D 4318-05	: 49
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	100.00	Limite plástico	(%)	ASTM D 4318-05	: 18
2"	50.800	0.00	0.00	100.00	Índice plástico	(%)	ASTM D 4318-05	: 31
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00	Clasificación SUCS		ASTM D 2487-05	: CL
1"	25.400	0.00	0.00	100.00	Clasificación AASHTO		ASTM D 3282	: A-5
3/4"	19.050	0.00	0.00	100.00	ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"			
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00	Grava (Ret. N° 4)	:	1	%
3/8"	9.525	0.00	0.00	100.00	Arena	:	31	%
1/4"	6.350	0.15	0.15	99.85	Fino (Pas. N° 200)	:	68	%
N° 4	4.750	0.60	0.75	99.25	Descripción de la muestra: Arcilla - Arcillas de baja a mediana compresión			
N° 6	3.360	0.97	1.72	98.28	OBSERVACIONES			
N° 8	2.380	1.32	3.04	96.96	- Muestra tomada e identificada por personal de JBO INGENIEROS SAC.			
N° 10	2.000	2.36	5.40	94.60	- Calicata C1 - M - 1 / Prof: 2.00 m			
N° 16	1.180	2.64	8.24	91.76	- Ubicación: C.p. San Rafael de la Provincia de Socos, Ayacucho			
N° 20	0.850	2.16	10.40	89.60	- Cantidad: 20 Kg. Aprox.			
N° 30	0.600	2.61	13.01	86.99				
N° 40	0.425	2.81	15.82	84.18				
N° 50	0.300	3.88	19.70	80.30				
N° 60	0.250	4.03	23.73	76.27				
N° 80	0.180	3.33	27.06	72.94				
N° 100	0.150	4.94	32.00	68.00				
N° 200	0.075	68.00	100.00	0.00				
-200	ASTM D 1140-00							



- REFERENCIA:**
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
 - ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
 - ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
 - ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
 - ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Téc. E. E.A.
Rev: M.M.F.

Marcó Antonio Moreno Flores
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021
El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@boingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

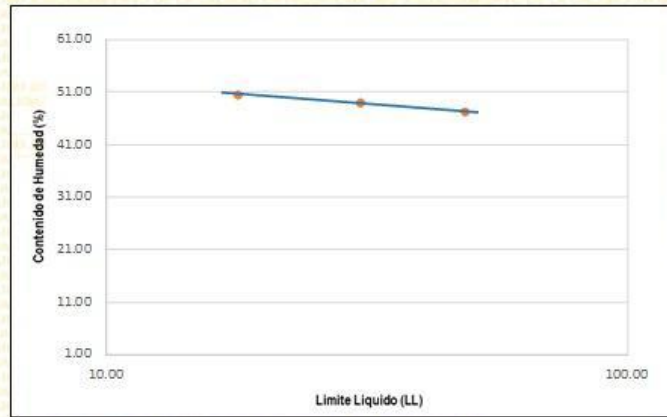
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : Calicata 1 (M 1) **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

MÉTODO DE ENSAYO LIMITE DE CONSISTENCIA (M 1)
(ASTM D 4318 – 95)

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO (LL)					LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Ensayo N°												
Peso del suelo húmedo + Tara	(g)	65.64	69.98	73.58			59.24	59.15				
Peso del suelo seco + Tara	(g)	51.97	54.24	56.33			53.84	54.09				
Peso de Tara	(g)	23.06	23.06	21.06			24.29	25.16				
Peso de agua	(g)	13.67	15.74	17.25			5.40	5.06				
Peso del suelo seco	(g)	28.89	31.16	35.25			29.55	28.93				
Contenido de Humedad	(g)	47.32	50.51	48.94			18.27	17.49				
Número de golpes		34	24	17								
Limite Líquido (LL)		Limite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS
48.71		17.88					30.82					CL



REFERENCIA:

- ASTM D 4318-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec: E.E.A

Rev: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

Marcó Antonio Moreno Flores
MARCÓ ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

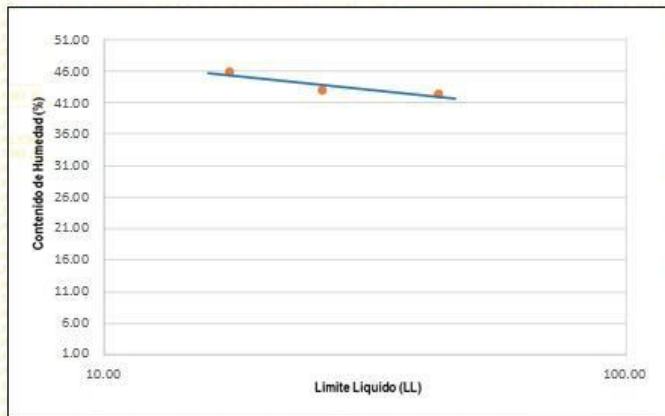
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sílico Calcareo 2% **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**MÉTODO DE ENSAYO LIMITE DE CONSISTENCIA (M 1 + SÍLICO CALCÁREO 2%)
 (ASTM D 4318 – 95)**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO (LL)					LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Ensayo N°										
Peso del suelo húmedo - Tara (g)	63.82	68.16	71.04			58.79	58.49			
Peso del suelo seco - Tara (g)	51.56	53.83	55.92			53.43	53.66			
Peso de Tara (g)	22.67	22.67	20.67			23.88	24.75			
Peso de agua (g)	12.26	14.33	15.12			5.36	4.81			
Peso del suelo seco (g)	28.89	31.16	35.25			29.55	28.93			
Contenido de Humedad (g)	42.44	45.99	42.89			18.14	16.63			
Número de golpes	35	24	17							
Límite Líquido (LL)		Límite Plástico (LP)			Índice de Plasticidad (IP)		SUCS			
43.66		17.38			26.28		CL			



REFERENCIA:

- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec: E.E.A

Rev: M.M.F.

Marcó Antonio Moreno Flores
MARCÓ ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 178318

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

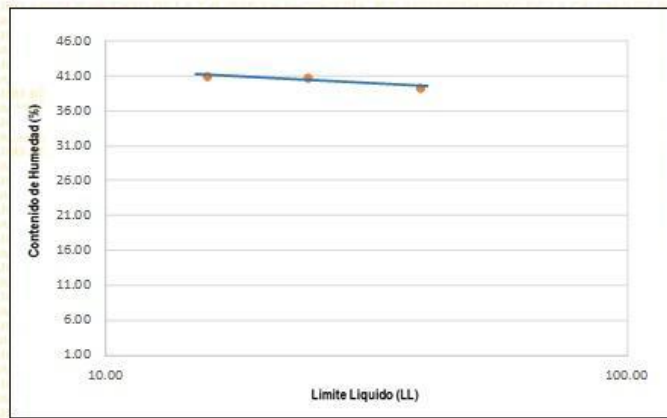
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sílico Calcáreo 4% **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**MÉTODO DE ENSAYO LIMITE DE CONSISTENCIA (M 1 + SÍLICO CALCÁREO 4%)
 (ASTM D 4318 – 95)**

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO (LL)					LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Ensayo N*												
Peso de suelo húmedo + Tara	(g)	61.94	66.78	65.53			57.58	57.57				
Peso de suelo seco + Tara	(g)	50.59	54.56	52.86			53.12	52.87				
Peso de Tara	(g)	21.70	19.81	21.70			24.19	23.32				
Peso de agua	(g)	11.35	14.22	12.67			4.46	4.70				
Peso de suelo seco	(g)	28.89	34.75	31.16			28.93	29.55				
Contenido de Humedad	(g)	39.29	40.92	40.66			15.42	15.91				
Número de golpes		35	24	17								
Límite Líquido (LL)		Límite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS
40.11		15.66					24.45					CL



REFERENCIA:

- AS TM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- AS TM D 4226-3-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- AS TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- AS TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- AS TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- AS TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec: E.E.A
 Rev: M.M.F.

(Signature)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

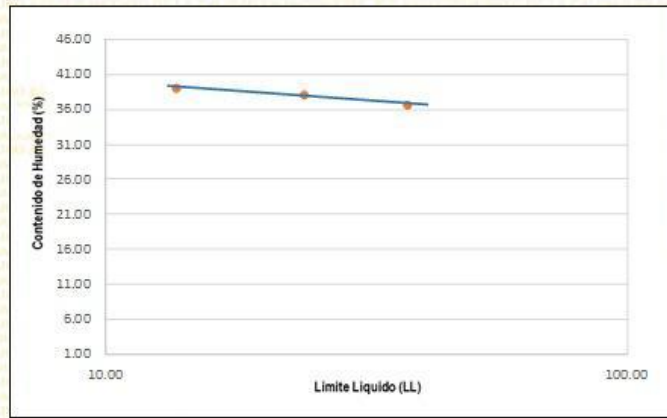
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sílico Calcáreo 6% **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**MÉTODO DE ENSAYO LIMITE DE CONSISTENCIA (M 1 + SÍLICO CALCÁREO 6%)
 (ASTM D 4318 – 95)**

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO (LL)					LÍMITE PLÁSTICO (LP)					
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Ensayo N*												
Peso de suelo húmedo + Tara	(g)	59.60	56.50	64.69			55.30	56.73				
Peso de suelo seco + Tara	(g)	49.15	53.18	52.57			52.14	51.89				
Peso de Tara	(g)	20.72	19.11	20.72			23.21	22.34				
Peso de agua	(g)	10.45	13.32	12.12			3.16	4.84				
Peso del suelo seco	(g)	28.43	34.07	31.85			28.93	29.55				
Contenido de Humedad	(g)	36.76	39.10	38.05			10.92	16.38				
Número de golpes		34	24	17								
Limite Líquido (LL)		Limite Plástico (LP)					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS
37.60		13.65					24.15					CL



REFERENCIA:

- ASTM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- ASTM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- ASTM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- ASTM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- ASTM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec: E.E.A

Rev: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

(Firma)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sólido Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

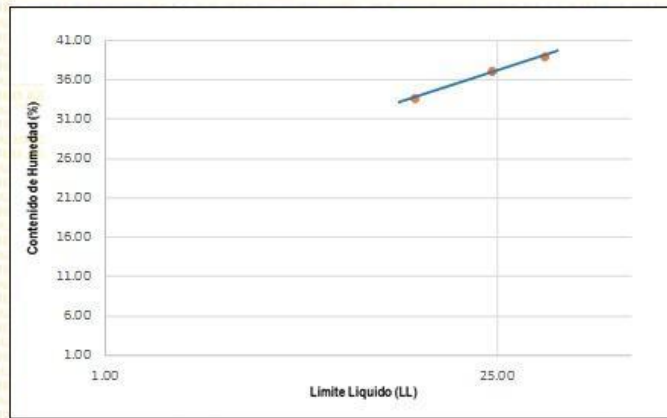
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sólido Calcáreo 8% **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**MÉTODO DE ENSAYO LIMITE DE CONSISTENCIA (M 1 + SÍLICO CALCÁREO 8%)
 (ASTM D 4318 – 95)**

DESCRIPCIÓN		LÍMITE LÍQUIDO (LL)					LÍMITE PLÁSTICO (LP)																			
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5															
Ensayo N°																										
Peso de suelo húmedo + Tara	(g)	63.25	63.95	64.09			55.85	55.08																		
Peso de suelo seco + Tara	(g)	51.25	52.92	52.31			51.88	51.63																		
Peso de Tara	(g)	20.46	20.15	20.46			22.95	22.08																		
Peso de agua	(g)	12.00	11.03	11.78			3.97	3.45																		
Peso de suelo seco	(g)	30.79	32.77	31.85			28.93	29.55																		
Contenido de Humedad	(g)	38.97	33.66	36.99			13.72	11.68																		
Número de golpes		34	24	17																						
Límite L líquido (LL)		36.82					Límite Plástico (LP)					24.12					Índice de Plasticidad (IP)					SUCS				



REFERENCIA:

- A5 TM D 4315-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- A5 TM D 4226-3-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- A5 TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- A5 TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- A5 TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- A5 TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sólido Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

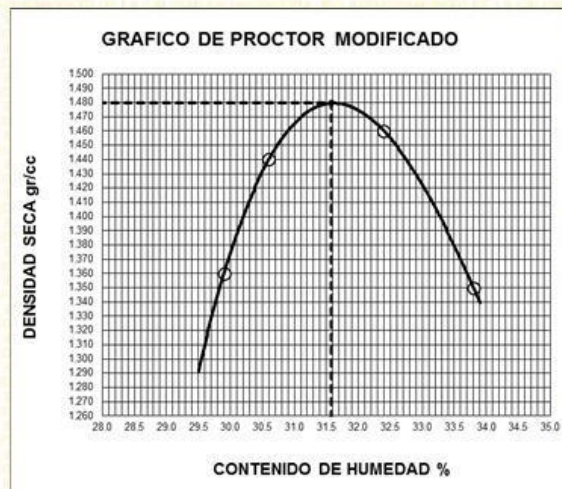
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
 (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	DETERMINACIÓN DE DENSIDAD				
	1	2	3	4	5
PESO MOLDE+SUELO	10,069	9,961	9,984	10,149	
PESO MOLDE	6,080	6,214	6,156	6,059	
PESO SUELO COMPACTADO	3,989	3,748	3,828	4,090	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,121	2,121	2,121	2,121	
DENSIDAD HUMEDA	1.88	1.77	1.81	1.93	
RECIPIENTE N°	DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD				
	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	54.02	40.35	59.67	55.95	
SUELO SECO + RECIPIENTE	45.51	35.43	48.87	46.34	
PESO RECIPIENTE	17.72	18.95	16.91	16.70	
PESO DE AGUA	8.51	4.92	10.80	9.61	
PESO DE SUELO SECO	27.79	16.48	31.96	29.64	
CONTENIDO DE HUMEDAD	30.60	29.90	33.80	32.40	
DENSIDAD SECA	1.44	1.36	1.35	1.46	



Max. densidad seca	Conten. humedad óptima
1.48 gr/cm³	31.58 %

REFERENCIA:

- A5 TM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- A5 TM D 4226-3-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- A5 TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- A5 TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- A5 TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- A5 TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec: E.I.E.A

Rev: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

(Signature)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Subrasante San Rafael, Ayacucho - 2020.

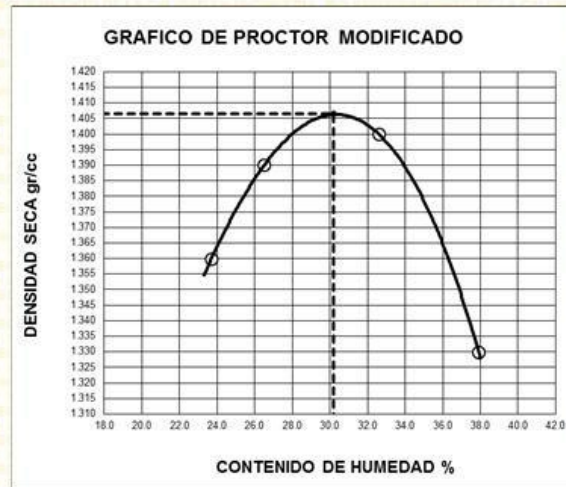
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sílico Calcareo 2 % **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 04 de mayo del 2021

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
 (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10,108	10,216	9,764	9,909	
PESO MOLDE	6,178	6,333	6,202	6,178	
PESO SUELO COMPACTADO	3,930	3,882	3,561	3,731	
VOLUMEN DEL MOLDE	2,121	2,121	2,121	2,121	
DENSIDAD HUMEDA	1.85	1.83	1.68	1.76	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	64.21	51.54	73.15	63.74	
SUELO SECO + RECIPIENTE	55.10	45.07	64.11	56.07	
PESO RECIPIENTE	27.14	28.01	25.93	27.14	
PESO DE AGUA	9.11	6.47	9.04	7.67	
PESO DE SUELO SECO	27.96	17.06	38.18	28.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	32.60	37.90	23.70	26.50	
DENSIDAD SECA	1.40	1.33	1.36	1.39	



Max. densidad seca	1.41	gr/cm ³	Conten. humedad óptima	30.21	%
--------------------	------	--------------------	------------------------	-------	---

REFERENCIA:

- A5 TM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- A5 TM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- A5 TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- A5 TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- A5 TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- A5 TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec: E.E.A

Rev: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

Marco Antonio Moreno Flores
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sólido Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho - 2020.

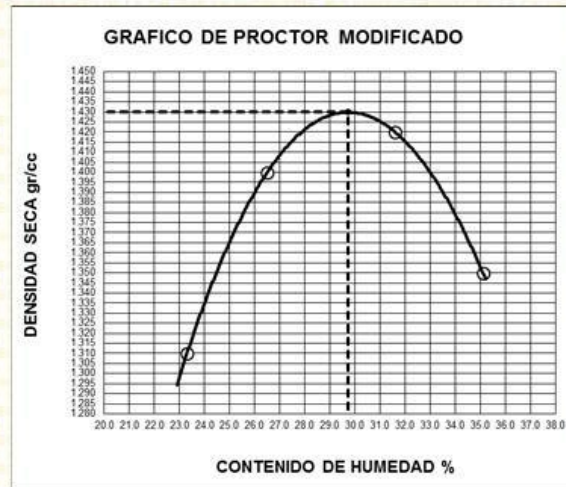
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sólido Calcareo 4 % **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 04 de mayo del 2021

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
(ASTM D 1557)

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10029.85	10138.85	9795.36	10099.73	
PESO MOLDE	6173.35	6177.35	6349.85	6339.35	
PESO SUELO COMPACTADO	3.857	3.962	3.446	3.760	
VOLUMEN DEL MOLDE	2120.357	2120.357	2120.357	2120.357	
DENSIDAD HUMEDA	1.82	1.87	1.62	1.77	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	53.09	72.36	70.12	57.73	
SUELO SECO + RECIPIENTE	46.1	61.13	61.84	51.34	
PESO RECIPIENTE	26.19	25.55	26.34	27.21	
PESO DE AGUA	6.99	11.23	8.28	6.39	
PESO DE SUELO SECO	19.91	35.58	35.50	24.13	
CONTENIDO DE HUMEDAD	35.10	31.60	23.30	26.50	
DENSIDAD SECA	1.35	1.42	1.31	1.40	



Max. densidad seca	1.43	gr/cm3	Conten. humedad óptima	29.71	%
--------------------	------	--------	------------------------	-------	---

REFERENCIA:

- A5 TM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- A5 TM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- A5 TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- A5 TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- A5 TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- A5 TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec.: E.E.A

Rev.: M.M.F.

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

(Signature)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sólido Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sólido Calcareo 6 % **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 04 de mayo del 2021

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
(ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10234.6	10438.44	10425.7	9884.67	
PESO MOLDE	6444.5	6444.5	6444.5	6444.5	
PESO SUELO COMPACTADO	3.790	3.994	3.981	3.440	
VOLUMEN DEL MOLDE	2123.307	2123.307	2123.307	2123.307	
DENSIDAD HUMEDA	1.78	1.88	1.87	1.62	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HÚMEDO + RECIPIENTE	57.56	59.9	75.37	55.31	
SUELO SECO + RECIPIENTE	52.35	53.47	64.98	51.41	
PESO RECIPIENTE	27.98	28.91	29.15	30.21	
PESO DE AGUA	5.21	6.43	10.39	3.90	
PESO DE SUELO SECO	24.37	24.56	35.83	21.20	
CONTENIDO DE HUMEDAD	21.40	26.20	29.00	18.40	
DENSIDAD SECA	1.47	1.49	1.45	1.37	



Max. densidad seca	Conten. humedad óptima
1.50 gr/cm3	24.31 %

REFERENCIA:

- A5 TM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- A5 TM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- A5 TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- A5 TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- A5 TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- A5 TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.

Tec: E.I.E.A

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

Rev: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.

(Signature)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sólido Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

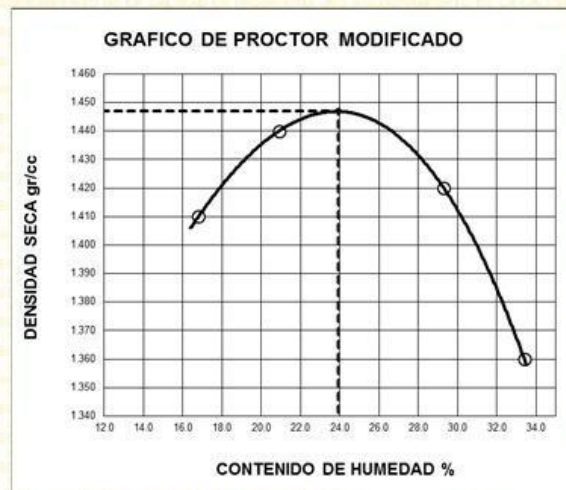
DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + Sólido Calcareo 8 % **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 04 de mayo del 2021

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
 (ASTM D 1557)**

ENSAYO N°	1	2	3	4	5
DETERMINACION DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	10073.82	10187.64	9702.64	9873.16	
PESO MOLDE	6232.83	6388.33	6257.33	6232.83	
PESO SUELO COMPACTADO	3.841	3.799	3.445	3.640	
VOLUMEN DEL MOLDE	2088.14	2088.14	2088.14	2088.14	
DENSIDAD HUMEDA	1.84	1.82	1.65	1.74	
DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	55.17	58.59	63.49	64.75	
SUELO SECO + RECIPIENTE	49.02	51.15	58.21	58.4	
PESO RECIPIENTE	28.02	28.89	26.81	28.02	
PESO DE AGUA	6.15	7.44	5.28	6.35	
PESO DE SUELO SECO	21.00	22.26	31.40	30.38	
CONTENIDO DE HUMEDAD	29.30	33.40	16.80	20.90	
DENSIDAD SECA	1.42	1.36	1.41	1.44	



Max. densidad seca	1.45	gr/cm ³
Conten. humedad óptima	23.92	%

REFERENCIA:

- AS TM D1557-12e1 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort
- AS TM D 4226-3-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates.
- AS TM D 4318-05 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils.
- AS TM D 2487-05 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classification system).
- AS TM D 2216-05 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass.
- AS TM D 3282-04e1 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes.



(Firma)
MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

Tec: E.I.E.A

Fecha de emisión : Lima, 05 de mayo del 2021

Rev: M.M.F.

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del solicitante.



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

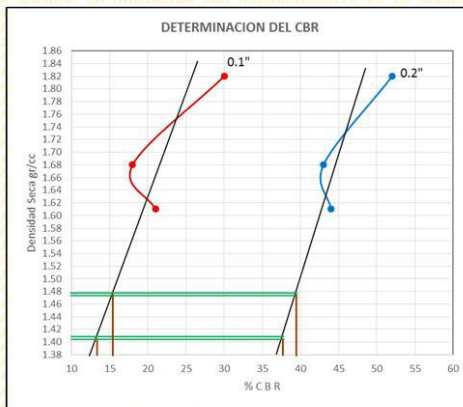
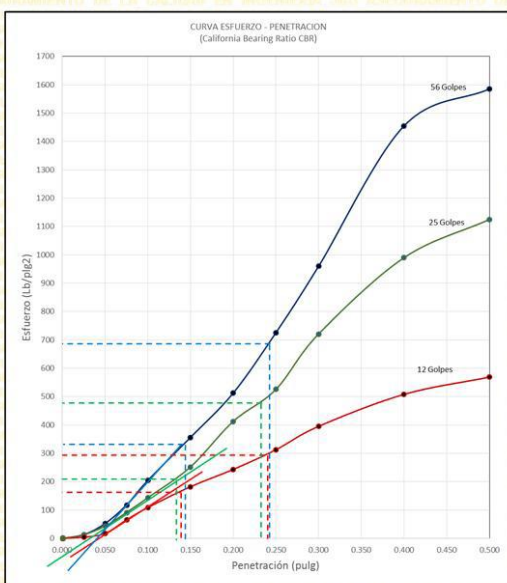
SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Silico Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M1 **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (M 1)
(ASTM D 1883 – 9 C)



VALORES DEL CBR		
CBR AL 100%	0.1"	= 15.32 %
CBR AL 95%	0.1"	= 13.21 %
CBR AL 100%	0.2"	= 39.43 %
CBR AL 95%	0.2"	= 37.45 %

Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.61	1.68	1.82
0.100	35	25	18
0.200	97	72	39

Tec: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 12 de mayo del 2021

Rev:

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.



MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473/683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

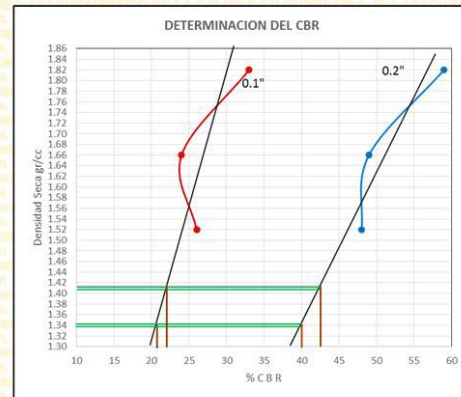
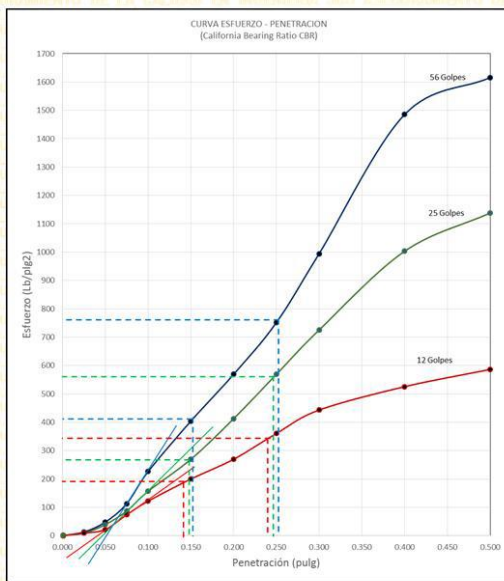
SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Sílico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + 2% DE SÍLICO CALCÁREO **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (M 1) + 2% DE SÍLICO CALCÁREO
 (ASTM D 1883 – 9 C)**



Nº GOLFES	56	25	12
g/cc	1.52	1.66	1.82
0.100	40	27	20
0.200	100	73	45

VALORES DEL CBR

CBR AL 100%	0.1"	=	22.18 %
CBR AL 95%	0.1"	=	20.75 %
CBR AL 100%	0.2"	=	42.51 %
CBR AL 95%	0.2"	=	39.87 %

Tec: E.E.A

Rev: E.E.A



Fecha de emisión : Lima, 12 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

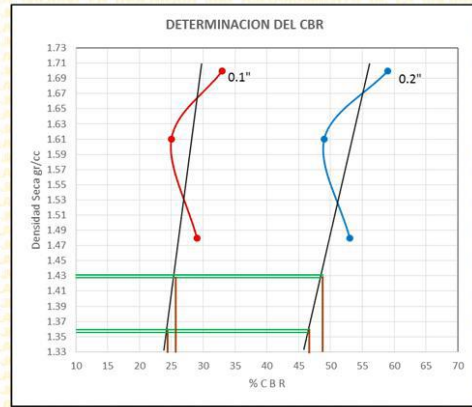
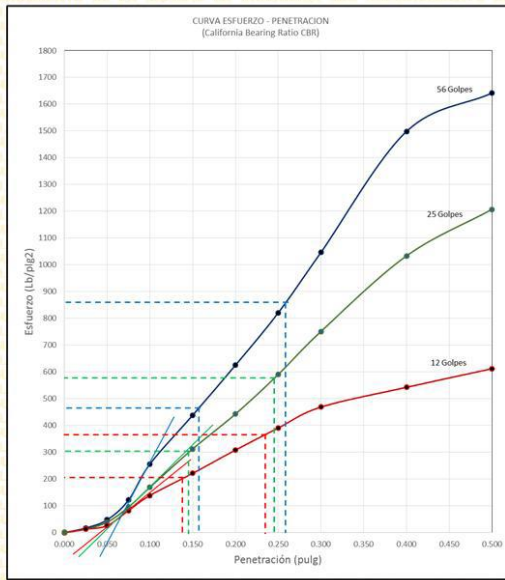
INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Segull Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Silico Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

DIRECCIÓN : Lima **MUESTRA** : M 1 + 4% DE SÍLICO CALCÁREO **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (M 1) + 4% DE SÍLICO CALCÁREO (ASTM D 1883 – 9 C)



VALORES DEL CBR			
CBR AL 100%	0.1"	=	25.42 %
CBR AL 95%	0.1"	=	24.11 %
CBR AL 100%	0.2"	=	48.25 %
CBR AL 95%	0.2"	=	46.82 %

Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.48	1.61	1.70
0.100	44	31	22
0.200	105	75	47

Tec.: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 12 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.



MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 178318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

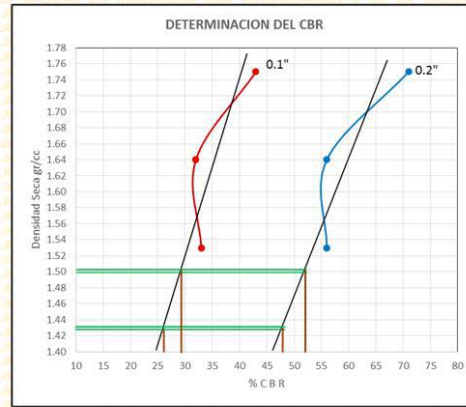
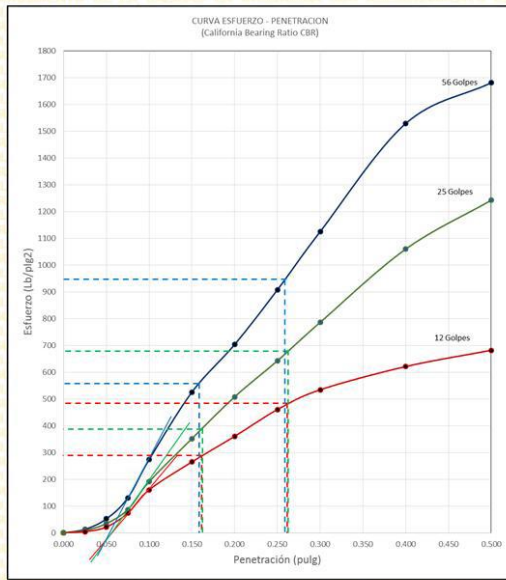
SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Silíceo Calcáreo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho - 2020.

DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + 6% DE SÍLICO CALCÁREO **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (M 1) + 6% DE SÍLICO CALCÁREO
 (ASTM D 1883 - 9 C)**



VALORES DEL CBR

CBR AL 100%	0.1"	=	28.54 %
CBR AL 95%	0.1"	=	25.75 %
CBR AL 100%	0.2"	=	47.72 %
CBR AL 95%	0.2"	=	52.11 %

Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.53	1.64	1.75
0.100	52	35	27
0.200	113	78	53

Tec: E.E.A

Rev: E.E.A



Fecha de emisión : Lima, 12 de mayo del 2021

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.

MARCO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318



Ingenieros S.A.C.
 Calle Valladolid 149
 Urb. Mayorazgo II Etapa, Ate
 Lima, Peru
 Telefono: 01-683-0473 / 683-0476
 E-mail: informes@jboingenieros.com

EXPEDIENTE N° 24021-2021-JBO

INFORME DE ENSAYO

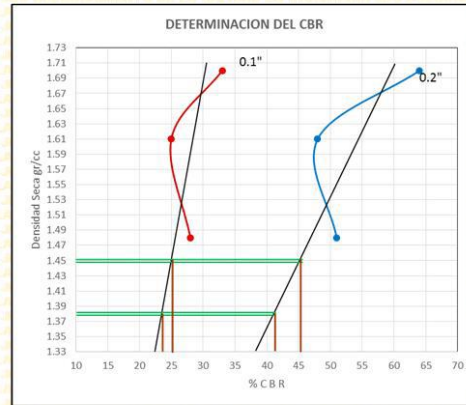
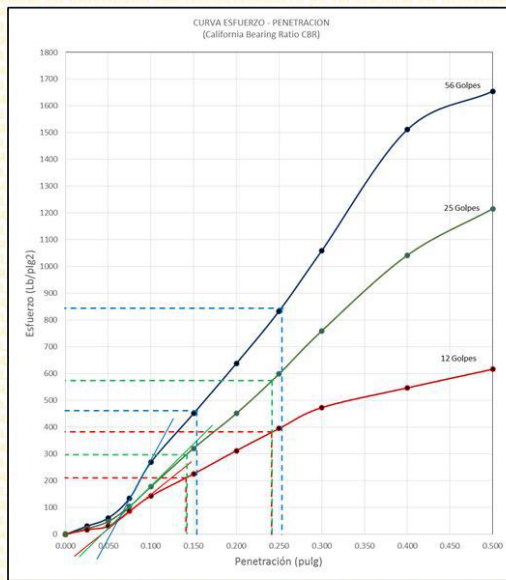
SOLICITANTE : Seguil Alvarez Sergio Alejandro **PROYECTO** : Adición Silico Calcareo reutilizado para mejorar la estabilización de Suelos Arcillosos en la Sub rasante San Rafael, Ayacucho – 2020.

DIRECCIÓN : Lima

MUESTRA : M 1 + 8% DE SÍLICO CALCÁREO **UBICACIÓN** : San Rafael, Ayacucho

FECHA DE RECEPCIÓN : 03 de mayo del 2021 **FECHA DE INICIO** : 03 de mayo del 2021

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (M 1) + 8% DE SÍLICO CALCÁREO
 (ASTM D 1883 – 9 C)



Nº GOLPES	56	25	12
g/cc	1.48	1.61	1.70
0.100	45	32	23
0.200	106	77	47

VALORES DEL CBR			
CBR AL 100%	0.1"	=	25.02 %
CBR AL 95%	0.1"	=	23.24 %
CBR AL 100%	0.2"	=	15.06 %
CBR AL 95%	0.2"	=	42.05 %

Tec: E.E.A

Fecha de emisión : Lima, 12 de mayo del 2021

Rev: M.M.F

El uso de la información contenida en este documento es responsabilidad del usuario.



MARCO ANTONIO MORENO FLORES
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 176318

Anexo 5. Certificados de calibración de equipos



SCM
Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN MAGNITUD S.A.S

Página N° 1 de 1

Informe de Verificación N° SCM LL- 0701908

INFORME DE VERIFICACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.

2. DIRECCIÓN : Calle Valladolid N° 149 Urb. Mayrazaq # Etapa. Ate.

3. EQUIPO VERIFICADO :
Codo de Abstracción y Platin
Modelo : JBO-1300M

4. PATRONES DE REFERENCIA :

PATRÓN	MARCA	MODELO	NÚMERO DE CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
Termómetro	Trocable	4347	LEP-284-2017	INACAL
Balanza	Trocable	4347	EPB-284-2017	INACAL
Platina	Upstons	No indica	TAJ-182-2017	PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

5. PROCEDIMIENTO :
La verificación se realizó comprobando los parámetros establecidos en la norma ASTM C 138.

6. RESULTADOS :
En las lecturas N° 1 y N° 2 se dan los resultados promedio de la siguiente forma:
Diámetro : 2 mediciones
Altura : 4 mediciones
La verificación está referida a las siguientes condiciones ambientales:
Temperatura : 18,7 °C Humedad : 75,9 %

7. LUGAR Y FECHA DE VERIFICACIÓN :
Sala de Suave - JBO INGENIEROS S.A.C.
Lima, 10 de Febrero del 2021

8. MEDICIONES :




Tabla N°1		
CONO DE ABRACIÓN DE ARENA (mm)		
MEDIDAS	MEDIDAS SEGÚN NORMA	MEDIDAS DE EQUIPO
0	40 ± 3	40,2
1	75 ± 3	75,5
2	90 ± 3	90,4

Tabla N°2		
PISÓN (mm)		
MEDIDAS	MEDIDAS SEGÚN NORMA	MEDIDAS DE EQUIPO
0	No indica	12,04
1	No indica	12,17
2	No indica	31,6
3	20 ± 1	25,45

Tabla N°3		
PESO DE PISÓN (gr)	310 ± 15	306,09

Lima, 11 de Febrero del 2021



JULIO REY ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
R.O. CIP N° 142858

Resolución 101 Urb. Mayrazaq # Etapa. Ate. Lima Perú
Teléfono: (511) 8813477 / 881 5476 / 878 57037, fax: 88420068, correo: jre@scm.com
e-mail: inform@scm.com@gmail.com

SERVICIOS DE CALIDAD EN MAGNITUD S.A.S



JEFFERSON FARIÑAS S.A.S



Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN INGENIERÍA S.A.S.

Informe de verificación N°: SCM/11/0001985

INFORME DE VERIFICACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
 2. DIRECCIÓN : Calle Vallesal 148 - Urb. Primavera I Etapa, Are.
 3. EQUIPO CALIBRADO :
 Copa Casagrande
 Marca : FORMET Serie : 958 Código : 30000000007

4. PATRONES DE USADOS :

PATRÓN	MARCA	MODELO	NUMERO DE CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
Termómetro	Tecovite	4247	UP-284-2017	INACAL
Barómetro	Tecovite	4247	UP-284-2017	INACAL
Pa de No	Ugostate	No indica	UL-1182-2017	PAÍSO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. PROCEDIMIENTO :
 La verificación se realizó tomando como referencia la norma ASTM D 4318 "Standard test methods for determining plastic limit and plasticity index of soils".

6. RESULTADOS :
 La base endurecida cumple con su referencia de rebote.
 En la Tabla N° 1 se dan los resultados promedio de la siguiente tabla:
 Diámetro : 3 mediciones
 Altura : 4 mediciones
 La calibración está referida a las siguientes condiciones:
 Temperatura : 19,2 °C Humedad : 66,6 % Presión : 982,8 mbar

7. MEDICIONES :

Tabla N°1
COPA CASAGRANDE (mm)

MEDIDAS	MEDIDAS DE EQUIPO	MEDIDAS DE NORMA
	128,04	128 ± 0,5
	130,04	130 ± 0,5
	91,02	91 ± 0,5
	88,02	88 ± 0,5
	28,09	27 ± 0,5
Código de serie		95

8. LUGAR Y FECHA DE VERIFICACIÓN :
 Laboratorio de calidad - JBO INGENIEROS S.A.C.
 Lima, 10 de Febrero del 2021

9. FECHA DE EMISIÓN :
 Lima, 11 de Febrero del 2021

JULIO ROY ESTRELLA ESPINOZA
 INGENIERO DE SISTEMAS
 R.U. CIP N° 140428

SERVICIO DE CALIDAD
 EN INGENIERÍA S.A.C.

 JEFFERSON FRANCISCO V.

Calle Vallesal 148 Urb. Primavera I Etapa Are. Lima Peru
 Teléfono: (011) 483 0477 / 882 0478 / 875 378787 / 875 39420880 / 875 39420880 / 875 39420880
 E-mail: info@scm.com@gmail.com



Calibración, Construcción,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN MAGISTERIO S.A.C.

"Año del Buen Servicio al Ciudadano"

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
SCM - LM 08051902**

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE	JBO INGENIEROS S.A.C.
DIRECCIÓN	Calle Valdeleón 145 Urb. Mayorga II Etapa - Lima
2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN	BALANZA
MARCA	OHRUS
MODELO	AR214
NUMERO DE SERIE	L001 107476477R
ALCANCE DE INDICACIÓN	210 g
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (g)	0.0006
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (g)	0.0005
PROCEDENCIA	USA
IDENTIFICACIÓN	JBO-201-04-03
TIPO	ELECTRÓNICA
UBICACIÓN	SALA DE QUÍMICA - JBO INGENIEROS S.A.C.
FECHA DE CALIBRACIÓN	2021-02-03
FECHA DE EXPIRACIÓN	2021-02-04

La incertidumbre asociada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición. El resultado se multiplica por la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la expresión la Expresión de la incertidumbre en la medición. Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados sólo están relacionados con los items calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reparaciones vigentes.

SCM S.A.C. no es responsable de los daños que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarada.

Este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como un indicador del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y E-FC - 011 del SMM-INDECOPI, 4a edición abril 2010.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN
SALA DE QUÍMICA - JBO INGENIEROS S.A.C.

JULIO REY ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. CP N° 142408

SERVICIOS DE CALIDAD
EN MAGISTERIO S.A.C.

INÉS MARÍA FRANCO
INGENIERA EN QUÍMICA

75-1674

Revisión: 01

Revisión: 2010

Aprobación: 2010

Calle Valdeleón 145 Urb. Mayorga II Etapa - Lima Perú
Teléfono: (011) 683-0477 / 683-0476 / 979-575787 / fax: 004208801 / rpx: 8-5716305
E-mail: info@scm-magisterio.com



Calibración, Certificación,
Inspección y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIOS DE CALIDAD EN MAGNUS S.A.C.

Página N° 1 de 2

Informe de Verificación N° SCM-LL-08051987

INFORME DE VERIFICACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
2. DIRECCIÓN : Calle Vallecillo 149 Urb. Maynezgo II Etapa, Are

3. EQUIPO VERIFICADO :

Equivalente de Arena

Marca : Fomey

Modelo : JBO-182

Código : JBO-182-EQA-01

Serie : No indica

4. PATRONES DE REFERENCIA :

PATRÓN	MARCA	MODELO	NUMERO DE CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
Barómetro	Traceable	4247	LP-284-2017	INACAL
Termogránmetro	Traceable	GMF	LP-284-2017	INACAL
Placa de ley	Ugurens	No indica	LL-1182-2017	PUNTO DE PRECISION S.A.C.
Regla metálica	Mitsumi	182-300	LLA-142-2015	INACAL

5. PROCEDIMIENTO :

La verificación se realizó comprobando los parámetros establecidos en la norma ASTM D 2419 y MTC E 114.

6. RESULTADOS :

En las tablas N°1, N°2, N°3, N°4 y N°5 se dan los resultados promedio de la siguiente forma:

Diámetro : 2 mediciones

Altura : 4 mediciones

La verificación está referida a las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura : 17.6°C

Humedad : 85.4 %

Presión : 981.4 mbar

7. LUGAR Y FECHA DE VERIFICACIÓN :

Calle de Surco - JBO INGENIEROS S.A.C.

Lima, 10 de Febrero del 2021

8. FECHA DE EMISIÓN :

Lima, 11 de Febrero del 2021

JULIO ROY ESTRELLA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. CIP N° 142428

SERVICIOS DE CALIDAD
EN MAGNUS S.A.C.

DIFERENCIA HACIENDO DIFERENCIA

Calle Vallecillo 149 Urb. Maynezgo II Etapa Are, Lima Peru
Teléfono: (511) 883 0477 / 883 0478 / 883 0479 Fax: 84038888, 8403 8889
E-mail: info@scm@gmail.com



Calibración, Certificación,
Inspección y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIOS DE CALIDAD EN MARIUTU S.A.C.

Página 1 de 2

Informe de calibración N° SCM LV-0851901

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
 2. DIRECCIÓN : Calle Valladolid 19140 Urb. Miraflores II Etapa - Are.
 3. INSTRUMENTO CALIBRADO : Pisco
 Marca : Ohaus Alcanza de Indicación : 600.0
 Modelo : No indica Identificación : 207201 R10.03

4. TRAZABILIDAD :

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad e los patrones nacionales, que reúnen las condiciones de metro de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

INSTRUMENTO	BARCA	MODELO	CERTIFICADO
Balanza	AND	FA 111N	SCM LM - 15051811
Termómetro Digital	Digitalizer	TD 2017	LT - 067 - 2016
Termoconductores	Tracktech	2017	LFP - 284 - 2017

5. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN :

Procedimiento para la Calibración de Material Volumétrico de Vidrio: PC-015 del DGM INDECOPI, Cuarta edición diciembre del 2002.

6. RESULTADOS :

En la tabla MT se presentan el volumen nominal, el volumen encontrado, la desviación, el error máximo permisible y la incertidumbre de medición.

7. CONDICIONES AMBIENTALES :

	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	16.3 °C	16.1 °C
HUMEDAD RELATIVA	77.5 %	77.5 %
PRESIÓN ATMOSFÉRICA	983.3 mbar	983.4 mbar

8. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN :

Laboratorio de Química - JBO INGENIEROS S.A.C.
Lima, 18 de Febrero del 2021

9. FECHA DE EMISIÓN :

Lima, 11 de Febrero del 2021

JULIO ROY ESTRELLA ESPINOZA
 INGENIERO DE SISTEMAS
 (E) CIP N° 142422

SERVICIOS DE CALIDAD
 EN MARIUTU S.A.C.

 JEFFERSON FRANCISCO SILVA

Calle Valladolid 191 Urb. Miraflores II Etapa Are. Lima Perú
 Teléfono: (011) 683 3477 / 683 0470 / 675 67577, fax: 94238888, web: www.jbo.com
 E-mail: inform@scm@gmail.com



Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIOS DE CALIDAD EN SISTEMAS S.A.S

Página: 5 de 7

Informe de calibración N° SCM LT 12051516

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
2. DIRECCIÓN : Calle Valladolid 145 urb. Mayorazgo II Etapa - Ato
3. EQUIPO CALIBRADO : Horno Eléctrico

Marca : FAEL Código : JBO-ER-120LT
Modelo : ER-120LT Rango de trabajo : 50 - 200 °C
Serie : 250320111 Procedencia : Perú

4. PATRÓN DE REFERENCIA :

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	SERIE	CERTIFICADO
Termohigrómetro	TRACEABLE	134	120515506	LFP-204-2017
Sensores Tipo T	DELTA DHM	1032.8	1041201	LT-775-2013
Datalogger Termopar				LT-775-2013
Regla Métrica	Mitutoyo	83-300	01 Indica	LLA-143-2015

5. RESULTADOS DE MEDICIÓN :

PUNTO DE CALIBRACIÓN : 100 °C ± 15 °C

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	111.1	0.2
Mínima Temperatura Medida	95.0	0.2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	12.0	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	5.0	1.4
Estabilidad Medida (s)	6.5	0.0
Uniformidad Medida	11.0	0.1

La Incertidumbre expandida de medición descrita en este documento es el valor de la incertidumbre estándar de medición multiplicada por un factor de cobertura $k=2$ que corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

6. PROCEDIMIENTO :

SPC-001 - SMM PC-E-01 (Edición Junio 2008)

Definición de la temperatura en distintos puntos del interior del medio isotermo con un termómetro calibrado contra las indicaciones del instrumento de medición del medio isotermo.


ALEJANDRO ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. OP N° 142498

SERVICIOS DE CALIDAD
EN SISTEMAS S.A.C

JEFFERSON HANC S.J.

Calle Valladolid 145 Urb. Mayorazgo II Etapa - Lima Peru
Teléfono: (011) 982 0477 / 982 0478 / 982 0517, fax: 982 05849, ipax: 8 870000
E: info@servicioscalidad.com



Calibración, Certificación,
Validación y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIOS DE CALIDAD EN MAGNITUD S.A.S

Página N° 1 de 3

Informe de calibración N°: SCM/LP-13051927

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
2. DIRECCIÓN : Calle Valladares N° 148 Urb. Miraflores El Estero, Are.
3. EQUIPO CALIBRADO :

PRESA

Marca : Humbolt Modelo : H1338B 2F Serie : 0920
Código : JBO-003-PMR-01 Capacidad : 19000 Lit

Indicador	Analogico	Marca	Serie
		Indicador	no tiene
		Modelo	no tiene
		Serie/Código	no tiene
		Resolución	1 kg

4. EQUIPO EMPLEADO

Celda de Carga : Indicador Digital : MCC
Marca : OAP Modelo : SCM-130TM-001-12
Serie : 55P4336 Capacidad : 100 000 kg
Tipo : ZSF-A
Capacidad : 100 000 kg

Certificado de Calibración : MF-LE 199149

5. PROCEDIMIENTO :

La verificación se realizó según el Método C de la norma ASTM E2843.
El procedimiento consistió en la aplicación de tres series de cargas referenciales. En cada serie, para los diferentes valores leídos, se repitieron las lecturas del pebón utilizado para la verificación.

6. RESULTADOS :

En la tabla N° 1 se muestran las tres series de verificación obtenidas, la serie promedio, el error absoluto y la repetibilidad.

La calibración está referida a las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura : 17,5 °C Humedad : 77,5 % Presión : 985,5 mbar

7. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN :

Lugar de Calibración : JBO INGENIEROS S.A.C.
Fecha de Calibración : 11 de Febrero del 2021

8. FECHA DE EMISIÓN :

Lima, 11 de Febrero del 2021

SERVICIOS DE CALIDAD
EN MAGNITUD S.A.S.

JHPERSON FRANCISCO VITOR

JULIO ESTRELLA PINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
Reg. COF N° 14043

Calle Valladares 148 Urb. Miraflores El Estero Are. Lima Peru
Teléfono: 011 883 5477 / 883 5478 / 911 176767 Fax: 00498888 Correo: info@scm.com.pe
E-mail: informacion@scm.com.pe



Calibración, Certificación,
Soluciones y Mantenimiento
de Equipos de Laboratorio

SERVICIO DE CALIDAD EN MANAGER S.A.C.

Página 1 de 2

Informe de calibración N° SCM.LV - 09051912

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

1. SOLICITANTE : JBO INGENIEROS S.A.C.
2. DIRECCIÓN : Calle Valladolid N°149 Urb.Mayorazgo II Etapa, Are
3. INSTRUMENTO : Probeta
- Marca : Brand Alcance de Indicación : 50 ml
- Modelo : No indica Identificación : JBO-201-PRO-02

4. TRAZABILIDAD :

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	CERTIFICADO
Balanza	AND	GF - 0100	SCM LM - 16061811
Termómetro Digital	Delta OHM	HT-2102	LT - 067 - 2014
Termohigrómetro	Typhoon	424	LFP - 284 - 2017

5. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN :

Procedimiento para la Calibración de Material Volumétrico de Vidrio, PC-015 del SNM INDECOPI, Cuarta edición diciembre del 2002

6. RESULTADOS :

En la tabla N°1 se presenta el volumen nominal, el volumen encontrado, la desviación, el error máximo permisible y la concordancia de medida.

Lima, 10 de Febrero del 2021

7. CONDICION

INDICACION	INICIAL	FINAL
Temperatura	17.2 °C	17.5 °C
Humedad Relativa	77.6 %	77.9 %
Presión Atmosférica	980.1 mbar	980.2 mbar

8. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN :

Laboratorio de Química - JBO INGENIEROS S.A.C

Lima, 11 de Febrero del 2021

JULIO REY ESTRELLA ESPINOZA
INGENIERO DE SISTEMAS
RUC: CIP N° 14549

SERVICIOS DE CALIDAD
EN MANAGER S.A.C

JEFFERSON FRANCISCO LINARES

Calle Valladolid 149 Urb. Mayorazgo II Etapa Are, Lima Peru
(011) 552 1477 / 5522 0076 / 5525 8125 / Fax: 5522 0068, 5525 8126
E: info@servicioscalidad.com

Anexo 6. Evidencias fotográficas del desarrollo de la investigación



Realización de calicata en el centro poblado San Rafael.



Realización del pesaje de la muestra. (ensayo Proctor Modificado)



Se realizo las pruebas de laboratorio, ensayo de CBR en las muestras.