

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**ESTABILIZACION DE LA SUBRASANTE
EMPLEANDO FILLER CALIZO EN
SUELOS ARENOSOS EN LA AV. LOS ALAMOS
VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023**

**Para optar el título profesional de:
ingeniero civil**

Autor:

BACH. AÑANCA ESTRADA, JIMMY ALEXANDER

Asesor:

Mg. Ninahuanca Zavala, Yina Milagro

Línea de Investigación Institucional:

Transporte y Urbanismo

Huancayo – Perú

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera

Jurado

Jurado

Jurado

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
Secretario Docente.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mis amigos, hermanos y padres a quienes agradezco por su apoyo incondicional en el proceso de elaboración de mi tesis. Siendo participes del proceso de mejora personal y apoyo en mi desarrollo profesional.

Bach. Añanca Estrada, Jimmy Alexander

AGRADECIMIENTO

Doy un agradecimiento especial a los docentes que fueron parte del proceso de formación profesional y a la UPLA institución que alberga a gran cantidad profesionales y brinda una buena calidad de educación.

Bach. Añanca Estrada, Jimmy Alexander



CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0348 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS EN LA AV. LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : Bach. AÑANCA ESTRADA JIMMY ALEXANDER

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : Mg. YINA MILAGROS NINAHUANCA ZAVALA

Fue analizado con fecha 10/10/2024; con 118 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 20 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 10 de octubre del 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE.....	v
CONTENIDO DE TABLAS.....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPITULO I.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	15
1.2. Delimitación del problema.....	16
1.2.1. Conceptual.....	16
1.2.2. Espacial.....	17
1.2.3. Temporal.....	17
1.3. Formulación del problema.....	17
1.3.1. Problema general.....	17
1.3.2. Problemas específicos.....	17
1.4. Justificación.....	17
1.4.1. Justificación teoría.....	17
1.4.2. Justificación práctica.....	18
1.4.3. Justificación Metodológica.....	18
1.5. Objetivos de la investigación.....	18
1.5.1. Objetivo general.....	18
1.5.2. Objetivos específicos.....	18
CAPÍTULO II.....	20

MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Nacionales	20
2.1.2. Internacionales	22
2.2. Bases teóricas o científicas.....	25
2.2.1. Suelo.....	25
2.2.2. Suelos arenosos	27
2.2.3. Estabilización de suelos	28
2.2.4. Proceso de estabilización del suelo para ser empleado en pavimentación.	29
2.2.5. Tipos de estabilización	30
2.2.6. Filler calizo como material cementante	32
2.2.7. Sub rasante	33
2.2.8. Propiedades a considerar en la subrasante	35
2.3. Marco conceptual	39
CAPITULO III	41
HIPOTESIS	41
3.1. Hipótesis.....	41
3.1.1. Hipótesis general	41
3.1.2. Hipótesis específicas	41
3.2. Variables.....	41
3.2.1. Definición conceptual de las variables.....	41
3.2.2. Definición operacional de variables.....	42
3.3. Operacionalización de variables.....	42
CAPITULO IV	44
METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN	44
4.1. Método de investigación	44
4.2. Tipo de investigación	44
4.3. Nivel de investigación	44

4.4.	Diseño de investigación.....	45
4.5.	Población y muestra	45
4.5.1.	Población.....	45
4.5.2.	Muestra.....	45
4.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
4.6.1.	Técnicas: Observación directa	45
4.6.2.	Instrumentos: Ficha de observación directa	46
4.6.3.	Validez del instrumento de investigación	46
4.6.3.1.	Validez.....	46
4.6.3.2.	Confiabilidad	47
4.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	48
4.7.1.	Descripción de la zona de estudio	48
4.7.2.	Estudios previos	48
4.7.2.1.	Exploración en campo.....	48
4.7.2.2.	Estudios en laboratorio.....	49
4.7.2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	51
4.8.	Aspectos éticos de la investigación.....	51
CAPITULO V		52
RESULTADOS		52
5.1.	Descripción del diseño tecnológico.....	52
5.2.	Análisis de resultados	52
5.3.	Contrastación de hipótesis.....	62
5.3.1.	Contrastación de la hipótesis específico 1.....	62
5.3.2.	Contrastación de hipótesis específico 2	63
5.3.3.	Contrastación de la hipótesis específico 3.....	65
CAPITULO VI		67
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		67
5.4.	Discusión con los antecedentes	67
CONCLUSIONES.....		70

RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBIOGRAFICAS.....	72
ANEXO	75
ANEXO 1: Matriz de consistencia.....	75
ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables.....	78
ANEXO 3: Matriz de operacionalización del instrumento.....	80
ANEXO 4: Validación Del Instrumento Por Alfa De Crombach	83
ANEXO 5: Certificados de Laboratorio.....	91
ANEXO 6: Panel fotográfico.....	110

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Material granular en función a las dimensiones de sus partículas ASTM D422	26
Tabla 2. Diferencias entre suelos grueso y finos	27
Tabla 3. Casos de problemas y solución de estabilización del suelo arenoso común.	29
Tabla 4. CBR adecuado según categoría de subrasante	33
Tabla 5. Intervalo de validez y magnitud de análisis	46
Tabla 6. Validez de los instrumentos por evaluación de expertos	47
Tabla 7. Análisis y evaluación del intervalo de confiabilidad	47
Tabla 8. Evaluación de la confiabilidad de acuerdo al Alfa de Cronbach	48
Tabla 10. Ensayos de Mecánica de Suelos	49
Tabla 11. Clasificación de suelos de las muestras inalteradas	49
Tabla 12. Contenido de humedad y límites de Atterberg de la muestras natural	50
Tabla 13. Proctor modificado de la muestra control	50
Tabla 14. Valor de CBR de la muestra control	50
Tabla 15. Valores de densidad seca de la muestra control y muestras experimentales	53
Tabla 16. Resultados del valor de soporte de la muestra control y las muestras con filler calizo	56
Tabla 17. Módulo de resiliencia adicionando cenizas de tallos de banano (CTB) y yeso (Y) ...	59

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Realidad problemática con presencia de suelos arenosos	16
Figura 2: Elemento del suelo en estado natural y modelo trifásico	26
Figura 3. Vista de presencia de material arenoso Av. Los Alamos, villa el salvador.....	28
Figura 4. Estabilización de suelos con fines de pavimentación.....	30
Figura 5. Reducción de vacíos y compactación de material por un proceso mecánico	31
Figura 6. Filler calizo.....	33
Figura 7. Cuantía de calicatas necesarias para el muestreo en función a la clasificación de via.	34
Figura 8. Herramientas empleadas de forma manual para la obtención de LL	36
Figura 9. Carta de evaluación de plasticidad	37
Figura 10. Herramienta para realizar la prueba de Proctor (Molde de 4”)	38
Figura 11. Molde de CBR.....	39
Figura 12. Densidad seca de la muestra control y muestras con filler calizo	54
Figura 13. Humedad optima de la muestra control y muestras con filler calizo	55
Figura 14. Síntesis del valor de soporte al 95% de máxima densidad seca.	57
Figura 15. Síntesis del valor de soporte al 95% de máxima densidad seca.	58
Figura 16. Síntesis del módulo de resiliencia.	60
Figura 17. Síntesis del comportamiento de los suelos arenosos con la adición de filler calizo...	61
Figura 18. Prueba de Normalidad- Máxima densidad seca	63
Figura 19. Prueba del Anova de un factor – MDS.....	63
Figura 20. Prueba de Normalidad-Valor de soporte	64
Figura 21. Prueba del Anova de un factor	64
Figura 22. Prueba de Normalidad-Modulo resiliente	65
Figura 23. Prueba del Anova de un factor	66

RESUMEN

En la presente tesis se tuvo como como problema general: ¿Cuál es la mejora en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?, y como objetivo general se tuvo: Evaluar la mejora en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023, y como hipótesis general se tuvo: La estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos varía significativamente en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023. el método de la investigación es científico, de tipo de investigación aplicada, con un nivel explicativa, diseño experimental, La finalidad de la tesis pretende que los resultados obtenidos en la comparación de los suelos con arena adicionando filler calizo, amplíen los avances en la ingeniería, asimismo como resultados se obtuvo que la densidad seca del suelo se modificó de 1.625 g/cm² (M1) control hasta 1.661 g/cm², 1.705 g/cm², 1.746 g/cm², 1.751 g/cm² muestras experimentales de la misma forma en la capacidad de soporte los valores de mejora fueron de 3.5% hasta 15.3%, y finalmente en el módulo de resiliencia se obtuvo variaciones de 5696.3 psi hasta 11454.4 psi. Finalmente se concluye que a mayor porcentaje de adición de filler calizo mayor son las propiedades mecánicas del suelo con arena, por lo que al transmitir las cargas de los vehículos tendrá un mejor desempeño.

Palabras claves: Valor de soporte, suelo arenoso, módulo de resiliencia, Subrasante.

ABSTRACT

In this thesis the general problem was: What is the improvement in the stabilization of the subgrade using limestone filler in sandy soils on Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?, and the general objective was: Evaluate the improvement in the stabilization of the subgrade using limestone filler in sandy soils on Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023, and as a general hypothesis it was: The stabilization of the subgrade using limestone filler in sandy soils varies significantly in Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023. The research method is scientific, applied research type, with an explanatory level, experimental design. The purpose of the thesis is that the results obtained in the comparison of soils with sand adding limestone filler, amplify the advances in engineering. Likewise, as results, it was obtained that the dry density of the soil was modified from 1,625 g/cm³ (M1) control to 1,661 g/cm³, 1,705 g/cm³, 1,746 g/cm³, 1,751 g/cm³ experimental samples in the same way in The support capacity, the improvement values were from 3.5% to 15.3%, and finally in the resilience module, variations from 5696.3 psi to 11454.4 psi were obtained. Finally, it is concluded that a higher percentage of limestone filler addition, the greater the mechanical properties of the soil with sand, so when transmitting the loads of the vehicles it will have better performance.

Keywords: Support value, sandy soil, resilience modulus, Subgrade.

INTRODUCCIÓN

Dentro de un contexto mundial la expansión de vías terrestres ha generado un mayor desarrollo a las comunidades y aumenta la comunicación entre las ciudades esa así que esta fuente de comunicación es sumamente importante por lo que garantizar la seguridad estructural siendo necesario que las propiedades del suelo donde se construye deben presentar características óptimas para asegurar su buena vida útil. Sin embargo, por una variación de zona geográfica, clima, humedad, etc. hay una gran diversidad de tipos de suelo con baja capacidad portante siendo necesario el proceso de estabilización el suelo para mejorar estas propiedades.

Por otro lado se busca materiales con propiedades resistentes que puedan mejorar los tratamientos convencionales en el mejoramiento de suelos ya que con esto existe el riesgo de que las estructuras de pavimentación pueda sufrir un colapso en pocos años de periodo de servicio, por ello se opta por realizar una estabilización de suelos arenosos usando el filler calizo ya que el filler calizo presenta propiedades puzolánicas al igual que el cemento, carbonato de calcio y contenido de arcilla, al ser originario de minerales naturales estas podrían dar capacidad de soporte en la subrasante.

La tesis con título: “Estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Álamos Villa el Salvador, Lima-2023” busca optimizar las características mecánicas y físicas del suelo tipo arenoso con el uso del filler calizo para lograr una adecuada humedad óptima y con esto buena compactación en la subrasante, se usa el filler calizo porque está compuesto por carbonato de calcio y arcilla.

En el proceso de desarrollo se fijó como objetivo: Evaluar la mejora que se produce en el proceso de estabilización de subrasante al emplear filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023, donde se emplea metodología presenta un tipo de exploración aplicada, nivel básica - correlacional y explicativa, diseño es cuasi experimental.

- **El capítulo I:** En este acápite se presentan un análisis de la situación actual mostrando una descripción del problema, se realizó una delimitación de la investigación, así como una descripción de la justificación.
- **El capítulo II:** En este acápite se realiza un desarrollo conceptual, antecedentes que Gian la investigación, se muestra el marco conceptual que rige la

investigación.

- **El capítulo III:** Se presentan las hipótesis y un análisis conceptual y una definición de variables, así como el proceso de operacionalización de variables que intervienen en la investigación.
- **El capítulo IV:** Se muestra la metodología que rige la investigación y mediante la cual se llegó a los resultados que se requieren, se describe el alcance de la muestra y la población, se realiza un análisis de las técnicas empleadas para el desarrollo y obtención de datos necesarios para la investigación.
- **El capítulo V:** Se describen los resultados de acuerdo a los objetivos obtenidos, así como el análisis estadístico.
- **El capítulo VI:** Se realizó una descripción de resultados en función a los antecedentes y se contrastó con los resultados obtenidos. Conclusiones y recomendaciones así como los anexos que apoyaron en el desarrollo.

Bach. Añanca Estrada, Jimmy Alexander

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática.

A nivel Internacional, según considera (Hossne, 2014) el suelo se tipo arenoso es un material reconocido por su falta de capacidad de ser expansivo ser un buen drenante y no se expande al estar en contacto con el agua. Este tipo de suelo no muestra venas propiedades para ser empleado como material débase o sub base.

En el Perú, según indica (Requejo, 2020) “existen gran cantidad de zonas con presencia de suelos arenosos y estos producen problemas geotécnicos, por la baja cohesión que tienen pueden llegar a en ocasionar desastres de subbases de carreteras, terraplenes,” el filler aplicadas para estabilizar la sub-rasante de suelo débiles que no cumplen las características adecuadas mejorando la capacidad portante, mejorando su valor CBR.

Este es el motivo por el que el filler se considera un buen elemento para el proceso de estabilización para intensificar sus características mecánicas y físicas produciendo un gran veneficio en la etapa de construcción del proyecto.

En la actualidad, en la Avenida Los Álamos, Villa El Salvador, que abarca desde el kilómetro 01+823 hasta el kilómetro 01+600 en la ciudad de Lima, se identifica la presencia de suelos arenosos. Estos suelos muestran valores de soporte insuficientes, con un CBR inferior al 3%, de acuerdo con la EG-2018 “Manuel de Carreteras, sección suelos y pavimentos”. Además, se observa que carecen de plasticidad, lo que se convierte en un problema, ya que esto resulta en una baja capacidad de acumulación o retención de agua. Esta situación influye en la erosión

del terreno y también afecta la compactación, al no lograrse una humedad óptima.

De la misma forma en la Av. Los Álamos Villa el Salvador debido que estos materiales (suelos arenosos) son sueltos se aprecia que para contener estos suelos arenosos se realizó un muro de contención, por ello en la presente investigación se opta por realizar una estabilización de estos suelos arenosos con el filler calizo con el fin de obtener una capacidad de soporte buena en la subrasante. Ya que el filler está compuesto por arcilla y carbonato de calcio de la misma forma esta compuestos por minerales naturales por lo que nos da un pronóstico, para lograr mejorar la cohesión y la compactación idónea, por ello teniendo un panorama más amplio para dar solución al problema identificado del suelo geotécnicamente inestable, en la presente investigación se busca dar a conocer las propiedades geotécnicas de suelo arenoso empleando filler calizo, por ello para tener un amplio conocimiento se dosificó el filler calizo en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, cuyo análisis consistió en evaluar el porcentaje de mejora que genera en la capacidad de soporte de la subrasante el uso del el filler calizo en la Av. Los Álamos, Villa el Salvador.



Figura 1. Realidad problemática con presencia de suelos arenosos en la Av. Los Álamos, Villa el Salvador, Lima
Nota: Elaboración propia

1.2. Delimitación del problema

1.2.1. Conceptual

La tesis se enfocó al rubro de la ingeniería en el área de transporte para

brindando conocimiento sobre la posible solución para estabilizar y mejorar el comportamiento de suelos arenosos, analizados mediante ensayos en el área de laboratorio.

1.2.2. Espacial

La investigación geotécnica de la tesis se realizó en la Av. Los Álamos Villa el Salvador, Lima – 2023, cuyas pruebas fueron realizadas en el Laboratorio “MAPID”

1.2.3. Temporal

El proceso de investigación fue llevado a cabo desde el periodo 2022 – noviembre del año 2023.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es la mejora en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuánto es la mejora de la densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?
- ¿Cuánto es la mejora en el valor de soporte en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?
- ¿Qué mejora hay en el módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teoría

La tesis durante el proceso de investigación aplico el proceso de mezcla de material para lograr un mejor comportamiento del suelo arenosos con la participación de filler calizo empleando técnicas para aumentar la

capacidad de soporte y mejora en la cohesión empleando ciertas proporciones del filler calizo hasta encontrar valores máximos en la resistencia a la acción mecánica del suelo arenoso.

1.4.2. Justificación práctica

Las estrategias principales en el desarrollo de esta investigación se tiene la delimitación del tema que está relacionado a la correcta revisión teórica, afirmando los entendimientos de los puntos más importantes de la evaluación del comportamiento físico y mecánico de las muestras de suelo arenoso con adición de filler calizo a nivel de la subrasante.

1.4.3. Justificación Metodológica

La indagación llevo a cabo diferentes pasos desde el reconocimiento de todas las características del filler calizo y asimismo se realizó la clasificación de suelos para seguidamente evaluar las características físicas y mecánicas del suelo arenoso con las cuatro dosis del filler calizo buscando encontrar las proporciones más adecuadas para alcanzar las resistencias máximas en el suelo arenoso.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Evaluar la mejora en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

1.5.2. Objetivos específicos

- Evaluar la mejora de la densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.
- Evaluar la mejora del valor de soporte en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

- Determinar la mejora en el módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Nacionales

Aguilar y Cárdenas (2023) en su tesis titulado “Uso del silicato de sódico en subrasantes de suelo arenoso en el sur de Chorrillos” fijo como **objetivo:** Determinar la proporción de silicato de sodio que logra una óptima capacidad de soporte se una subrasante arenosa, empleo como **metodología:** El método científico, al dar una soluciona problemas reales es de tipo aplicada, obteniendo como **resultado:** En resumen, se demostró que el CBR del suelo estabilizado superara el 37% que se consideró un Suelo Bueno, evidentemente en las dosificaciones determinadas en el análisis de la muestra obtenida en el laboratorio. Esto quiere decir que el valor subió en un 5.5% dejando de ser 42.2% o Suelo Incompetente a ser 47.7% o Suelo Bueno. **Concluyendo** que según las dosificaciones que se aplicaron en las muestras dieron éxito al CBR y tuvo un efecto a estabilizarse en un rango de 4% a 10%, que son las dosificaciones apropiadas del Silicato a añadir según los CBR obtenidos en nuestros estudios.

Requejo (2020) analizo su tesis de pregrado **titulado:** “Oriza sativa (arroz) en la optimización de capacidad de soporte de la subrasante, pueblo joven las dunas – Lambayeque - Perú 2019”, fijo como **principal objetivo:** Analizar el

comportamiento de las características del suelo arenoso al emplear oriza sativa, empleo la **metodología:** Al realizar proceso de recolección de muestras y llevar a cabo ensayos se consideró como un diseño experimental, obtuvo el **resultado:** La resistencia del suelo arenoso se incrementó de 28.6% hasta 28.8% con 3% de cenizas, con 5% de cenizas la resistencia se incrementó hasta 29.7% asimismo el módulo resiliente varía entre 8042 psi hasta 19818 psi, finalmente con 7% de cenizas la resistencia se incrementó hasta 30.2% finalmente **concluyó:** que Propiedades mecánicas del suelo arenoso natural obtenido en el Pueblo Joven Las Dunas se evaluaron a través de los ensayos de Proctor Modificado y CBR. La máxima densidad seca fue de 1.690 g/cm³ y CBR de 22.47 %.

Corrales (2021) expuso la investigación con **título:** “Proceso de estabilización de subrasantes empleando cenizas de tallos de plátano tropical, avenida Manu, Madre de Dios 2021”, fijó como principal **objetivo:** Identificar el comportamiento de subrasante en suelos de áreas tropicales empleando restos calcinados de tallo de banana, empleo una **metodología:** Al pasar por un proceso de preparación de ceniza y aplicación en las muestras se llevó a cabo una investigación cuasi experimental, obtuvo como **resultados** siguientes: La plasticidad disminuyó del 7.80% al 5.9% cuando se añadió un 3% de ceniza de tallo de plátano. La compacidad también disminuyó de 1.58 g/cm³ a 1.574 g/cm³ con la incorporación de un 5% de ceniza de tallo de plátano. Por otro lado, el CBR estaba en el 3.9% antes y mejoró al 8.3% con la adición del 7% de ceniza de tallos de plátano. Aparte de eso, el módulo resiliente se redujo de 6104.8 psi a 9899.2 psi con un 7% de ceniza de tallo de plátano. En **Conclusion:** la adición de ceniza de tallos baldíos de plátanos a la subrasante estabilizada de ceniza residual afligida.

Encalada (2020) en su tesis **titulado:** “Aplicación de cenizas volantes de carbón y cal para mejorar la estabilización de suelos arenosos en la ciudad Pachacútec, Ventanilla, Callao” donde fijó como **objetivo:** Evaluar la interacción entre la ceniza volante y el suelo arenoso como material para subrasantes, empleo como metodología: El procesamiento del carbón para la obtención de ceniza, seguido de una caracterización de la granulometría y sus propiedades en un enfoque cuasi experimental, obtuvo como **resultado:** en la muestra del suelo natural obtuvo valores de CBR de 34.9%, 22.2%, 13.6% y en las muestras con mezcla de 5% de

cal el CBR se incrementó hasta 44.8%, 38.5%, 16.6%, con 10% de incremento hasta 51.2%, 32.2%, 14.9%, con 15% de cal la CBR se incrementó hasta 56.8%, 38.5%, 17.6% , con cenizas volantes el CBR aumento hasta 42.6%, 32.5%, 14.5%, con 10% de cenizas volantes el CBR incremento hasta 52.1%, 40.2%, 13.5%, con 15% de cenizas volantes los valores de CBR aumento hasta 55.4%, 36.5%, 19.9%, finalmente **concluyo:** Al adicionar los dos materiales mencionados anteriormente, la resistencia del suelo natural antigua de 1.36 kg/cm² obtuvo un considerable aumento. Al integrar el polvillo de piedra y la cal en porcentajes de 5, 10 y 15 %, se lograron resistencias de 1.36, 2.29 y 2.62 kg/cm² respectivamente. Por el lado de la vía C.V.C., al emplear los mismos porcentajes de 5, 10 y 15 %, se alcanzaron resistencias de 2.11, 2.37 y 2.64 kg/cm². Por tanto, la resistencia del suelo natural se mejoró considerablemente.

Wuelmer (2020) en su investigación de pregrado **titulado:** "Impacto de la adición de cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas", presento como **objetivo:** El objetivo fue analizar el impacto de la incorporación de cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas mediante una **metodología** de investigación cuantitativa, experimental y controlada en laboratorio. Los **resultados** obtenidos mostraron que en la prueba sumergida, la muestra SN (100% suelo natural) tuvo un CBR del 39%, mientras que en la muestra SCZ 1 (91% suelo, 4% cemento, 5% ceniza) el CBR sumergido alcanzó el 148%. Para SCZ 2 (86% suelo, 4% cemento, 10% ceniza), el CBR fue de 120%, y para SCZ 3 (81% suelo, 4% cemento, 15% ceniza) fue de 62%. En las pruebas no sumergidas, los valores de CBR fueron 45%, 213%, 133% y 69%, respectivamente. Finalmente, se **concluyó** que un 5% de ceniza en suelo arenoso, combinado con un 4% de cemento, ofrece la mayor capacidad de soporte en comparación con el suelo natural. A medida que se aumenta la cantidad de ceniza hasta un 15%, el CBR de la mezcla disminuye en comparación con la mezcla con 5% de ceniza, aunque sigue siendo superior al del suelo natural (39%).

2.1.2. Internacionales

Cardona, Gimenes y Ospina (2023) en su artículo de revista **titulado:** “Revisión del estado actual del conocimiento, técnicas de mejora y estabilización aplicadas a rellenos antrópicos.” el **objetivo** de la investigación

fue relacionar las diversas técnicas empleadas para la estabilización y mejoramiento de suelos clasificados como rellenos antrópicos no controlados. Para ello, se utilizó una **metodología** basada en la revisión bibliográfica de las técnicas actuales de mejoramiento y estabilización aplicadas a nivel mundial. Esto permitió analizar cada uno de los procedimientos utilizados, con el fin de entender los procesos y tecnologías que podrían implementarse en los lugares que lo requirieran. Como **conclusión**, se determinó que las técnicas de Jet Grouting y Columnas de Grava son las que ofrecen un mejor comportamiento en la interacción suelo-estructura, además de representar ventajas técnicas, económicas y constructivas en comparación con cimentaciones profundas, ya que garantizan un aumento en la resistencia del suelo, una disminución de asentamientos y, dependiendo del material utilizado, un incremento en la permeabilidad.

Alarcón y otros (2020) menciona en su artículo científico titulado “Stabilization of soils through the use of oily sludge”, estableció como **objetivo** analizar la viabilidad de utilizar lodo aceitoso como agente estabilizante para materiales granulares y suelos de subrasante, con el fin de mejorar sus propiedades de resistencia y plasticidad, además de aprovechar los residuos generados por la extracción de petróleo. La **metodología** empleada incluyó una revisión bibliográfica, caracterización de materiales, realización de estabilizaciones y análisis de resultados. Como **resultado**, se observó que el índice de plasticidad disminuía a medida que se añadía lodo al material de subrasante hasta un 6%; con un 8% de lodo, el efecto fue nulo y el material mostró la misma plasticidad que el no tratado. En cuanto a la ascensión capilar en las probetas estabilizadas, esta fue inexistente, mientras que en las probetas del material original sí se presentó. En el ensayo de estabilidad hídrica, se encontró que tras 5 minutos de inmersión no hubo cambios en las probetas; sin embargo, después de 20 días de inmersión, las briquetas con 2% y 4% de lodo mostraron cierto grado de saturación sin colapso ni desprendimiento del material, mientras que las briquetas con 6% y 8% no presentaron cambios. Se **concluyó** que el porcentaje óptimo de lodo aceitoso recomendado para estabilizar el material granular tipo afirmado es del 6%, lo que aumenta el

módulo resiliente en un 40% en comparación con el material granular sin tratar. Además, se determinó que un 4% de lodo aceitoso para tratar la subrasante logra un incremento en la resistencia del 37% respecto a la subrasante natural.

Céspedes (2019) presentó una tesis de pregrado **titulada:** "Estabilización de un suelo arenoso con emulsión asfáltica", cuyo **objetivo** principal fue mejorar las propiedades mecánicas del suelo arenoso proveniente del río Pirai mediante estabilización con emulsión asfáltica para su uso como subbase. La investigación siguió una **metodología** cuantitativa, obteniendo **resultados** como un CBR del suelo natural de 34.4%. Al aplicar el ensayo Marshall en las muestras experimentales, la estabilidad aumentó a 704.9, 667.2 y 802.2. Se **concluyó** que el CBR del suelo natural, al ser de 34.4%, indica que es una subbase adecuada, con un coeficiente de aporte estructural de 0.114.

Noriega y Vives(2022) expusieron su artículo científico como parte de los avances en la investigación en ingeniería **titulado:** "Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento". El **objetivo** fue evaluar los materiales estabilizadores mediante ensayos de corte directo y asentamiento, utilizando una **metodología** de investigación descriptiva y comparativa. Los **resultados** mostraron que la estabilización de suelos arcillosos y arenosos tiene la ventaja de mejorar la plasticidad de los suelos blandos, incrementando la resistencia a la compactación hasta en un 60%, además de aumentar significativamente la cohesión del suelo y ofrecer una ligera mejora en el ángulo de fricción interna. Se **concluyó** que el uso de cal puede mejorar la resistencia a la compactación en ese porcentaje, pero que el yeso sintético junto con NaCl no contribuye a mejorar la capacidad de soporte ni la compresibilidad del suelo.

Cañar (2019) en su tesis **titulada:** "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con ceniza de carbón", fijó como **objetivo** evaluar los resultados de resistencia al corte entre suelos arenosos finos y arcillosos, así como el comportamiento mecánico de las estabilizaciones de estos suelos con cenizas de carbón, con el fin de determinar las mejores condiciones para su uso. Empleó una **metodología** de nivel exploratorio, con un enfoque descriptivo, explicativo

y experimental. Como **resultado**, encontró que en el suelo natural el valor de CBR era del 15.60%, pero al añadir un 20% de ceniza, el valor del CBR se incrementó a 18.70%; con un 23% de ceniza, el CBR aumentó a 19.00%; y con un 25% de ceniza, el CBR subió a 19.60%. Finalmente, **concluyó** que la adición de cenizas de carbón influye favorablemente en suelos expansivos, como la arcilla, formando una masa más compacta, lo que incrementa el grado de compactación y, por ende, mejora tanto el CBR como la resistencia al corte.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Suelo

Lambe y Whitman (2012) define” como un material que se emplea en las construcciones por ello cuando un ingeniero emplea para cualquier proyecto debe seleccionar el tipo de suelo adecuado y emplear su método de colocación en la obra cumplimiento los estándares de la normativa. La parte esencial de la tarea del ingeniero es cerciorarse que los materiales colocados correspondan a las supuestas del proyecto caso contrario se pasa a modificar el proyecto durante la construcción considerando algunas diferencias entras las propiedades de la obra construida y las que se consideraron en el proyecto.

Como señalo (Anticon Castro, 2020 p. 7) “En la rama de Ingeniería Civil, se considera a los sedimentos que no se encuentran consolidados de las partículas sólidas, todo ello producto de alteraciones como suelos transportados por el agua, rocas, vientos u otros ayudados por la fuerza de la gravedad. También el suelo se considera como un cuerpo heterogéneo natural”

- **Problemas especiales en la ingeniería de suelos.**

Diversos tipos de suelos granulares suelen ser compactados con facilidad mediante procesos de vibración. Pero hay casos en los que se sufren de asentamiento en las estructuras que sen encuentran sobre estos. (Lambe, y otros, 2012 p. 26)

Todos los proyectos de construcción se apoyan en el suelo y tambien se utilizan como un material de constrección en infraestructuras commo diques, terraplenoes, presas de tierra, carreteras, sin embargo se debe tener en cuenta que no todos los terrenos muestran un buen comportamiento durante el proceso de construccion lo que viene relacionado con la

zonificación en la que se encuentra, su composición, el ambiente. Es por ello que existe una serie de suelos que se necesita hacer un estudio a mayor enfoque al momento de proyectar una infraestructura sobre ese terreno ya que estos a la largo pueden generar diversas problemáticas como un cambio de volumen o una insuficiente capacidad de disipar cargas.

Hay tres componentes que ayudan en la definición del comportamiento físico del suelo que nos ayudan a remplazarlo.

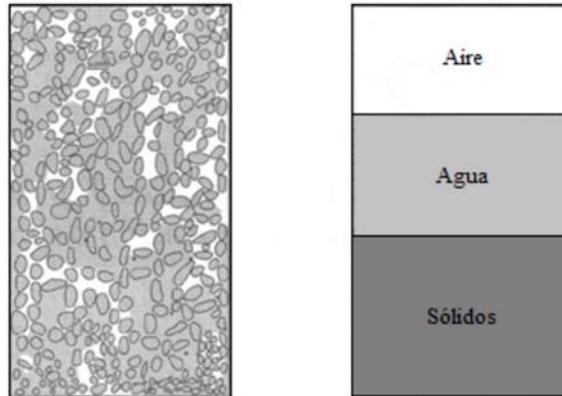


Figura 2: Elemento del suelo en estado natural y modelo trifásico
Nota: (Zapata, 2018)

- **Clasificación de suelos**

En función a la dimensión del tamaño de las partículas el tipo de suelo es: grava, arena, arcilla y limo.

De acuerdo con las normativas, se muestra una clasificación de suelo en función al tamaño de partículas y los componentes.

Tabla 1. Material granular en función a las dimensiones de sus partículas ASTM D422

Tipo de Material	Tamaño de las partículas
Grava	75 mm - 2 mm
Arena	Arena gruesa: 2 mm - 0.2 mm Arena fina: 0.2 mm - 0.05 mm
Limo	0.05 mm - 0.005 mm
Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota: Tomado de (MTC, 2013) Biblioteca Nacional del Perú. Pg.27.Lima 2014

Tabla 2. Diferencias entre suelos grueso y finos

SUELOS GRUESOS (>1mm)	SUELOS FINOS (<1mm)
Sus partículas componentes son visibles a simple vista	Sus partículas componentes no son visibles a simple vista
La forma de las partículas puede ser angular o redondeada	La forma de las partículas puede ser laminar, angular o redondeada
No poseen minerales arcillosos	Pueden poseer minerales arcillosos
Suelos no cohesivos	Suelos cohesivos
Muy alta permeabilidad: $k > 10^{-2} \text{ cm/seg}$	Permeabilidad: Alta (arenas finas), media a baja (limos), muy baja o nula (arcillas) $k < 10^{-2} \text{ cm/seg}$
El tamaño de los vacíos es mayor, pero el volumen total de vacíos es menor: $e < 0,85$	El tamaño de los vacíos es menor, pero el volumen total de vacíos es mayor: arcilla blanda $e > 1,2$; montmorillonita $e > 5$
Si se aplica una sobrecarga importante, el asentamiento del suelo es instantáneo	Si se aplica una sobrecarga importante, se tienen asentamientos diferidos en el tiempo

Nota: (Zapata, 2018)

2.2.2. Suelos arenosos

“Estos suelos son provenientes de erosión de rocas que son depositados en el interior de la tierra y también de las renas de la playa lo cual para hacer su tratamiento requiere un tratamiento espacial si se quiere cimentar una estructura sobre ella, los a suelos arenosos proporciones de sales y materia orgánica, estas también pueden ser de origen volcánico y son encontradas en zonas aledañas a los volcanes su color es negro” (Cañar Tiviano, 2017 p. 6).

El material arenoso se caracteriza por la presencia de elementos de (0,05 a 2 milímetros), el material limoso mediano (0,002 a 0,05 mm).



Figura 3. Vista de presencia de material arenoso Av. Los Alamos, villa el salvador.
Nota: Elaboración propia

Características de los suelos arenosos

- Como una diferencia del material arcillosos, la arena al estar en contacto con el agua no cambia de volumen. Nos es capas de retener el agua y funciona como un drenante.

2.2.3. Estabilización de suelos

Según el autor (Hernández, 2021) cuando hablamos de estabilización de suelos el principal objetivo se trata de lograr una mejora en el tipo de suelo que se encuentra en el terreno que se va construir una infraestructura logrando obtener una base y subbase resistente y sólida. A nivel mundial la técnica de la estabilización de suelos se convirtió en parte del proceso constructivo con el fin de asegurar el buen trabajo de los materiales y buen desempeño de las obras tanto en infraestructuras viales y edificaciones. En el pasado, la estabilización de suelos se enfocaba en compactar el terreno, principalmente utilizando métodos para suelos arcillosos y productos como cemento y cal. Sin embargo, gracias a los avances tecnológicos, hoy contamos con una variedad de métodos que emplean materiales tanto naturales como industriales. Entre ellos se destacan alternativas ecológicas, como enzimas, biopolímeros y polímeros sintéticos, así como estabilizadores iónicos y refuerzos de fibra. Además, la tecnología ha permitido la incorporación de aditivos no convencionales, como productos a base de polímeros, copolímeros y cloruro de calcio, ampliando así las opciones para

estabilizar el suelo de manera más eficiente y sostenible.

- El proceso de estabilización es empleado para mejorar las características del suelo, un método para evaluar es el % de CBR, como segundo objetivo se busca un material que tenga la capacidad de drenar el agua y evite la retención para no generar efecto de congelamiento en climas fríos y los cambios de volumen. (Jaime, 2021)

Tabla 3. Casos de problemas y solución de estabilización del suelo arenoso común.

Tipo de suelos	Problemas y medios de estabilización usuales
Suelos arenosos	Cuando la granulometría llega a ser uniforme puede convenir la estabilización mediante la mezcla de otros suelos, en tanto las arenas llegan a mejorar sus características mediante la adición de cemento, asfalto y polímeros.
Suelos limosos con algo de arcilla	Uno de los métodos más fáciles y eficaces es la compactación
Suelos limosos con poca o sin presencia de arcilla	No encontramos tratamientos económicos
Suelos arcillosos agrietados	Responde muy bien a la estabilización con cal
Suelos arcillosos de textura abierta y agrietados	Responde muy bien a la compactación
Arcillas suaves	Susceptible a la estabilización con cal

Nota: (Jaime Hernández, 2021)

2.2.4. Proceso de estabilización del suelo para ser empleado en pavimentación

El suelo necesita ser estabilizado porque tiende a deformarse bajo la presión de los vehículos, y es esencial que tenga una resistencia adecuada que cumpla con los estándares establecidos. Esta resistencia no debe caer por debajo de los valores requeridos para las cargas que deberá soportar. Es importante destacar que, especialmente en ciertos tipos de suelo, su resistencia puede variar considerablemente según la cantidad de agua que contenga. Al estabilizar el suelo, el objetivo es mantener el contenido de agua dentro de límites muy ajustados y asegurar que tenga una alta resistencia para soportar el peso de los vehículos que lo

atravesan. Por ello, se busca mejorar las condiciones de suelos inestables o con baja cohesión para garantizar un desempeño óptimo.(Anticona, 2020)



Figura 4. Estabilización de suelos con fines de pavimentación
Nota: (Anticona, 2020)

- **Ventajas y desventajas de la estabilización entre métodos tradicionales y métodos químicos**

Según la revista informador técnico (2020) Las principales ventajas de estabilizar suelos utilizando métodos tradicionales son que son aplicables a cualquier tipo de suelo, siendo el cemento Portland (OPC) y la cal los materiales más comunes. Una de las ventajas más destacadas es que el suelo aumenta su resistencia de manera rápida y su durabilidad es superior. Además, al mejorar el suelo, se puede reducir el grosor de las capas en las estructuras de pavimento, lo que contribuye a disminuir los costos del proyecto. Tanto el OPC como la cal son materiales accesibles y ampliamente disponibles, y su composición química es bastante variable, ya que sus procesos de producción están bien desarrollados y controlados.

Como desventaja de la estabilización química se tiene que estas generan un impacto ambiental negativo al realizar su producción en la fábrica y de la misma forma por el costo de su fabricación donde se tiene conocimiento que la industria de producción de OPC genera aproximadamente del 5 - 8 % del total las emisiones mundiales de CO₂ (2020 p. 15)

2.2.5. Tipos de estabilización

El objetivo principal de la estabilización de suelos es mejorar sus

propiedades físicas y mecánicas, logrando que las partículas se unan mejor, reduciendo los espacios vacíos y asegurando un nivel adecuado de humedad. Una estabilización efectiva se traduce en una buena respuesta y estabilidad ante las cargas, así como en mínimas variaciones en el volumen del suelo. Para alcanzar este objetivo, se emplean diferentes métodos, cada uno con su propio nivel de eficacia y costos asociados para su implementación. (Sánchez, y otros, 2018).

a) Estabilización mecánica

Este método de estabilización se centra en mejorar el material existente sin alterar su composición ni su estructura básica. Para lograr la estabilización mecánica, se lleva a cabo un proceso de compactación que reduce los espacios vacíos y convierte el material en algo más denso. Se considera uno de los métodos más utilizados y antiguos, ya que consiste en aumentar la densidad del suelo al mezclarlo con agua y pasar un rodillo sobre él. Esto resulta en una disminución de la relación de vacíos, lo que reduce la filtración de agua y aumenta la fricción interna, lo que a su vez incrementa la resistencia del suelo. Villegas (2018 p.29)



Figura 5. Reducción de vacíos y compactación de material por un proceso mecánico

Nota: (Anticona, 2020)

b) Estabilización química

Esta técnica se basa en el uso de compuestos químicos para mejorar las características mecánicas y físicas del suelo. Estos productos provocan la sustitución de iones metálicos y modifican la estructura del suelo, lo que reduce su plasticidad y aumenta su resistencia ante cargas y el tránsito de vehículos. Para aplicar este método, es fundamental

considerar el tipo de suelo que se desea estabilizar, ya que cada aditivo químico funciona mejor en determinadas condiciones y bajo ciertos requerimientos. El objetivo principal de usar un estabilizador químico es mejorar la respuesta del suelo, tanto durante la construcción como en su fase de uso. MTC (2014)

2.2.6. Filler calizo como material cementante

Como señalo (Bonavetti, 1998) “La piedra caliza se puede incorporar en la molienda del Clinker con dos propósitos definidos: como controlador del fraguado en reemplazo de yeso como diluyente, adición o relleno del cemento. Debido a que estos enfoques son distintos se plantean a continuación por separado” (p. 48)

“La buena calidad del Clinker portland que se produce en algunos países ha llevado a incorporar durante la molienda materiales considerados no tradicionales, entre los que se encuentra la piedra caliza. La inclusión de este tipo de materiales, produce un considerable ahorro de energía y recursos naturales, y una importante disminución de la contaminación ambiental, sin afectar las propiedades tecnológicas de los cementos mezclas” (Bonavetti, 1998 p. 49)

Según la revista (Calfensa) El filler calizo es un polvo fino de carbonato de calcio (CaCO_3) de alta calidad, de color blanco grisáceo, cuyas propiedades lo hacen ideal para la fabricación de hormigón prefabricado y otros usos en la construcción, como la estabilización de suelos. Este material actúa como un agente cementante que, al mezclarse con cemento, aumenta la resistencia, permitiendo la creación de concretos de alta durabilidad. Su capacidad de compactación no solo mejora la resistencia, sino que también prolonga la vida útil del hormigón y del suelo estabilizado. Un aspecto poco explorado es la reacción de epitaxia, que ocurre cuando el cemento cristaliza sobre el filler durante su hidratación, lo que contribuye significativamente al aumento de la resistencia mecánica. Esto explica por qué el uso de filler calizo en lugar de filler silíceo, en morteros con la misma granulometría, ha mostrado un aumento del 15% en la resistencia a la flexión en pruebas realizadas.



Figura 6. *Filler calizo*

Nota: (Imeco S.A Canteras)

2.2.7. Sub rasante

De acuerdo con el MTC (2014) La subrasante es el suelo que se encuentra en la parte más baja de una estructura de pavimento. La calidad de este suelo influye directamente en el espesor del pavimento, ya sea rígido o flexible. Se considera subrasante al nivel del terreno donde se ha realizado el movimiento de tierras, y sobre el cual se coloca el pavimento o afirmado. Para medir su capacidad de soporte se utiliza el coeficiente CBR, que evalúa cómo la humedad afecta la resistencia y los cambios de volumen del suelo. Estos cambios de volumen pueden causar daños graves en la estructura del pavimento, por lo que es fundamental tomar precauciones para evitar variaciones de humedad, utilizando métodos de impermeabilización o estabilización del suelo, a fin de prevenir estos problemas. (Avila Alvarez, 2021)

Tabla 4. CBR adecuado según categoría de subrasante

Categoría de subrasante	CBR
S0: Sub-Rasante inadecuada	CBR <3%
S1: Sub-Rasante insuficiente	CBR \geq 3% - CBR <6%
S2: Sub-Rasante regular	CBR \geq 6% - CBR <10%
S3: Sub-Rasante buena	CBR \geq 10% - CBR <20%
S4: Sub-Rasante muy buena	CBR \geq 20% - CBR <30%
S5: Sub-Rasante excelente	CBR \geq 30%

Nota: MTC (2014)

- **Caracterización de la subrasante**

El objetivo de caracterizar la subrasante es identificar las propiedades físico-mecánicas de los materiales que la componen. Para ello, se llevan a cabo investigaciones mediante la creación de calicatas con una profundidad de 1.5 metros. Estas calicatas se colocan de manera alternada a lo largo del área que abarca el ancho de la calzada. El número mínimo de calicatas requeridas se detalla en el cuadro siguiente. MTC (2014)

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • 1 calicata x km 	

Figura 7. Cuantía de calicatas necesarias para el muestreo en función a la clasificación de vía.

Nota: MTC (2014)

Si la capa de suelo se ve expuesta a las condiciones climáticas, es importante asegurarse de que se cumplan ciertos requisitos para hacer frente a los fenómenos provocados por factores externos.

MTC (2014)

Tabla 4: Características básicas del suelo para ser empleado como subrasante

Características	Valor
Índice de plasticidad, % máximo	>7%
Valor CBR, %mínimo	≥ 6%
Expansión máxima	3%

Nota: MTC (2014)

La aparición de esfuerzos, desplazamientos y grietas en la capa de rodadura suele estar estrechamente relacionada con la subrasante. Por ello, es responsabilidad del constructor garantizar una adecuada caracterización de la subrasante, asegurando que cumpla con las propiedades necesarias. (Avila, 2021)

- Resistencia, el drenaje, conservación de volumen.

2.2.8. Propiedades a considerar en la subrasante

- **Humedad natural**

El porcentaje de humedad de reconocer como una característica física que es muy relevante para medir el control de calidad del material de suelos que se está empleando a la hora de emplear en la subrasante en la ejecución de carreteras lo cual nos permite obtener una buena resistencia y buen desempeño en la subrasante. Mayormente los suelos finos están influenciados por el mayor contenido de agua y su densidad, esta se conoce como la humedad natural la relación gravimétrica expresada en porcentajes (Brajás, 2019)

- **Limites de consistencia**

En este caso, analizamos el contenido de agua en el suelo, expresado en porcentaje, para determinar si la muestra puede ser enrollada en hilos de 3.2 mm de diámetro, los cuales deben presentar fisuras suaves. El límite plástico indica el nivel más bajo en el que el suelo todavía mantiene sus propiedades plásticas. Para llevar a cabo la prueba, se toma una pequeña cantidad de tierra en forma de elipsoide y se rueda repetidamente sobre una placa de vidrio esmerilado. (Brajás, 2019)

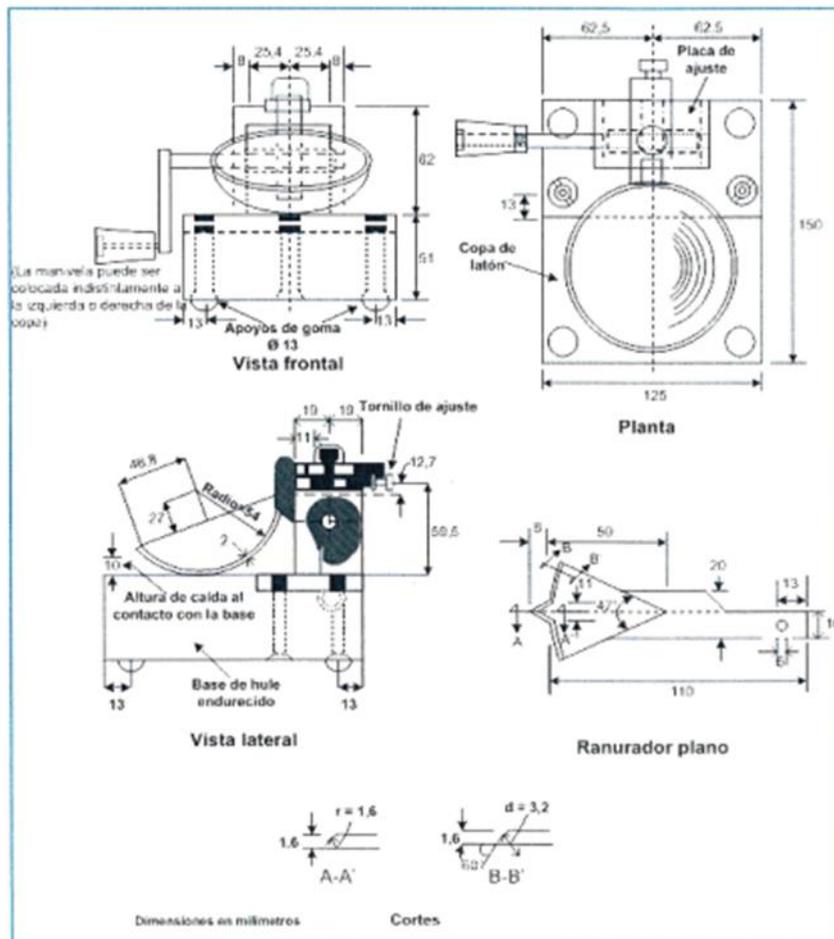


Figura 8. Herramientas empleadas de forma manual para la obtención de LL

Nota: Tomado de “Manual Ensayo de Materiales”, por MTC (2016)

- Límites de Atterberg

En este caso, observamos el contenido de agua en el suelo expresado en porcentaje, lo que nos permite enrollar la muestra en hilos de 3.2 mm de diámetro, los cuales deben fisurarse suavemente. El límite plástico representa el punto más bajo en el que el suelo aún puede comportarse de manera plástica. La prueba se lleva a cabo rodando repetidamente una masa de tierra con forma elipsoidal sobre una placa de vidrio esmerilado. (Brajás, 2019)

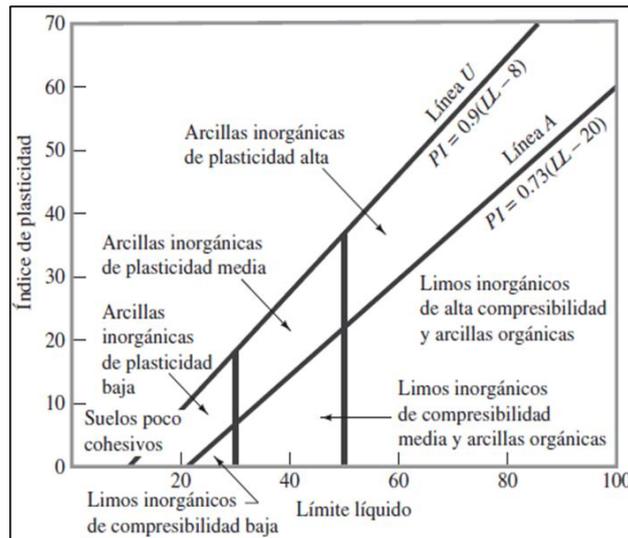


Figura 9. Carta de evaluación de plasticidad

Nota: Tomado de “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, (2013)

Índice de Plasticidad

El IP se obtiene restando el límite plástico del límite líquido, lo que define el rango de contenido de humedad en el cual el suelo exhibe un comportamiento plástico.

- **Compacidad del suelo**

Se define como el nivel de compactación de un suelo, siendo un parámetro crucial en proyectos como carreteras, terraplenes y rellenos, ya que está directamente relacionado con la resistencia, deformabilidad, estabilidad y consolidación del suelo, lo que ayuda a prevenir asentamientos.

- **Proctor modificado**

Aquí se ve el procedimiento de comprensión que se usa en la sala de investigación, así verificaremos la relación entre el Peso unitario seco y Contenido de agua compactados en un molde de 101.6 o 152.4mm de grosor con un pisón de 44,5 N que cae de una altura de 457mm. Efectuando una Energía de Compactación de 2700kN-m/m³.MTC (2017)

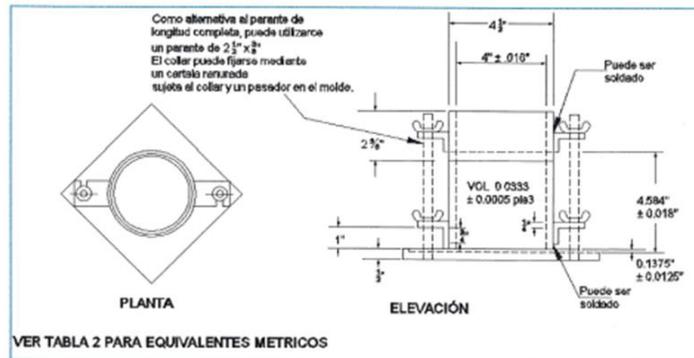


Figura 10. Herramienta para realizar la prueba de Proctor (Molde de 4")

Nota: Tomado de “Manual Ensayo de Materiales”, por MTC (2016)

Se define como el nivel de compactación de un suelo, siendo un factor importante en proyectos de carreteras, terraplenes y rellenos, ya que influye en la resistencia, deformabilidad, estabilidad y la consolidación del suelo, lo que ayuda a prevenir asentamientos.

- **Resistencia del suelo**

- **Ensayo de CBR**

La resistencia del suelo es un factor importante dentro del comportamiento mecánico del suelo, ya que los parámetros antes definidos tienen el objetivo de brindar más estabilización mecánica al suelo, con la finalidad de transmitir de manera uniforme y consecutivamente para evitar los asientos excesivos. Cuando se requiere conocer el valor de la resistencia del suelo en obras, por lo general se suele emplear el ensayo para determinar la capacidad portante (Brajás, 2019).

Este método de ensayo se emplea para evaluar la resistencia de la subrasante, sub-base incluyendo el material base así mismo materiales reciclados que se usa en campos de aterrizaje y pavimentos de vías. El resultado del CBR obtenido a través de la prueba es un componente clave en varios diseños de pavimentos flexibles, tanto en materiales cementados como no cementados. Los criterios para preparar el material previsto, que alcanzará su dureza con el tiempo, deben incluir una evaluación geotécnica. Este proceso debe ser supervisado por un profesional capacitado, y los materiales serán curados de manera adecuada antes de realizar las pruebas necesarias para confirmar que están en condiciones óptimas para su uso a largo plazo. MTC (2017).

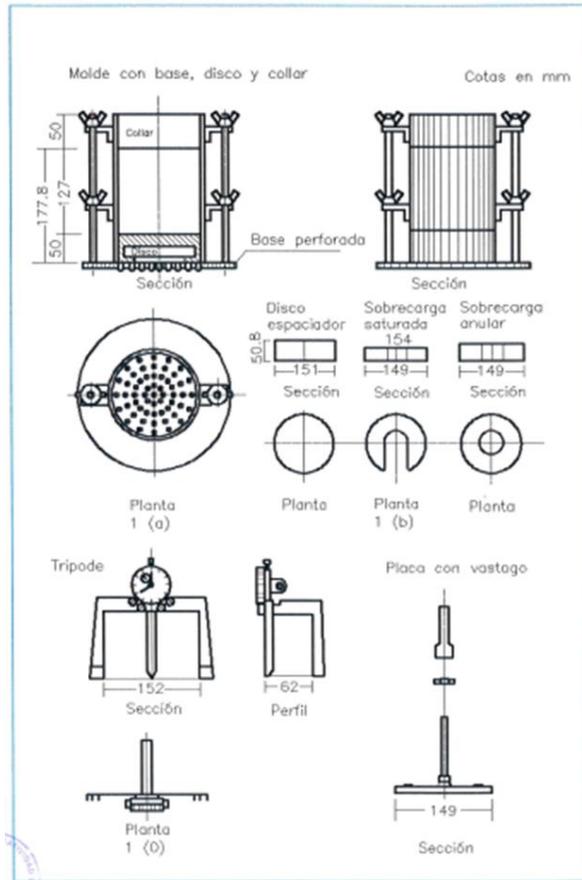


Figura 11. Molde de CBR

Nota: Tomado de “Manual Ensayo de Materiales”, por MTC (2016)

2.3. Marco conceptual

a. Compactación del suelo.

El proceso de compactación de suelos consiste en dos acciones principales sobre la estructura del suelo. Primero, es necesario alterar la estructura original que tenía el suelo, y segundo, se debe reorganizar la disposición de sus partículas para crear una nueva estructura más densa. Rivera y Mejia (2020)

b. Clasificación de suelos

Se dividen En dos pulsos comunes del sistema Unificado fijado que se utiliza tu ingeniería geotécnica que es el LL, LP e IP. (Borselli, 2023)

c. Estabilización de material granular

Se entiende como la mejora de las propiedades físicas de suelos con subrasantes deficientes o inadecuadas, mediante procedimientos mecánicos y la incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. MTC (2014))

d. Filler calizo.

Se describe como un producto finamente molido de origen calizo, cuya granulometría varía entre 45 y 300 micras (1 mm equivale a 1000 micras).. (Avila, 2021)

e. Máxima densidad seca

Se refiere al grado de compacidad de estos suelos en términos de densidad relativa, también conocido como índice de densidad (ID), que se determina en función de las densidades máximas y mínimas obtenidas en el laboratorio. (Geotechnical Consulting, 2018)

f. Módulo de resiliencia

Evalúa la capacidad de los materiales para almacenar o absorber energía de manera permanente. Esta capacidad se determina mediante una prueba de respuesta dinámica, que se centra en la deformación recuperable bajo cargas repetidas. Múnera y Aguiar (2020)

g. Suelos arenosos.

Se encuentran conformados por arenas medias y gruesas manteniendo una granulometría favorable para sostener estructuras con cierta carga mientras que son propensos a la erosión afectando a la cimentación de las infraestructuras (Fultum)

h. Valor de soporte

Esto se refiere al contexto de la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos específicos que tienen tamaños máximos de partículas inferiores a 19 mm (3/4"). (Braja M, 2001, pág. 27 y 28).

CAPITULO III

HIPOTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos varia significativamente en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023
- El valor de soporte en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.
- El módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

a. Variable Independiente (X)

Filler calizo

De acuerdo con la definición proporcionada por (Anticono, 2020), se trata de un producto finamente molido de origen calizo, con una granulometría que varía entre 45 y 300 micras (1 mm equivale a 1000 micras).

b. Variable Dependiente (Y)

Suelos arenosos

En palabras de (Cespedes, 2019) El suelo arenoso muestra una baja resistencia cuando está húmedo, especialmente en lo que respecta a la resistencia al corte y a la compresibilidad, además de contener sales y sedimentación de grava.

3.2.2. Definición operacional de variables

a. Variable Independiente (X)

Filler calizo

La VI: Filler calizo se evaluó en función a sus dimensiones que son, D1: Composición, D2: Propiedades y D3: Dosificación a su vez cada una de las dimensiones cuenta con un indicador.

b. Variable Dependiente (Y)

Suelos arenosos

La VD: Suelos arenosos se evaluó en función a sus tres dimensiones las cuales son, D1: Máxima densidad seca, D2: Valor de soporte D3: Modulo de resiliencia, a su vez cada una de las dimensiones cuenta con un indicador.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 6: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
1: Variable Independiente Filler calizo	De acuerdo con la definición proporcionada por (Anticona, 2020), se trata de un producto finamente molido de origen calizo, con una granulometría que varía entre 45 y 300 micras (1 mm equivale a 1000 micras).	La VI: Filler calizo se evaluó en función a sus dimensiones que son, D1: Composición, D2: Propiedades y D3: Dosificación a su vez cada una de las dimensiones cuenta con un indicador.	Composición	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato de Calcio • Arcilla • Materia Orgánica 	Fichas técnicas	Razón
			Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Químicas • Mecánicas 	Fichas técnicas	Razón
			Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • 0% • 2% • 4% • 6% • 8% 	Ficha de ensayos	Razón
2: Variable Dependiente Suelos arenosos	En palabras de (Cespedes, 2019) El suelo arenoso muestra una baja resistencia cuando está húmedo, especialmente en lo que respecta a la resistencia al corte y a la compresibilidad, además de contener sales y sedimentación de grava.	La VD: Suelos arenosos se evaluó en función a sus tres dimensiones las cuales son, D1: Máxima densidad seca, D2: Valor de soporte D3: Modulo de resiliencia, a su vez cada una de las dimensiones cuenta con un indicador.	Máxima densidad seca	<ul style="list-style-type: none"> • MDS • OCH 	Formulario de recopilación de datos	Intervalo
			Valor de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS 	Formulario de recopilación de datos	Intervalo
			Expansión	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS 	Formulario de recopilación de datos	Intervalo

CAPITULO IV

METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Método de investigación

En consideración del autor Arias (2012) nos menciona que la investigación científica es un método riguroso diseñado para obtener resultados relacionados con el conocimiento científico, donde se llevan a cabo procedimientos racionales y sistemáticos con el objetivo de encontrar soluciones a un problema.

Con base en esto, se empleó el **método científico** en el desarrollo de esta investigación.

4.2. Tipo de investigación

En consideración del autor Borja (2016) Se señala que el objetivo es entender, intervenir, construir y modificar una realidad problemática, así como centrarse en la aplicación inmediata de soluciones a un problema en lugar de desarrollar un conocimiento de valor universal.

En base a estas consideraciones, la presente investigación será de **tipo aplicada**.

4.3. Nivel de investigación

Según Hernández (2010) que el nivel de investigación explicativo se refiere a una explicación basada en conceptos que busca describir las causas de fenómenos físicos o eventos. Este enfoque se centra en demostrar cómo ocurren los fenómenos, en qué condiciones se producen y si están relacionados con otras variables (p.90).

En este estudio, se evaluará la variación en el valor de soporte de los suelos arenosos al añadir filler calizo. De acuerdo con las evaluaciones realizadas, el diseño que

se utilizará en la presente investigación será de **nivel explicativo**.

4.4. Diseño de investigación

En consideración del autor Hernández (2014) Este diseño de investigación se centra en identificar cómo la variable independiente se relaciona con la variable dependiente y qué efectos provoca.

En esta investigación, se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arenosos antes y después de la adición de filler calizo mediante ensayos de laboratorio.

Según el análisis, el diseño que se utilizará en este estudio será un **diseño experimental**.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

En consideración del autor Carrasco (2016) nos indica que la población se compone de elementos u objetos que forman parte del área en la que se centra el desarrollo de la investigación (p. 15). En este caso, la población está formada por la subrasante que contiene suelos arenosos a lo largo de 3 metros lineales en la avenida Los Álamos, en Villa El Salvador, Lima.

4.5.2. Muestra.

Según Behar (2008) Se define como un subgrupo de la población del cual se recopilan todos los resultados de las pruebas a las que se sometieron cada una de las variables. La muestra está compuesta por 400 kg de suelo natural extraído de la calicata y por muestras de suelo experimental en las que se utiliza filler calizo en cantidades del 4%, 6% y 8%.

La técnica de muestreo se llevó a cabo utilizando un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Las proporciones de filler calizo del 4%, 6% y 8% se determinaron en función de la revisión de antecedentes sobre los problemas planteados por el autor, Aguilar y Cardenas (2023)

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas: Observación directa

Vásquez (2011) Considera que Las técnicas son herramientas utilizadas

para recopilar información, destacando métodos como la observación, cuestionarios, entrevistas y encuestas (p. 49).

Esta técnica facilita el análisis de la variación en el valor de soporte y la máxima densidad seca de los suelos arenosos, tanto con cómo sin porcentajes de filler calizo. En este estudio, se empleó la técnica de observación directa para comparar los valores de soporte y la máxima densidad seca de las muestras de suelo arenoso convencional y experimental.

4.6.2. Instrumentos: Ficha de observación directa

Vásquez (2011) Se considera que esta técnica nos permite registrar datos que surgen del contacto directo y la observación del comportamiento del experimento por parte del investigador, lo que facilita la medición de esos datos (p. 54).

Con base en estas consideraciones, en la investigación se utilizó una ficha de recolección de datos, cuya información se obtuvo del laboratorio donde se llevaron a cabo los diferentes ensayos.

4.6.3. Validez del instrumento de investigación

4.6.3.1. Validez

Según manifiesta el autor Vásquez (2020), Estos son evaluados según un rango, y para calcular el puntaje de los resultados, se deben considerar las opiniones de tres expertos. Además, es importante que las fichas elaboradas se ajusten a los indicadores establecidos.

Tabla 5. Intervalo de validez y magnitud de análisis

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Nota: Vásquez Rodríguez (2020)

Siguiendo lo señalado por Vásquez, se llevó a cabo un juicio de expertos para validar el instrumento, y los puntajes asignados por cada experto se presentan en la tabla siguiente.

Tabla 6. Validez de los instrumentos por evaluación de expertos

N	Grado académico	Apellidos y nombres	CIP	Validez
1	Ing. Luis	Gamarra Espinoza	198131	80%
2	Ing. Vladimir	Ordoñez Camposano	168384	85%
3	Ing. Omar	Huamani Salazar	146898	75%

En la tabla 6 se muestra el promedio de validez de los instrumentos utilizados, basado en la evaluación de tres expertos. El experto N°1 otorgó un promedio del 80%, el experto N°2 un 85% y el experto N°3 un 75%. Según el cuestionario, se obtuvo un resultado de 0.80, lo que, al compararlo en el cuadro, indica que la validez del cuestionario es alta.

4.6.3.2. Confiabilidad

Según las manifestaciones de Sánchez, y otros (2018) esta es identificado por medio de la evaluación de los expertos en el que se verifica si son coherentes y consistentes los instrumentos implementados por el investigador para lograr el alcance de los objetivos de manera satisfactorio

Tabla 7. Análisis y evaluación del intervalo de confiabilidad

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy baja

Nota: Sánchez Carlessi, y otros (2018)

En base a la manifestación de Sanchez y otros autores se realizó la confiabilidad del instrumento por el método de alfa de Cronbach.

Tabla 8. Evaluación de la confiabilidad de acuerdo al Alfa de Cronbach

ESTADISTICOS	VALORES	MAGNITUD
K	19	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$
sumatoria de varianza= $(\sum S_i^2)$	4.67	
varianza total de la prueba $(\sum S_T^2)$	19.00	
Alfa de Cronbach	0.60	ALTA

Nota: Propia

De acuerdo con el cuestionario de confiabilidad de los instrumentos validados por los expertos, que se utilizaron para recopilar datos en el laboratorio, se calculó en EXCEL que la confiabilidad obtenida es alta, con un resultado de 0.60 (alfa de Cronbach). Para ver la ficha del cuestionario y los cálculos, consulte el ANEXO N°4.

4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

4.7.1. Descripción de la zona de estudio

La Avenida los Alamos se ubica en el distrito Villa El Salvador en la ciudad de Lima Sus coordenadas UTM son 12.18943571 este y 76.95367436 norte teniendo una altitud de 147 msnm.

4.7.2. Estudios previos

4.7.2.1. Exploración en campo

La exploración se llevó a cabo con el objetivo de identificar y evaluar geotécnicamente el suelo de la subrasante en la Av. Los Álamos. Para ello, se excavaron tres calicatas cada 100 metros lineales, alcanzando una profundidad mínima de 1.50 m por debajo de la subrasante proyectada, de acuerdo con las recomendaciones del EG (2018) del MTC”, que establece que en vías urbanas se deben realizar tres calicatas por kilómetro a una profundidad mínima de 1.50 m. Se elaboró un perfil estratigráfico del suelo de la subrasante, clasificando visualmente los materiales según el procedimiento de campo del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Se tomaron muestras representativas de cada estrato, que fueron debidamente etiquetadas, empaquetadas en bolsas de polietileno y enviadas al laboratorio para realizar ensayos de

sus características físicas y mecánicas.

4.7.2.2. Estudios en laboratorio

Los estudios de laboratorio se llevaron a cabo siguiendo el EG-2018 "Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos", lo que permitió evaluar las propiedades de los suelos a través de ensayos físicos, mecánicos y químicos de las muestras perturbadas extraídas de cada calicata. Las muestras fueron analizadas en el laboratorio de suelos, donde se realizaron los siguientes ensayos de mecánica de suelos:

Tabla 9. Ensayos de Mecánica de Suelos

NOMBRE DEL ENSAYO	USO	METODO AASHTO	ENSAYO ASTM
Análisis Granulométrico por Tamizado	Clasificación	T-88	D-422
Contenido de Humedad	Clasificación		D-2216
Limite Líquido	Clasificación	T-89	D-4318
Limite plástico	Clasificación	T-90	D-4318
Índice de Plasticidad	Clasificación	T-90	D-4318
Compactación (Proctor Modificado)	Diseño de espesores	T-180	D-1557
CBR	Diseño de espesores	T-193	D-1883

Nota: Propia

a) Clasificación de material de las muestras no alteradas

Tabla 10. Clasificación de suelos de las muestras inalteradas

N° de calicatas	Profundidad	Muestra	% de grava	% de arena	% de finos	Clasificación
Calicata -1	3	M-1	7.96	12.42	79.62	ML
Calicata -2	3	M-1	4.04	23.12	72.79	ML-CL
Calicata -3	3	M-1	0.00	36.10	63.90	CL (arcilla arenosa de baja plasticidad)

Nota: Propia

En la tabla 11, se muestran los valores de los estudios de suelos de las muestras convencionales. Tras realizar la clasificación correspondiente, se seleccionó el valor más crítico, el cual fue clasificado como CL (arcilla arenosa de baja plasticidad) de acuerdo con AASHTO A-4 (2).

b) Evaluación de los límites de consistencia ASTM D-4318 en la muestra natural

Tabla 11. Contenido de humedad y límites de Atterberg de la muestras natural

N° calicata	Muestra	Contenido de humedad del suelo (W)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1	M-1	1.00	19.7	13.4	6.3
C-2	M-1	1.98	19.7	14.4	5.3
C-3	M-1	0.70	23	15	8

Nota: Propia

Al examinar los datos de las tres calicatas, se observó que la muestra de la calicata N°03 presenta un índice de plasticidad elevado, con un valor del 8%. Por lo tanto, se considerará esta muestra como la muestra de control (MC) para esta investigación, permitiendo así la realización de los ensayos de Proctor modificado y CBR con el objetivo de determinar las propiedades mecánicas.

c) Ensayo de Proctor modificado del suelo natural.

Tabla 12. Proctor modificado de la muestra control

Muestra	Mezcla	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Optimo contenido de humedad (%)
M1	Muestra control	1.625	12.2%

Nota: Propia

d) Ensayo de CBR California.

Tabla 13. Valor de CBR de la muestra control

Muestra	Mezcla	CBR al 95% de Máxima densidad seca	CBR al 100% de Máxima densidad seca
M1	Muestra control	3.5	5.8

Nota: Propia

En la tabla 14, se observa el comportamiento de la muestra de control en el ensayo de penetración, donde se mide el valor de soporte de la subrasante. A una densidad seca máxima del 95%, la resistencia es del 3.5%, mientras que al 100% de densidad seca máxima, el valor de soporte es de 5.8%. Estos resultados indican que la subrasante de la

Avenida Los Álamos, en el distrito de Villa El Salvador, es insuficiente, por lo que se llevará a cabo un mejoramiento del suelo utilizando filler calizo para aumentar el valor de soporte.

4.7.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La técnica de recolección de datos se llevó a cabo mediante métodos estadísticos y probabilísticos, que incluyen la prueba de hipótesis para cada indicador, estableciendo un nivel de riesgo del 0.05 para validar la investigación al 95%. En términos de aspectos éticos, si el valor de significancia obtenido es superior a 0.05, se aceptará la hipótesis nula. Por otro lado, si el nivel de significancia es inferior a 0.05, se rechazará la hipótesis nula y se aceptará la hipótesis alternativa.

4.8. Aspectos éticos de la investigación.

En la investigación, se toman en cuenta aspectos éticos como la valoración y el respeto por la dignidad humana, así como la autonomía de la voluntad de las personas, priorizando siempre la protección y el respeto de sus derechos. Asimismo, se asegura que no se infringe el derecho de autor de los estudios mencionados en el marco metodológico.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1. Descripción del diseño tecnológico

El proceso de investigación llevado a cabo busca satisfacer las necesidades en la Av. Los Alamos, en el distrito de Villa El Salvador, donde se encuentran suelos arenosos. En estos suelos, se mezclan ciertos porcentajes de filler calizo, específicamente 2%, 4%, 6% y 8%. Para ello, se realizaron tres etapas de estudio: primero, la clasificación del tipo de suelo, donde se evaluaron factores como el contenido de humedad, la granulometría, el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad para lograr una correcta clasificación. Una vez determinado el tipo de suelo, se procedió a evaluar la mejora en la máxima densidad seca, el valor de soporte y el módulo resiliente del suelo arenoso sin filler calizo, considerado como muestra de control, en comparación con las muestras que contenían filler calizo, clasificadas como muestra experimental.

5.2. Análisis de resultados

5.2.1. Estimación del comportamiento de la densidad seca en la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos.

La variación de la densidad seca entre la muestra de control y las muestras experimentales se evaluó mediante el ensayo de Proctor modificado, de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.141, que determina la energía de compactación modificada. Las muestras experimentales consistieron en suelo natural con adiciones de 2%, 4%, 6% y 8% de filler calizo.

Tabla 14. Valores de densidad seca de la muestra control y muestras experimentales

Muestra	Mezcla	Máxima densidad seca (g/cm ³)	Óptimo contenido de humedad (%)	% de variación Máxima densidad seca	% de variación de óptimo contenido de humedad
M1	Muestra control (MC)	1.625	12.2%	0%	0%
M2	(MC)+2% de filler calizo	1.661	12.8%	2%	5%
M3	(MC)+ 4% de filler calizo	1.705	13.6%	5%	11%
M4	(MC)+ 6% de filler calizo	1.746	14.1%	7%	16%
M5	(MC)+ 8% de filler calizo	1.751	14.50%	8%	19%

Nota: Propia

En la tabla 15, se detallan los cambios que ocurren en las muestras de suelo natural al añadir filler calizo como material estabilizante para mejorar el suelo. En la muestra de control (MC), la densidad seca fue de 1.625 g/cm³, mientras que al añadir un 2% de filler calizo (MC) la densidad se incrementó a 1.661 g/cm³.

Con un 4% de filler calizo (MC), la densidad seca aumentó a 1.705 g/cm³; con un 6% (MC) alcanzó 1.746 g/cm³; y con un 8% (MC), la densidad seca llegó a 1.751 g/cm³. Asimismo, se observa el comportamiento de la humedad óptima: en la muestra de control (MC) se registró un 12.2%, mientras que con el 2% de filler calizo (MC) se mantuvo en 12.2%. Con el 4% de filler calizo (MC), la humedad óptima aumentó a 13.6%; con el 6% (MC) alcanzó 14.1%; y con el 8% (MC) llegó a 14.50%.

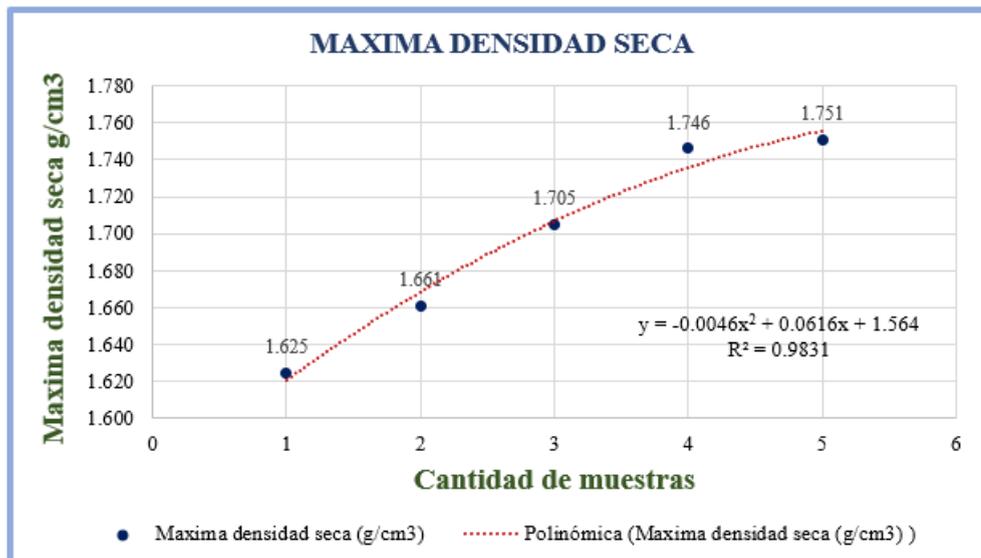


Figura 12. Densidad seca de la muestra control y muestras con filler calizo

Nota: Propia

La figura 12 muestra los resultados obtenidos en el análisis de los cambios en la MDS tras la adición de filler calizo a la muestra de suelo natural proveniente de una subrasante insuficiente de la Avenida Los Álamos, en Villa El Salvador, Lima. En resumen, se observa que la MDS varió desde 1.625 g/cm³ hasta 1.661 g/cm³, 1.705 g/cm³, 1.746 g/cm³ y 1.751 g/cm³, con incrementos del 2%, 5%, 7% y hasta 8%. Los cambios en la densidad seca del suelo arcilla-arenoso, debidos al filler calizo, fueron ascendentes, mostrando que a mayor porcentaje de mezcla con filler calizo, mayor es la densidad seca. Además, a partir de los puntos de dispersión, se puede observar un aumento en la densidad seca, alcanzando un valor máximo de 1.751 g/cm³ en la muestra (M5), que corresponde a (MC) + 8% de filler calizo, mostrando una correlación significativa con un coeficiente de $R^2 = 0.9831$.

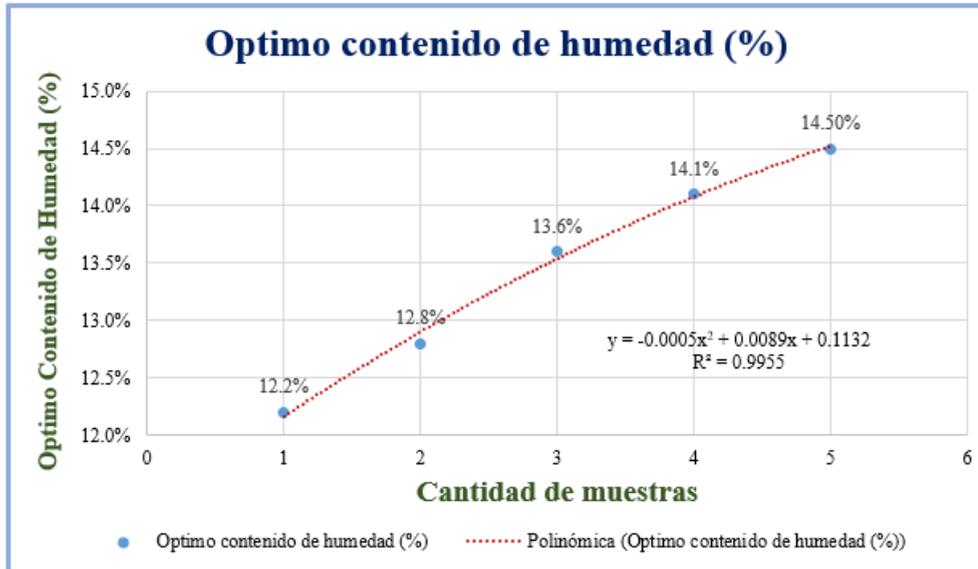


Figura 13. Humedad óptima de la muestra control y muestras con filler calizo

Nota: Propia

La figura 13, demuestra los cambios en la humedad óptima en relación a la densidad seca en la síntesis se aprecia que la humedad óptima cambia de 12.2% hasta 12.8%, 13.6%, 14.1%, 14.50% presentando cambios hasta 5%, 11%, 16%, 19%, los cambios producidos por el filler calizo en el suelo arcilla arenoso fueron de manera ascendente a mayor porcentaje de mezcla del suelo con filler calizo mayor es el óptimo contenido de humedad.

A partir de los puntos de dispersión, se observa un incremento en el contenido óptimo de humedad, alcanzando un valor máximo del 14.50% en la muestra (M5), que corresponde a (MC) + 8% de filler calizo, mostrando una correlación significativa con un coeficiente de $R^2 = 0.9955$. En conclusión, se puede deducir que a mayor porcentaje de adición de filler calizo, se logra una mejor compactación del suelo, lo que a su vez mejora la impermeabilización, reduciendo los vacíos y, por lo tanto, aumentando la resistencia. Para evaluar si efectivamente mejora la resistencia del suelo, se procederá a determinar su resistencia mediante el ensayo de CBR.

5.2.2. Cuantificación de la variación del valor de soporte en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos.

La variación del valor de soporte se evaluó mediante el ensayo de CBR (California Bearing Ratio), de acuerdo con la Norma Técnica Peruana NTP 339.145. Esta prueba consiste en analizar el material de la muestra de control y comparar sus valores con los de las muestras experimentales que contienen (MC) + 2% de filler calizo, (MC) + 4% de filler calizo, (MC) + 6% de filler calizo y (MC) + 8% de filler calizo. En la tabla 14, se indica que la muestra de control (MC) tuvo un valor de soporte de 3.5 al 95% de máxima densidad seca, y un CBR de 5.8 al 100% de máxima densidad seca. Según el EG-2018 “Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos”, esto sugiere que la subrasante de la Avenida Los Álamos en Villa El Salvador, Lima, se clasifica como insuficiente, dado que el CBR se encuentra entre $\geq 3\%$ y $< 6\%$.

Tabla 15. Resultados del valor de soporte de la muestra control y las muestras con filler calizo

Muestra	Mezcla	CBR al 95% de máxima densidad seca	CBR al 100% de máxima densidad seca	% de variación CBR al 95% de MDS	% de variación CBR al 100% de MDS
M1	Muestra control (MC)	3.5	5.8	0.0	0.0
M2	(MC)+2% de filler calizo	5.0	10.7	0.4	0.8
M3	(MC)+ 4% de filler calizo	9.3	13.5	1.7	1.3
M4	(MC)+ 6% de filler calizo	12.4	17.5	2.5	2.0
M5	(MC)+ 8% de filler calizo	15.3	23.3	3.4	3.0

Nota: Propia

En la tabla 16, se muestran los cambios que el filler calizo provoca en el valor de CBR del suelo de la subrasante inadecuada compuesta por suelos arenosos. Al 95% de MDS, en la muestra (MC) + 2% de filler calizo, CBR= 0.4%. Para la muestra (MC) + 4% el CBR= 1.7%; en la (MC) + 6% el CBR= 2.5%; y en la (MC) + 8% el CBR= 3.4%. De igual manera, al 100% de MDS, en la (MC) + 2% de filler calizo, el CBR= 0.8%. Para la (MC) + 4% de filler calizo, se registró un aumento

del CBR= 1.3%; en la (MC) + 6% el CBR=2.0%; y en la (MC) + 8% de filler calizo, el CBR= 3.0%. A continuación, se presenta un resumen del valor de soporte en relación con los diferentes porcentajes de filler calizo.

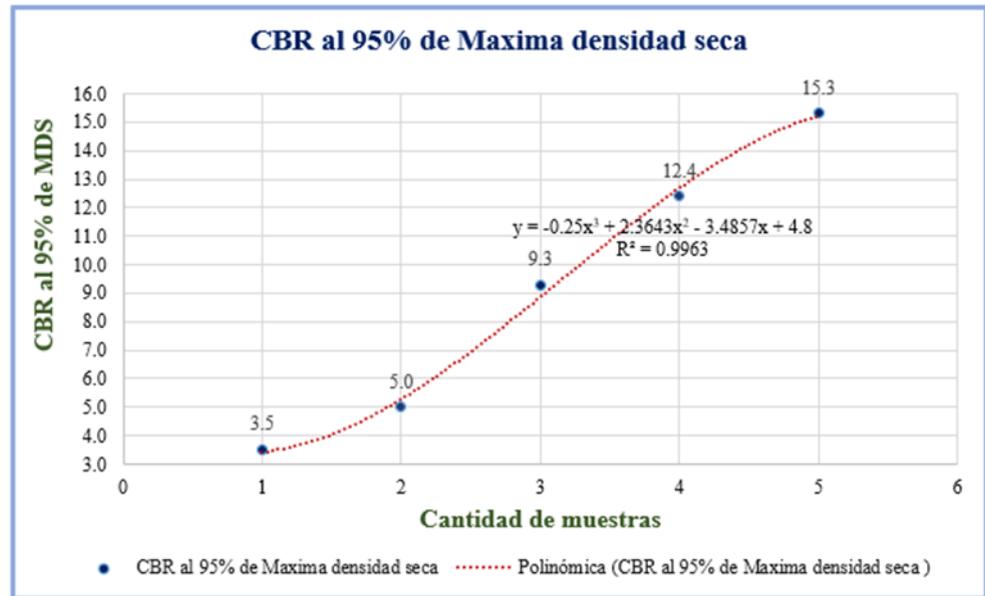


Figura 14. Síntesis del valor de soporte al 95% de máxima densidad seca.

Nota: Propia

En la figura 14, se aprecia los cambios que genera el filler calizo en el valor de CBR del suelo de la subrasante insuficiente. En el 95% de MDS en la (MC)+2% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 5%, en la (MC)+4% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 9.3%, en la (MC)+6% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 12.4%, en la (MC)+8% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 15.3%.

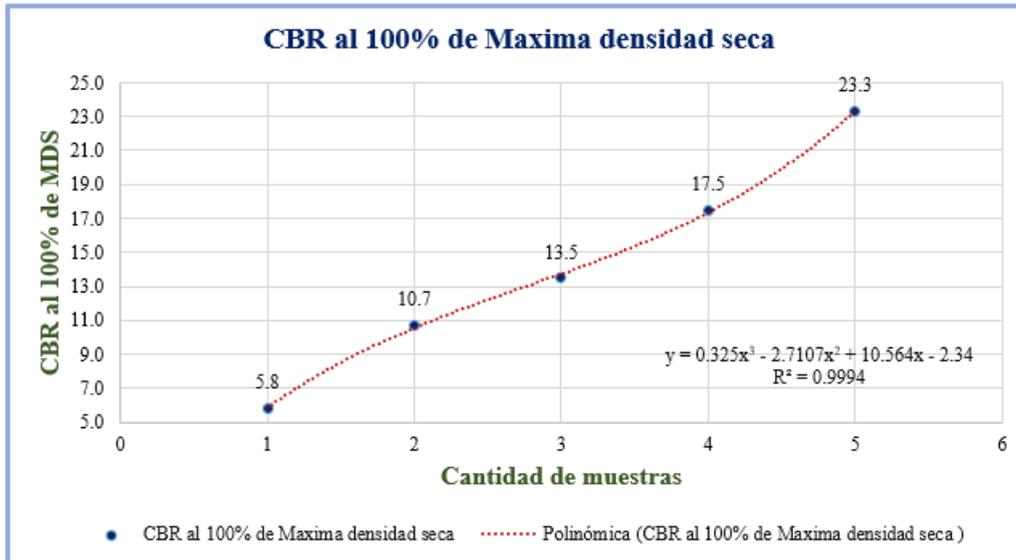


Figura 15. Síntesis del valor de soporte al 95% de máxima densidad seca.
Nota: Propia

De la misma forma en el 100% de máxima densidad seca en la (MC)+2% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7 % hasta 10.7%, en la (MC)+4% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7% hasta 13.5.%, en la (MC)+6% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7% hasta 17.5%, en la (MC)+8% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7% hasta 23.3%.

En conclusión, se determina que la incorporación de filler calizo mejora el valor de soporte de los suelos arenosos, tanto en el CBR al 95% de MDS como en el CBR al 100% de MDS. Esto transforma una subrasante deficiente en una subrasante adecuada, cuyo parámetro se sitúa entre $CBR \geq 10\%$ y $CBR < 20\%$. Se observa que a medida que aumenta el porcentaje de filler calizo añadido, también se incrementa el valor de soporte, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9963$ para el CBR al 95% de MDS y $R^2 = 0.9994$ para el CBR al 100% de MDS.

5.2.3. Análisis de la variación del módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos.

Para calcular el módulo de resiliencia, se utilizó la ecuación de Lister y Powell, tal como lo recomiendan AASHTO y las normativas peruanas. Además, se tomó en cuenta el valor del CBR al 95%, ya que estos datos son esenciales para el diseño de estructuras de pavimento flexible. Este cálculo tiene como objetivo evaluar la capacidad de un material de suelo arenoso para almacenar o absorber

energía sin sufrir deformaciones permanentes cuando se le aplican las cargas de los vehículos.

- *Ecuación recomendada por AASHTO y NTP*

$$Mr = 2555 * CBR^{0.64} \text{ (PSI)}$$

Tabla 16. Módulo de resiliencia adicionando cenizas de tallos de banano (CTB) y yeso (Y)

Muestra	Mezcla	CBR al 95% de Máxima densidad seca	Módulo de resiliencia (Mr.) psi	% de variación
M1	Muestra control (MC)	3.5	5696.3	0.00
M2	(MC)+2% de filler calizo	5.0	7157.0	0.26
M3	(MC)+ 4% de filler calizo	9.3	10646.8	0.87
M4	(MC)+ 6% de filler calizo	12.4	10204.1	0.79
M5	(MC)+ 8% de filler calizo	15.3	11454.4	1.01

Nota: Propia

En la tabla 17, se aprecia los resultados del módulo de resiliencia con la adición de filler calizo en la muestra control, MC + 2%, +4%, +6% y +8% de filler calizo, obteniendo resultados de 5696.3 psi, 7157.0 psi, 10646.8 psi, 10204.1 psi y 11454.4 psi respectivamente. Al realizar la muestra control y las muestras experimentales el módulo resiliente se incrementa de 0.26% hasta 1.01%.

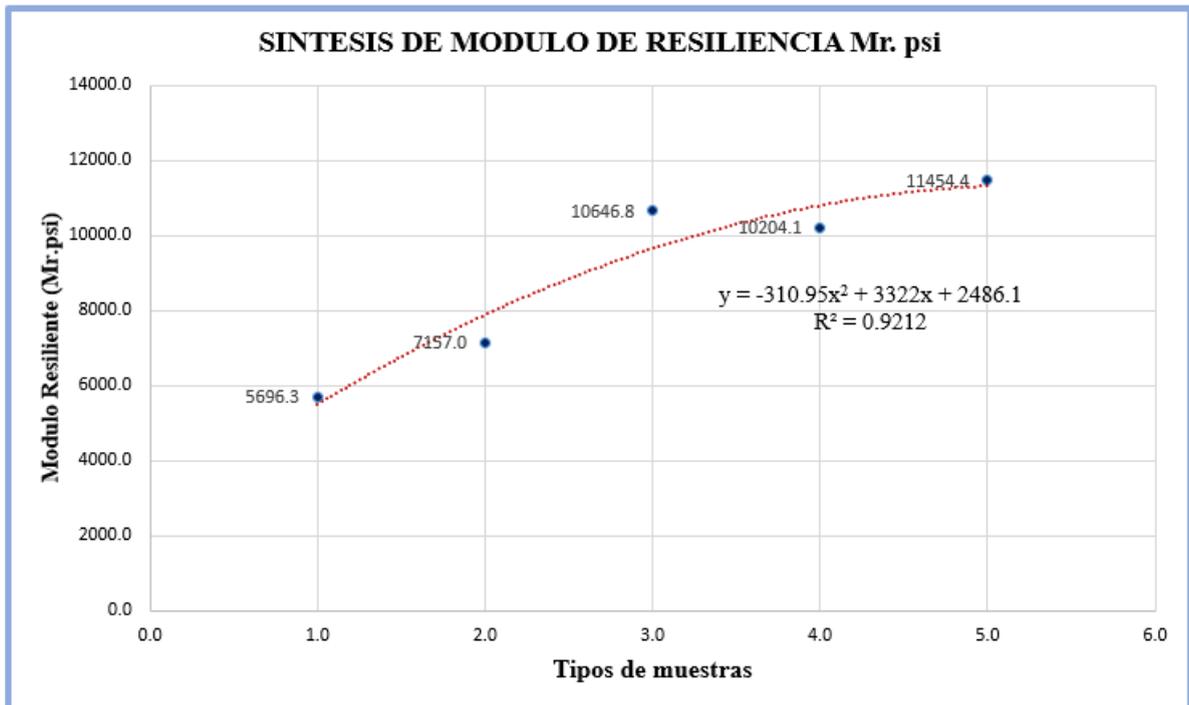


Figura 16. Síntesis del módulo de resiliencia.
 Nota: Propia

En la figura 16, se muestra que el cambio del Mr. Adicionando el filler calizo, donde se aprecia que el módulo resiliente varia desde 5696.3 que es la muestra control hasta 7157.0, 10646.8, 10204.1, 11454.4 que son los cuatros muestras experimentales de la misma forma el coeficiente de correlación dio $R^2 = 0.9212$.

5.2.4. Evaluación de los cambios en la estabilización. de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima.

En el estudio de los cambios en la estabilización de la subrasante de suelos arenosos en la Av. Los Álamos, Villa El Salvador, se realizó una evaluación basada en las pruebas de máxima densidad seca y el valor de soporte CBR (California Bearing Ratio) tras la adición de filler calizo.

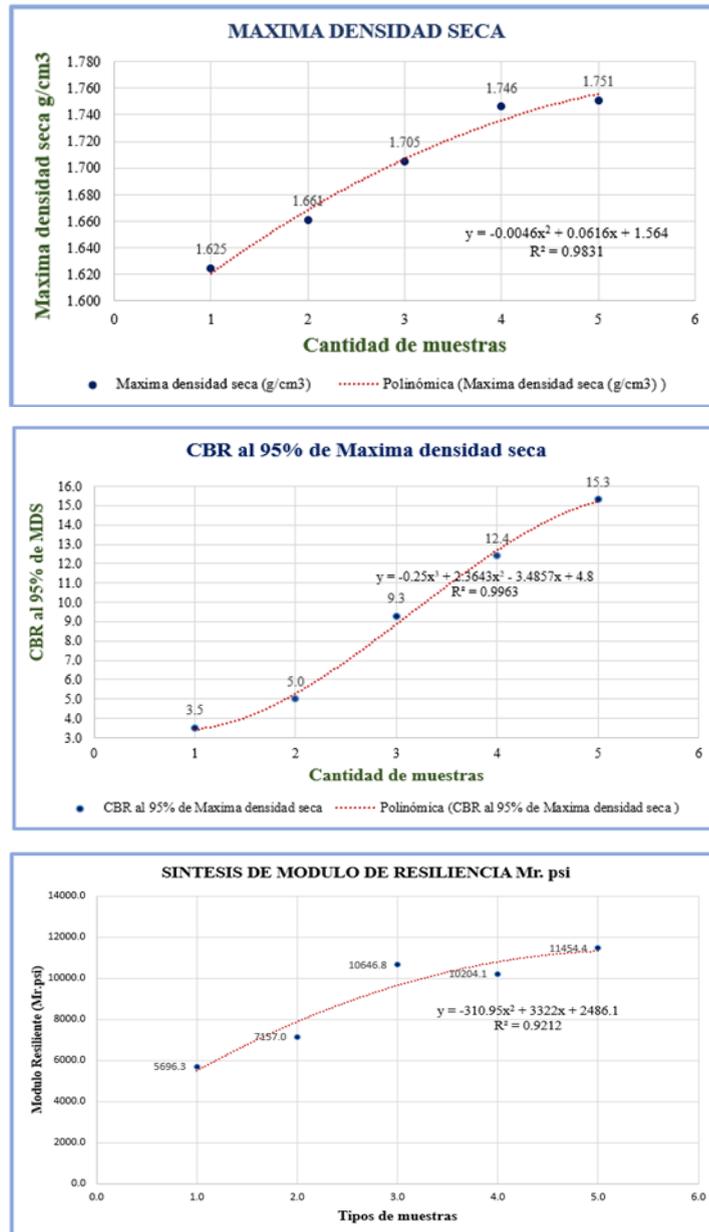


Figura 17. Síntesis del comportamiento de los suelos arenosos con la adición de filler calizo
 Nota: Propia

La síntesis de la figura 17 ilustra la tendencia en el cambio del comportamiento de la subrasante compuesta por suelos arenosos de baja

plasticidad tras la adición de filler calizo. Se observó que la densidad seca alcanzó 1.625 g/cm² en la muestra control (M1) y se incrementó a 1.661 g/cm², 1.705 g/cm², 1.746 g/cm² y 1.751 g/cm² en las muestras experimentales (M2, M3, M4, M5), con un coeficiente de determinación de $R^2=0.9831$. Además, se puede notar la tendencia en el cambio del valor de soporte, donde la muestra control (M1) mostró un valor de 3.5%, mientras que las muestras experimentales (M2, M3, M4, M5) presentaron incrementos a 5%, 9.3%, 12.4% y 15.3%, con un coeficiente de correlación de $R^2=0.9963$. Finalmente, la tendencia en la variación del módulo resiliente para la muestra control (M1) fue de 5696.3 psi, mientras que las muestras experimentales (M2, M3, M4, M5) mostraron valores de 7157.0 psi, 10646.8 psi, 10204.1 psi y 11454.4 psi, con un coeficiente de correlación de $R^2=0.9212$.

5.3. Contratación de hipótesis

Requisitos para la prueba de hipótesis

- Se asumió una probabilidad de error de 0.05 para dar validez al 95% de la investigación por ello se aceptará la hipótesis nula (H_0) si el valor de significancia de la prueba realizada es mayor al valor de significancia asumido.
- Para ANOVA Si $P\text{-Valor} \leq \alpha$ (0.05) se rechaza H_0 , si $P\text{-Valor} > \alpha$ (0.05) se rechaza H_a

5.3.1. Contratación de la hipótesis específico 1

Formulación de H_0 y H_1

- **(H_0):** La densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos no presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.
- **(H_1):** La densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

Pruebas de normalidad							
Maxima densidad seca	Filler calizo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	Muestra control (MC)	,196	3	.	,996	3	,878
	(MC)+2% de filler calizo	,238	3	.	,976	3	,702
	(MC)+4% de filler calizo	,276	3	.	,942	3	,537
	(MC)+6% de filler calizo	,199	3	.	,995	3	,866
	(MC)+8% de filler calizo	,360	3	.	,808	3	,133

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 18. Prueba de Normalidad- Máxima densidad seca
Nota: Propia

En la figura 18 se muestra la prueba de normalidad de la máxima densidad seca en función de los distintos porcentajes de adición de filler calizo. En esta prueba, todos los niveles de significancia de las muestras independientes fueron superiores a 0.05, lo que indica que los datos provienen de una distribución normal. Por esta razón, se lleva a cabo la prueba paramétrica ANOVA de un solo factor para datos que abarcan más de dos grupos.

Evaluación de datos por Anova:

ANOVA					
Maxima densidad seca					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,035	4	,009	8633,056	,000
Dentro de grupos	,000	10	,000		
Total	,035	14			

Figura 19. Prueba del Anova de un factor – MDS
Nota: Propia

En la figura 19 se presentan los resultados de la prueba estadística ANOVA de un solo factor. Con un nivel de significancia del 0.05, se obtuvo un valor de 0.000, lo que lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. En conclusión, se determina que la densidad seca en la estabilización de la subrasante utilizando filler calizo en suelos arenosos muestra una mejora significativa en la Av. Los Alamos, Villa El Salvador, Lima-2023.

5.3.2. Contrastación de hipótesis específico 2

Formulación de H0 y H1

- **Ho:** El valor de soporte en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av.

Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

- **Ha:** El valor de soporte en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad							
Valor de soporte	Filler calizo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor de soporte	Muestra control (MC)	,372	3	.	,783	3	,073
	(MC)+2% de filler calizo	,192	3	.	,997	3	,895
	(MC)+4% de filler calizo	,357	3	.	,815	3	,150
	(MC)+6% de filler calizo	,178	3	.	,999	3	,952
	(MC)+8% de filler calizo	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 20. Prueba de Normalidad-Valor de soporte
Nota: Propia

En la figura 20 se observa la prueba de normalidad del valor de soporte en función de los distintos porcentajes de adición de filler calizo. Los resultados de la prueba de normalidad indican que todos los niveles de significancia de las muestras independientes son superiores a 0.05, lo que sugiere que los datos se distribuyen de manera normal. Por esta razón, se lleva a cabo la prueba paramétrica ANOVA de un solo factor para datos con más de dos grupos.

Evaluación de datos por Anova:

ANOVA					
Valor de soporte	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	292,606	4	73,151	35614119,19	,000
Dentro de grupos	,000	10	,000		
Total	292,606	14			

Figura 21. Prueba del Anova de un factor

Nota: Propia

En la figura 21 se presentan los resultados de la prueba estadística ANOVA de un solo factor. Con un nivel de significancia de 0.05, se obtuvo un valor de 0.000, lo que lleva al rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa. Por lo tanto, se concluye que el valor de soporte en la estabilización de la subrasante utilizando filler calizo en suelos arenosos muestra una mejora significativa en la Av. Los Alamos, Villa El Salvador, Lima-2023.

5.3.3. Contrastación de la hipótesis específico 3

Requisitos para la prueba de hipótesis

- **Ho:** El módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.
- **Ha:** El módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos presenta una mejora significativa en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.

Prueba de normalidad

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Filler calizo	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Modulo resiliente	Muestra control (MC)	,337	3	.	,855	3	,253
	(MC)+2% de filler calizo	,236	3	.	,977	3	,708
	(MC)+4% de filler calizo	,274	3	.	,945	3	,546
	(MC)+6% de filler calizo	,273	3	.	,946	3	,551
	(MC)+8% de filler calizo	,227	3	.	,983	3	,750

a. Corrección de significación de Lilliefors

Figura 22. Prueba de Normalidad-Modulo resiliente
Nota: Propia

En la figura 22 se presenta la prueba de normalidad del módulo resiliente en función de los diferentes porcentajes de adición de filler calizo. Los resultados de la prueba de normalidad indican que todos los niveles de significancia de las muestras independientes son mayores a 0.05, lo que sugiere que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se procede a realizar la prueba paramétrica ANOVA de un solo factor para los datos que incluyen más de dos grupos.

Evaluación de datos por Anova:

ANOVA					
Modulo resiliente	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	9306620733	4	2326655183	9,440E+14	,000
Dentro de grupos	,000	10	,000		
Total	9306620733	14			

Figura 23. Prueba del Anova de un factor

Nota: Propia

En la figura 23 se presentan los resultados de la prueba estadística ANOVA de un solo factor. Con un nivel de significancia de 0.05, se obtuvo un valor de 0.000, lo que lleva a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna. Por lo tanto, se concluye que el módulo resiliente en la estabilización de la subrasante utilizando filler calizo en suelos arenosos muestra una mejora significativa en la Av. Los Alamos, Villa El Salvador, Lima-2023.

CAPITULO VI

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.4. Discusión con los antecedentes

- **Discusión objetivo específico 1**

En relación al primer objetivo específico se obtuvo que el filler calizo cambia la MDS los resultados obtenidos en el análisis muestran que tras la adición de filler calizo a la muestra de suelo natural proveniente de una subrasante insuficiente de la Avenida Los Álamos, en Villa El Salvador, Lima. En resumen, se observa que la máxima densidad seca varió desde 1.625 g/cm³ hasta 1.661 g/cm³, 1.705 g/cm³, 1.746 g/cm³ y 1.751 g/cm³, con incrementos del 2%, 5%, 7% y hasta 8%. Los cambios en la densidad seca del suelo arcilla-arenoso, debidos al filler calizo, fueron ascendentes, mostrando que a mayor porcentaje de mezcla con filler calizo, mayor es la densidad seca

En contrastación de la investigación de Corrales (2021) expuso que al pasar por un proceso de preparación de ceniza y aplicación en las muestras se llevó a cabo una investigación cuasi experimental, obtuvo como resultados siguientes: La plasticidad disminuyó del 7.80% al 5.9% cuando se añadió un 3% de ceniza de tallo de plátano. La compacidad también disminuyó de 1.58 g/cm³ a 1.574 g/cm³ con la incorporación de un 5% de Ceniza de tallo de plátano. Por otro lado, el CBR estaba en el 3.9% antes y mejoró al 8.3% con la adición del 7% de ceniza de tallos de plátano. Aparte de eso, el módulo resiliente se redujo de 6104.8 psi a 9899.2 psi con un 7% de ceniza de tallo de plátano.

- **Discusión objetivo específico 2**

En relación al segundo objetivo específico se obtuvo que el filler calizo presenta variaciones significativas en el valor de soporte de los suelos con arena, cuyos valores

obtenidos en el 95% de MDS en la muestra control (M1) el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 5%, en la (MC)+4% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 9.3%, en la (MC)+6% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 12.4%, en la (MC)+8% de filler calizo el valor de soporte aumento de 3.5% hasta 15.3%. En el 100% de MDS en la (MC)+2% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7 % hasta 10.7%, en la (MC)+4% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7% hasta 13.5.%, en la (MC)+6% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7% hasta 17.5%, en la (MC)+8% de filler calizo el valor de soporte aumento de 5.7% hasta 23.3%.

El autor Requejo (2020) identifico en su tesis que la resistencia del suelo arenoso se incrementó de 28.6% hasta 28.8% con 3% de cenizas, con 5% de cenizas la resistencia se incrementó hasta 29.7% asimismo el módulo resiliente varía entre 8042 psi hasta 19818 psi, finalmente con 7% de cenizas la resistencia se incrementó hasta 30.2%, concluyendo que las propiedades mecánicas del suelo arenoso natural obtenido en el Pueblo Joven Las Dunas se evaluaron a través de los ensayos de Proctor Modificado y CBR. La máxima densidad seca fue de 1.690 g/cm³ y CBR de 22.47 %.

- **Discusión objetivo específico 3.**

En relación al tercer objetivo específico se obtuvo como resultado se aprecia los resultados del módulo de resiliencia con la adición de filler calizo en la muestra control, MC + 2%, +4%, +6% y +8% de filler calizo, obteniendo resultados de 5696.3 psi, 7157.0 psi, 10646.8 psi, 10204.1 psi y 11454.4 psi respectivamente. Al realizar la muestra control y las muestras experimentales el módulo resiliente se incrementa de 0.26% hasta 1.01%, finalmente en comparación con la muestra control y las muestras experimentales el módulo resiliente se incrementa de 0.26%, 0.87%, 0.79% 1.01%.

En contraste con la investigación del autor Encalada (2020) en su tesis identifico que la muestra del suelo natural obtuvo valores de CBR de 34.9%, 22.2%, 13.6% y en las muestras con mezcla de 5% de cal el CBR se incrementó hasta 44.8%, 38.5%, 16.6%, con 10% de incremento hasta 51.2%, 32.2%, 14.9%, con 15% de cal la CBR se incrementó hasta 56.8%, 38.5%, 17.6% , con cenizas volantes el CBR aumento hasta 42.6%, 32.5%, 14.5%, con 10% de cenizas volantes el CBR incremento hasta 52.1%, 40.2%, 13.5%, con 15% de cenizas volantes los valores de CBR aumento hasta 55.4%, 36.5%, 19.9%, finalmente concluyo: Al adicionar los dos materiales mencionados anteriormente, la resistencia del suelo natural antigua de 1.36 kg/cm² obtuvo un considerable aumento.

Discusión objetivo general.

En relación con el objetivo general, al evaluar los cambios en la estabilización de la subrasante con la adición de filler calizo, se alcanzó una densidad seca de 1.625 g/cm² en la muestra control (M1), y en las muestras experimentales (M2, M3, M4, M5) se obtuvieron valores de 1.661 g/cm², 1.705 g/cm², 1.746 g/cm² y 1.751 g/cm², respectivamente, con un coeficiente de determinación de $R^2=0.9831$. Además, se observó una tendencia al aumento del valor de soporte, donde la muestra control (M1) presentó un 3.5%, mientras que las muestras experimentales (M2, M3, M4, M5) mostraron incrementos de 5%, 9.3%, 12.4% y 15.3%, con un coeficiente de correlación de $R^2=0.9963$. Finalmente, en cuanto a la variación del módulo resiliente, la muestra control (M1) presentó un valor de 5696.3 psi, mientras que en las muestras experimentales (M2, M3, M4, M5) se obtuvieron valores de 7157.0 psi, 10646.8 psi, 10204.1 psi y 11454.4 psi, con un coeficiente de correlación de $R^2=0.9212$.

En comparación con el manual de carreteras, sección suelos y pavimentos EG 2014, se logró mejorar una subrasante insuficiente a una subrasante de buena calidad, alcanzando parámetros de CBR entre el 10% y 20%. De manera similar, los valores del módulo resiliente obtenidos se aproximan a los recomendados por AASHTO y la Norma Técnica Peruana, que varían entre 8042 psi y 13832 psi.

CONCLUSIONES

Conclusión 1

Se concluyó que la máxima densidad seca varió de 1.625 g/cm³ en la muestra control (M1) a 1.661 g/cm³ en la (M2) con un 2% de filler calizo, 1.705 g/cm³ en la (M3) con un 4%, 1.746 g/cm³ en la (M4) con un 6%, y 1.751 g/cm³ en la (M5) con un 8% de filler calizo. Estos cambios, que van del 2% al 8%, muestran una correlación significativa con un coeficiente de $R^2=0.9831$.

Conclusión 2

Se concluyó que la adición de filler calizo mejoró el valor de soporte del suelo arenoso tanto en el CBR al 95% de MDS como en el CBR al 100% de MDS. El suelo, que antes correspondía a una subrasante insuficiente, alcanzó una subrasante de buena calidad con un CBR entre 10% y 20%. Se deduce que a mayor porcentaje de filler calizo, mayor es el incremento del valor de soporte, con un coeficiente de correlación de $R^2=0.9963$ en el CBR al 95% de MDS y $R^2=0.9994$ en el CBR al 100% de MDS.

Conclusión 3

En el análisis del módulo resiliente, se concluyó que al añadir filler calizo, el módulo resiliente varía desde 5696.3 psi en la muestra de control hasta 7157.0 psi, 10646.8 psi, 10204.1 psi y 11454.4 psi en las cuatro muestras experimentales. Además, el coeficiente de correlación obtenido fue $R^2 = 0.9212$.

Conclusión 4

En la evaluación de los cambios generados en la estabilización de los suelos, se concluyó que se alcanzó una densidad seca de 1.625 g/cm² en la muestra de control (M1), y valores de 1.661 g/cm², 1.705 g/cm², 1.746 g/cm² y 1.751 g/cm² en las muestras (M2, M3, M4, M5), con un coeficiente de determinación de $R^2 = 0.9831$. Además, se observó una tendencia en el cambio del valor de soporte, donde la muestra de control (M1) presentó un valor de 3.5%, y las muestras experimentales M2, M3, M4 y M5 mostraron valores de 5%, 9.3%, 12.4% y 15.3%, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9963$. Finalmente, la tendencia de variación del módulo resiliente en la muestra de control (M1) fue de 5696.3 psi, mientras que las muestras experimentales M2, M3, M4 y M5 mostraron valores de 7157.0 psi, 10646.8 psi, 10204.1 psi y 11454.4 psi, con un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9212$.

RECOMENDACIONES

- **Recomendación C1**

Se recomienda evaluar las propiedades físicas y químicas del filler calizo para tener conocimiento si cuentan con alguna composición química del cemento en el que podría aportar en la estabilización de suelos expansibles.

- **Recomendación C2**

Mejorar los métodos de investigación de manera que se puedan realizar más ensayos como el SPT para saber que material presenta por debajo de los tres metros de la subrasante

- **Recomendación C3**

Se debe tener cuidado con las consecuencias de no aplicar el 6% de filler calizo si se trata de usar en proyectos viales de estabilización de suelos, ya que esta dosis utilizada logra estabilizar la subrasante mejorando de subrasante insuficiente hasta subrasante buena, lo cual al excederse se los 6% ya estaría generándose sobre costo en la estabilización.

- **Recomendación CG**

Para futuras investigaciones, es recomendable emplear el filler calizo como prueba para estabilizar suelos expansibles en climas tropicales porque según los resultados de esta investigación a partir de la mezcla del suelo arenoso con 6% de filler calizo se logró mejorar hasta una subrasante bueno con un valor de soporte de 17.5%.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, A y Cardenas, P. 2023.** *Estabilización de suelos arenosos mediante la adición de silicato de sodio en la subrasante de la alameda sur de Chorrillos.* Lima, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas . Lima : s.n., 2023. Tesis para optar título profesional.
- Alarcón, Jiménez y Benítez. 2020.** *Stabilization of soils through the use of oily sludge.* Tunja, Colombia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Tunja, Colombia : s.n., 2020. Artículo científico.
- Anticona, J. 2020.** *Adición de concha de abanico triturado como elemento estabilizador en suelos arenosos en la Avenida Umanmarca, Villa el Salvador 2020.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
- Arias, F. 2012.** *El Proyecto de Investigación, Introducción a la Metodología Científica.* Sexta. Caracas : Episteme, 2012.
- Avila, G. 2021.** *Mejoramiento de la sub rasante de la via afirmada de la carretera Huanuco-Marabamba mediante la adición de porcentajes de óxido de calcio 2019.* Facultad de ingeniería, Universidad de Huanuco. Huanuco : s.n., 2021. Tesis de pregrado.
- Bonavetti, V. 1998.** *Cementos con Filler Calcareo.* s.l. : Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 1998.
- Borselli, L. 2023.** *Clasificación ingenieril de los suelos y de los macizos rocosos.* Instituto de geología Fac. De Ingeniería, UASLP. 2023.
- Brajas, D. 2019.** *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones.* s.l. : Cengage Learning, 2019. Vol. Séptima edición.
- Cañar, E. 2019.** *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón.* Ambato, Universidad Técnica De Ambato. Ambato – Ecuador : s.n., 2019. Trabajo experimental previo a la obtención del título de ingeniero civil.
- Cespedes, J. 2019.** *Estabilización de un suelo arenoso con emulsión asfáltica.* Santa Cruz Bolivia : Universidad Autonoma Gabriel Rene Moreno, 2019.
- Corrales, J. 2021.** *Estabilización de subrasantes blandas con cenizas de tallos de banano en zonas tropicales, avenida Manu, Salvación, Madre de Dios 2021.* Lima : s.n., 2021.
- Encalada, J. 2020.** *Aplicación de cenizas volantes de carbón y cal para mejorar la estabilización de suelos arenosos en la ciudad Pachacútec, Ventanilla, Callao.* LIMA – PERÚ, Universidad Cesar Vallejo. 2020. Tesis para optar el título profesional de

ingeniero civil.

- Fultum.** Tipos de suelos en la construcción . *Tipos de suelos en la construcción* . [En línea] Fultum.
- Geotechnical Consulting. 2018.** Metodo para determinar la densidad maxima y minima. *Metodo para determinar la densidad maxima y minima*. [En línea] 2018.
- Hernández, J. 2021.** *Estabilizacion de suelos con polímeros*. Facultad de ingeniería , Universidad de la república. 2021. tesis de postgrado.
- Hernandez, R. 2014.** *Metodologia De La Investigación*. s.l. : 6ta edición, 2014.
- Hernández, S, Fernández, C y Bapista, L. 2010.** *Metodología de la investigación*. 5ta Edición. México D.F : s.n., 2010.
- Hossne, A. 2014.** *Elastoplasticidad de un suelo franco arenoso de sabana*. Saber : s.n., 2014.
- Imeco S.A Canteras .** <https://imecosa.com/filler-calizo/>. <https://imecosa.com/filler-calizo/>. [En línea]
- Lambe, W y Whitman, R. 2012.** *Mecanica de suelos*. [ed.] Universidad Antonio Nariño. Limusa Mexico : s.n., 2012.
- Ministerio De Transportes y Comunicaciones. 2017.** *MTCE132 - CBR de Suelos (Laboratorio)*. Lima : s.n., 2017.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. 2014.** *Suelos, geologia, geotecnia y pavimentos: Seccion suelos y pavimentos*. Lima : s.n., 2014.
- MTC, Ministerio de Transportes y comunicaciones. 2013.** *Manual de Carretras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. 2013.
- Múnera, J y Aguiar, J. 2020.** *Estimación del módulo resiliente para materiales*. Universidad de Costa Rica. Costa Rica : s.n., 2020. Artículo científico.
- Noriega, A y Vives, A. 2022.** *Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento*. 2022.
- Requejo, R. 2020.** *Estabilización de suelos arenosos utilizando oriza sativa (arroz), pueblo joven las dunas - Lambayeque-Perú 2019*. Pimentel : Universidad Señor de Sipan, 2020.
- Sánchez, H, Reyes, C y Mejía, K. 2018.** *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. Lima : s.n., 2018.
- Vásquez, L. 2011.** *"Incidencia de los instrumentos de evaluación en el desarrollo de las competencias metacognitivas de los estudiantes del primer año de la facultad de pedagogía, psicología y educación de la universidad católica de cuenca"*. Facultad De Ciencias Humanas Y De La, Universidad Técnica De Ambato. Ambato : s.n., 2011. Tesis Pregrado.

- Vásquez, W. 2020.** *Metodología de la investigación.* Unidad Académica de Estudios Generales, Universidad de San Martín de Porres. Ciudad Universitaria Santa Anita : s.n., 2020.
- Wuelmer, M. 2020.** *Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas.* Piura, Universidad de Piura. Piura : s.n., 2020. Tesis de pregrado.
- Zapata, R. 2018.** *Tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limosos.* Facultad de ciencias exactas ingeniería y agrimensura. 2018.

ANEXO

ANEXO 1: Matriz de consistencia

ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AV. LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general:</p> <p>¿Cómo varía la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Evaluar los cambios que se produce en la estabilización, de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos varía significativamente en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.</p>	<p>Variable Independiente:</p> <p>Filler Calizo</p>	<p>Componentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato de Calcio • Arcilla • Materia Orgánica 	<p>MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Científico</p> <p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada</p> <p>NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Explicativo.</p> <p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Cuasi experimental</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA: POBLACIÓN: El tamaño de la población será los suelos arenosos de la Av. Los Alamos, Villa el Salvador Lima. MUESTRA: Estará conformada los las muestras de suelos con 0%, 2%, 4%, 6% y 8% con relación al material.</p> <p>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Instrumentos de laboratorio - Fichas de registro de ensayos
				Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Químicas • Mecánicas 	
				Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • 0% • 2% • 4% • 6% • 8% 	
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto cambia la densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023? • ¿Cuánto varía el valor de soporte en la estabilización de la 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estimar cuanto cambia la densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023. • Cuantificar la variación del valor de soporte en la 	<p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La densidad seca en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos cambia significativamente en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023. • El valor de soporte en la estabilización de la subrasante 		<p>Máxima densidad seca</p>	<ul style="list-style-type: none"> • MDS • OCH 	
				Valor de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS 	

<p>subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánto cambia el módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023? 	<p>estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar cuanto cambia el módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023. 	<p>empleando filler calizo en suelos arenosos varia significativamente en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El módulo resiliente en la estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos cambia significativamente en la Av. Los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023. 	<p>Variable dependiente:</p> <p>Suelos arenosos</p>	<p>Módulo de resiliencia</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS 	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas técnicas de laboratorio <p>TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estadístico y probalístico.
---	--	--	--	------------------------------	---	--

ANEXO 2: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
1: Variable Independiente Filler calizo	De acuerdo con la definición proporcionada por (Anticona, 2020), se trata de un producto finamente molido de origen calizo, con una granulometría que varía entre 45 y 300 micras (1 mm equivale a 1000 micras).	La VI: Filler calizo se evaluó en función a sus dimensiones que son, D1: Composición, D2: Propiedades y D3: Dosificación a su vez cada una de las dimensiones cuenta con un indicador.	Composición	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato de Calcio • Arcilla • Materia Orgánica
			Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Químicas • Mecánicas
			Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • 0% • 2% • 4% • 6% • 8%
2: Variable Dependiente Suelos arenosos	En palabras de (Cespedes, 2019) El suelo arenoso muestra una baja resistencia cuando está húmedo, especialmente en lo que respecta a la resistencia al corte y a la compresibilidad, además de contener sales y sedimentación de grava.	La VD: Suelos arenosos se evaluó en función a sus tres dimensiones las cuales son, D1: Máxima densidad seca, D2: Valor de soporte D3: Modulo de resiliencia, a su vez cada una de las dimensiones cuenta con un indicador.	Máxima densidad seca	<ul style="list-style-type: none"> • MDS • OCH
			Valor de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS
			Expansión	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS

ANEXO 3: Matriz de operacionalización del instrumento.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
1: Variable Independiente Filler calizo	Composición	<ul style="list-style-type: none"> • Carbonato de Calcio • Arcilla • Materia Orgánica 	Fichas técnicas	Razón
	Propiedades	<ul style="list-style-type: none"> • Químicas • Mecánicas 	Fichas técnicas	Razón
	Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • 0% • 2% • 4% • 6% • 8% 	Ficha de ensayos	Razón
2: Variable Dependiente Suelos arenosos	Máxima densidad seca	<ul style="list-style-type: none"> • MDS • OCH 	Formulario de recopilación de datos	Intervalo
	Valor de soporte	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS 	Formulario de recopilación de datos	Intervalo
	Expansión	<ul style="list-style-type: none"> • CBR al 95% de MDS • CBR al 100% de MDS 	Formulario de recopilación de datos	Intervalo

ANEXO 4: Validación Del Instrumento Por Alfa De Crombach

CALCULO DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO POR ALFA DE CRONBACH

Numero de expertos	Propiedades del filler calizo			Proporción del del filler calizo				Propiedades físicas					Densidad seca				Resistencia del suelo				Total cordialidad (x)
	Nº de expertos	Composición del filler calizo	Propiedades del filler calizo	2% del filler calizo	4% del filler calizo	6% del filler calizo	8% del filler calizo	Limites de consistencia	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Pasante al tamiz N°40	Fisura de los rollos de 3.2 mm de diametro muestra de suelo	Proctor Modificado	Contenido de agua	Peso unitario seco de los suebs	Material pasante al tamiz 4.75 mm (N°4)	CBR	Suelo suelto y superficial	Soporte del dias de penetración	Carga del Pstón	
Experto 1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	1	34
Experto 2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	27
Experto 3	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	26
Varianza	0.00	0.33	0.33	0.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	4.67

RANGOS	MAGNITUD
0.81 a 1.00	Muy Alta
0.60 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a menos	Muy Baja

ESTADISTICOS	VALORES	MAGNITUD
K	19	$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$
sumatoria de varianza= ($\sum S_i^2$)	4.67	
varianza total de la prueba ($\sum s_T^2$)	19.00	
Alfa de Cronbach	0.60	ALTA

Constancia de validación

Yo, ROBIN ROJAS RODRIGUEZ CIP N° 258495

De profesión INGENIERO CIVIL, y ejerciendo actualmente como JEFE DE LABORATORIO en la empresa MAPID, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la av. los Alamos Villa El Salvador, lima-2023" diseñado por el investigador, Añanca Estrada, Jimmy Alexander, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item - Dimensión			X
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los Ítems		X	
Precisión de los Ítems			X
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, el 15 del mes de Enero d



Firma y sello del validador

Nombres y apellidos: ROBIN ROJAS RODRIGUEZ

DNI: 7 45 92 96

Escala de actitudes hacia la investigación

Instrumento: Ficha de evaluación de ensayos

Nombre: ROBIN ROJAS RODRIGUEZ Edad: 38 AÑOS

Profesión: INGENIERO CIVIL

Empresa de trabajo: LABORATORIO MAPID

Área de trabajo: JEFE DE LABORATORIO

Escala de valores: Deficiente (3), Aceptable (2), Excelente (1)

Dimensión	N°	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Propiedades del filler calizo	Filler calizo				
	1	Composición del filler calizo	X	X	
	2	Propiedades del filler calizo			X
Observaciones					
Proporción del filler calizo	Parámetros				
	1	2% del filler calizo			X
	2	4% del filler calizo			X
	3	6% del filler calizo			X
	4	8% del filler calizo			X
Observaciones					
Propiedades físicas	1	Límites de consistencia			X
	2	Clasificación SUCS		X	
	3	Clasificación AASHTO			X
	4	Pasante al tamiz N°40		X	
	5	Fisura de los rollos de 3.2 mm de diámetro muestra de suelo			X
Observaciones					
Densidad seca	Resistencia				
	1	Proctor Modificado			X
	2	Contenido de agua		X	
	3	Peso unitario seco de los suelos		X	
4	Material pasante al tamiz 4.75 mm (N°4)		X		
Observaciones					
Resistencia del suelo	Resistencia				
	1	CBR		X	
	2	Suelo suelto y superficial			X
	3	Soporte de días de penetración			X
4	Carga del Pistón			X	
Observaciones					

Constancia de validación

Yo, Luis Gamara Espinoza CIP N° 498931 - 198731

De profesión Ingeniero Civil, y ejerciendo actualmente como Jefe de Laboratorio, en la empresa de Mecanica de Suelos Laboratorio hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la av. los Alamos Villa El Salvador, lima-2023" diseñado por el investigador, Añanca Estrada, Jimmy Alexander, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item - Dimensión		X	
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los ítems			X
Precisión de los ítems		X	
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, el 15 del mes de Enero del 2024


 Luis Gamara Espinoza
 INGENIERO CIVIL
 CIP 198731

Firma y sello del validador

Nombres y apellidos: Luis Gamara Espinoza

DNI: 42627018

Escala de actitudes hacia la investigación

Instrumento: Ficha de evaluación de ensayos

Nombre: Luis Gamara Espinoza Edad: 40 años

Profesión: Ingeniero Civil

Empresa de trabajo: Independiente

Área de trabajo: Jefe de Laboratorio de Mecanica de Suelos

Escala de valores: Deficiente (3), Aceptable (2), Excelente (1)

Dimensión	Nº	item	Deficiente	Aceptable	Excelente
Propiedades del filler calizo	Filler calizo				
	1	Composición del filler calizo		X	
	2	Propiedades del filler calizo		X	
Observaciones					
Proporción del del filler calizo	Parámetros				
	1	2% del filler calizo		X	
	2	4% del filler calizo		X	
	3	6% del filler calizo			X
	4	8% del filler calizo			X
Observaciones					
Propiedades físicas	1	Límites de consistencia			X
	2	Clasificación SUCS			X
	3	Clasificación AASHTO			X
	4	Pasante al tamiz N°40			X
	5	Fisura de los rollos de 3.2 mm de diámetro muestra de suelo			X
Observaciones					
Densidad seca	Resistencia				
	1	Proctor Modificado			X
	2	Contenido de agua		X	X
	3	Peso unitario seco de los suelos			X
4	Material pasante al tamiz 4.75 mm (N°4)		X		
Observaciones					
Resistencia del suelo	Resistencia				
	1	CBR		X	X
	2	Suelo suelto y superficial		X	
	3	Soporte de días de penetración			X
4	Carga del Pistón		X		
Observaciones					

Escala de actitudes hacia la investigación

Instrumento: Ficha de evaluación de ensayos

Nombre: RANDO PORRAS OLARTE Edad: 45

Profesión: INGENIERO CIVIL

Empresa de trabajo: INDEPENDIENTE - DOCENTE

Área de trabajo: UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

Escala de valores: Deficiente (3), Aceptable (2), Excelente (1)

Dimensión	Nº	Ítem	Deficiente	Aceptable	Excelente
Propiedades del filler calizo	Filler calizo				
	1	Composición del filler calizo		X	
	2	Propiedades del filler calizo		X	
Observaciones					
Proporción del del filler calizo	Parámetros				
	1	2% del filler calizo		X	
	2	4% del filler calizo			X
	3	6% del filler calizo		X	X
	4	8% del filler calizo		X	
Observaciones					
Propiedades físicas	1	Límites de consistencia		X	
	2	Clasificación SUCS		X	
	3	Clasificación AASHTO		X	
	4	Pasante al tamiz N°40		X	
	5	Fisura de los rollos de 3.2 mm de diámetro muestra de suelo		X	
Observaciones					
Densidad seca	Resistencia				
	1	Proctor Modificado			X
	2	Contenido de agua		X	
	3	Peso unitario seco de los suelos			X
4	Material pasante al tamiz 4.75 mm (N°4)		X		
Observaciones					
Resistencia del suelo	Resistencia				
	1	CBR		X	
	2	Suelo suelto y superficial		X	
	3	Soporte de días de penetración		X	
4	Carga del Pistón			X	
Observaciones					

Constancia de validación

Yo, RANDO PORRAS OLARTE CIP N° 87979

De profesión INGENIERO CIVIL, y ejerciendo actualmente como DOCENTE, en la empresa UNIVERSIDAD UPLA, hago constar que he revisado con fines de validación el instrumento "Estabilización de la subrasante empleando filler calizo en suelos arenosos en la av. los Alamos Villa El Salvador, Lima-2023" diseñado por el investigador, Añanca Estrada, Jimmy Alexander, y luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones:

	Deficiente	Aceptable	Excelente
Congruencia Item - Dimensión		X	
Amplitud de contenidos		X	
Redacción de los Ítems		X	
Precisión de los Ítems		X	
Ortografía		X	
Presentación			X

En la ciudad de Huancayo, el 15 del mes de Enero del 2024



Firma y sello del validador

Nombres y apellidos: RANDO PORRAS OLARTE

DNI: 3011 9788

ANEXO 5: Certificados de Laboratorio.

IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

Identificación del producto

Nombre comercial:

FILLER CALIZO

Información del Fabricante

Fabricante Química Peruana de Aditivos para Construcción y La Minería S.A.C
 Dirección Calle Pucará 155 Mz 37 Cesar Vallejo, VMT, Lima – Perú

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS			
Fórmula química	CO ₃ Ca	Coefficiente	CaO = 0,55
Composición teórica	100%		
PROPIEDADES FÍSICAS			
Aspecto	Filler	Tamaño	0 - 63µ
Color	Gris claro	Densidad real	2,77 Kg/dm ³
Perdida a 500 ° C	0,24 %	Sulfatos	< 0,1 %
SEGURIDAD E HIGIENE			
Reglamentación	No es nocivo. En caso de inhalación excesiva puede causar irritación respiratoria leve.		
ANÁLISIS QUÍMICO			
PARÁMETRO	RESULTADO	PARÁMETRO	RESULTADO
Carbonato de Calcio CaCO ₃	> 98,0 %	Oxido de Hierro Fe ₂ O ₃	0,14 %
Carbonato de Magnesio MgCO ₃	1,1 %	Oxido de Calcio CaO	54,9 %
Oxido de Silicio SiO ₂	0,2 %	Oxido de Magnesio MgO	0,53 %
Oxido de Aluminio Al ₂ O ₃	0,09 %		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (Analizador de partículas)			
Ø Partícula (µm)	% < Volumen	Ø Partícula (µm)	% < Volumen
10	56,3	63	100
20	74,4	75	100
40	97,9	100	100
UTILIZACIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> - Fabricación de prefabricados de hormigón prensados. - Fabricación de prefabricados de hormigón de extrusión. - Fabricación de prefabricados de hormigón fluido de desmoldeo diferido: paneles, vigas, etc. - Fabricación de hormigón autocompactante. - Regulación de ph en terrenos agrícolas. - Fabricación de hormigones semisecos usados en máquinas de vibro-compactación: bordillos, bloques, bovedillas, etc. - Aportación para la elaboración de piensos para alimentación animal. - Aportación para mezclas bituminosas. - Fabricación de fertilizantes. - Desulfuración de gases procedentes de la combustión de centrales térmicas. 			



INFORME DE ENSAYO

Código: MPH-INF-SOIL02-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural (0% Filler Calizo)

ASTM D 422
MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			
1/4"	6.350			
N° 4	4.750			100.0
N° 10	2.000	0.1	0.1	99.9
N° 20	0.850	0.1	0.2	99.8
N° 30	0.600	0.0	0.3	99.7
N° 40	0.425	0.2	0.5	99.5
N° 60	0.250	7.8	8.3	91.7
N° 100	0.150	24.5	32.8	67.2
N° 140	0.106	2.5	35.3	64.7
N° 200	0.075	0.7	36.1	63.9
<N°200	ASTM D 1140	63.9	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"	
Grava (Ret. N°4)	: 0.0 %
Arena	: 36.1 %
Fino (Pas. N°200)	: 63.9 %
ASTM D 4318 "Límites de Atterberg"	
Límite Líquido (L.L.)	: 23 %
Límite Plástico (L.P.)	: 15 %
Índice Plástico (I.P.)	: 8 %
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)	
A-4 (2)	
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)	
CL	
Arcilla arenosa de baja plasticidad	
Cont. de humedad	: 0.7 %
Observaciones:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al suelo natural.	

CURVA GRANULOMÉTRICA



Ejecución : P. Fernández A.
 Aprobación : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : Lima, 09 de Noviembre del 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf: (01) 6507548
 Mz. C. Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres. Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL01-2022
Fecha: 21/02/2022
Versión: 01
Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023
UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
DESCRIPCIÓN : Suelo Natural (0% Filler Calizo)

ASTM D 2216
MTC E 108

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	239	147
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	638.7	685.5
Peso cápsula + suelo seco (g)	635.0	681.7
Peso del Agua (g)	3.7	3.8
Peso de la cápsula (g)	108.4	135.9
Peso del suelo seco (g)	526.6	545.8
Contenido de Humedad (%)	0.7	0.7
Contenido de Humedad (RESULTADO) (%)	0.7	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución : P. Fernández A.
Aprobación : R. Rojas R.
Fecha de Emisión : Lima, 09 de Noviembre del 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
Mz. C. Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL08-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

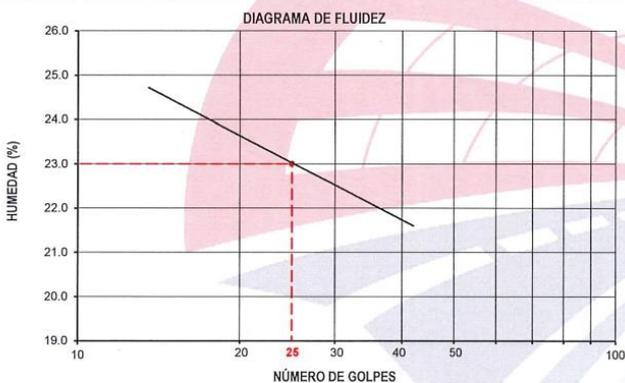
REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural (0% Filler Calizo)

ASTM D 4318 MTC E 110, MTC E 111

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS

DESCRIPCIÓN	ENSAYO N°	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
Cápsula N°		259	300	311	140	158	147
Peso cápsula + suelo húmedo	(g)	33.65	33.35	34.61	30.05	27.1	28.55
Peso cápsula + suelo seco	(g)	30.8	29.83	31.03	27.17	25.86	26.82
Peso del Agua	(g)	2.85	3.52	3.58	2.88	1.24	1.73
Peso de la cápsula	(g)	18.96	14.79	15.4	14.33	17.7	15.16
Peso del suelo seco	(g)	11.84	15.04	15.63	12.84	8.16	11.66
Contenido de humedad	(%)	24.1	23.4	22.9	22.4	15.2	14.8
Número de golpes		17	22	26	31		



RESULTADOS DE ENSAYOS		
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	23.0
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	15.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	(%)	8.0
COMENTARIOS:		
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.		
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".		
OBSERVACION:		
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.		
- Ensayo efectuado al suelo natural.		

Ejecución : P. Fernández A.
 Aprobación : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : Lima, 09 de Noviembre del 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres. Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 2 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Afanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

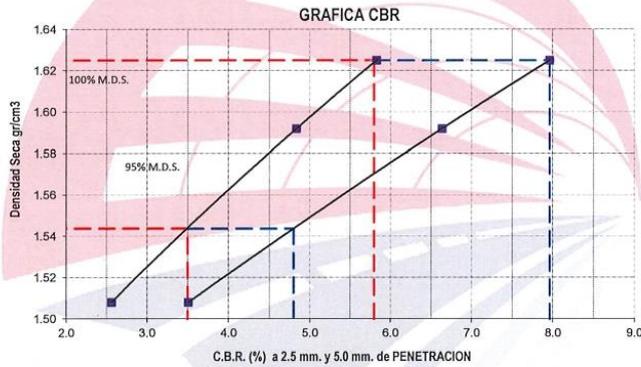
FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural (0% Filler Calizo)

ASTM D 1883
 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	CL	Horas	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-4 (2)	00:00:00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.18	0.00
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.08	0.03	0.18	0.04	0.24	0.05
Pasante Tamiz N°4	100.0%	Maxima densidad seca (gr/cm³)	1.625	48:00:00	0.12	0.06	0.22	0.08	0.30	0.10
Limite Liquido (%)	23.0	Optimo contenido humedad (%)	12.2	72:00:00	0.15	0.10	0.27	0.11	0.35	0.15
Indice Plastico (%)	8.0	Expansion (%)	0.13	96:00:00	0.19	0.13	0.31	0.15	0.41	0.19

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	5.8	8.0
95%	3.5	4.8



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecucion : P. Fernández A.
 Aprobacion : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

EQUIPO DE CBR

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : SOILTEST (USA)
 FACTOR DE CELDA (lb) : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPH-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

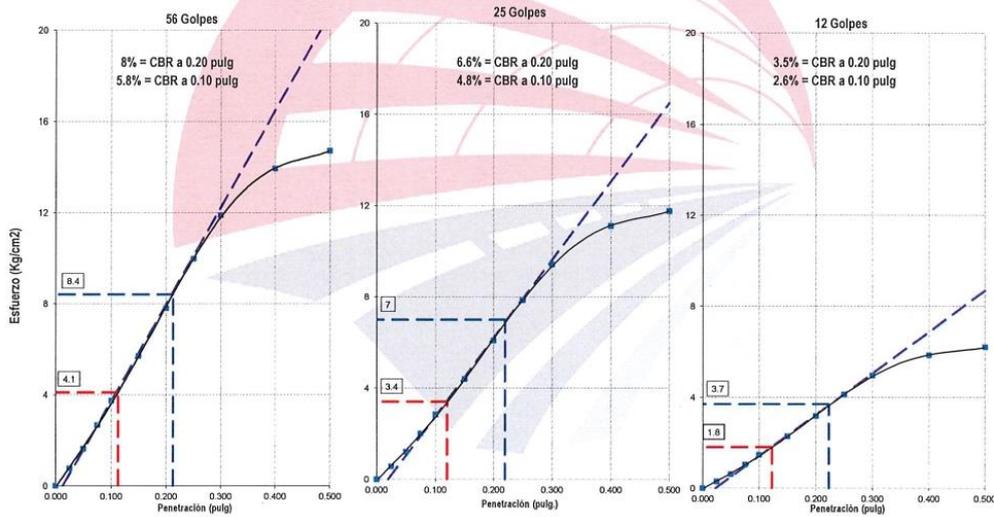
REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural (0% Filler Calizo)

ASTM D 1883
 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-47		M-30		M-21		Molde N°	M-47		M-30		M-21	
Condicion de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg
N° Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)								
Peso Molde + Suelo Humedo	gr	8142.0	8202.1	8199.0	8315.1	7728.0	7880.0	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde	gr	4323.0	4323.0	4381.0	4381.0	4175.0	4175.0	0.025	14.7	0.8	10.9	0.6	5.6
Peso del Suelo Humedo	gr	3819.0	3879.1	3818.0	3934.1	3553.0	3705.0	0.050	31.3	1.6	23.4	1.2	12.0
Volumen del Espécimen	cm³	2096.0	2098.7	2141.0	2144.3	2102.0	2106.2	0.075	51.7	2.7	39.0	2.0	20.0
Densidad Humeda	gr/cm³	1.822	1.848	1.783	1.835	1.690	1.759	0.100	72.4	3.7	54.9	2.8	28.3
Densidad Seca	gr/cm³	1.625	1.623	1.592	1.590	1.508	1.505	0.150	110.4	5.7	84.9	4.4	44.0
Tarro N°		291	--	69	--	401	--	0.200	151.0	7.8	117.9	6.1	61.5
Tarro + Suelo Humedo	gr	452.3	--	515.7	--	464.1	--	0.250	192.9	10.0	152.1	7.9	79.6
Tarro + Suelo Seco	gr	418.1	--	470.4	--	420.7	--	0.300	230.0	11.9	182.5	9.4	95.8
Peso del Tarro	gr	135.6	--	92.8	--	61.7	--	0.400	269.6	13.9	215.1	11.1	113.2
Contenido de Humedad	%	12.1	13.9	12.0	15.4	12.1	16.9	0.500	284.9	14.7	227.8	11.8	120.0



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.



MAPID SAC
 Email: informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C. LT 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres. Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL23-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID

SOLICITANTE : Jimmy Alexander Afianca Estrada

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023

UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima

IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa

DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +2% Filler Calizo

ASTM D 1557
MTC E 115

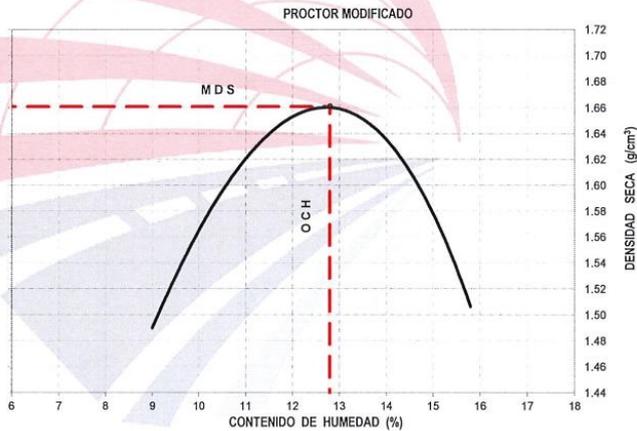
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1	E-2	E-3	E-4				
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3541.0	3678.0	3727.0	3650.0				
2	Peso del Molde	gr	1984.8	1984.8	1984.8	1984.8				
3	Peso Suelo Humedo	gr	1556.2	1693.2	1742.2	1665.2				
4	Volumen del Molde	cm ³	929.0	929.0	929.0	929.0				
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.675	1.823	1.875	1.792				
6	Tarro N°	-	187	104	341	218	579	389	446	448
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	511.1	503.5	540.7	492.2	513.6	636.3	440.4	540.2
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	479.7	464.8	493.4	455.1	461.3	571.6	389.6	481.5
9	Peso del Tarro	gr	139.5	67.6	68.8	138.8	69.6	88.6	56.5	97.7
10	Peso del Agua	gr	31.4	38.7	47.3	37.1	52.3	64.7	50.8	58.7
11	Peso Suelo Seco	gr	340.2	397.2	424.6	316.3	391.7	483.0	333.1	383.8
12	Contenido de Humedad	%	9.2	9.7	11.1	11.7	13.4	13.4	15.3	15.3
13	Promedio de Humedad	%	9.5		11.4		13.4		15.3	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.530		1.636		1.653		1.554	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pisón :	45.7 cm
Peso del Pisón	4.5 Kg
Volumen del Molde	929 cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ³
Número de Golpes / Capa	25

GRADACION DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"	100.0	100.0
2"	0.0	100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	0.0	100.0
<N°4	100.0	0.0

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.661 gr/cm ³
OCH	12.8 %



DATO:

- M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Optimo Contenido de Humedad.

DATOS DEL ESPÉCIMEN:

- Límite líquido (%) (MTC E-110) : 23.0
 - Índice de plasticidad (%) (MTC E-111) : 8.0
 - Pasante Tamiz N°200 (%) (MTC E-204) : 64.0
 - Clasificación SUCS (ASTM D 2487) : CL
 - Clasificación AASHTO (ASTM D 3282) : A-4 (2)

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución : P. Fernández A.
 Aprobación : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres. Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

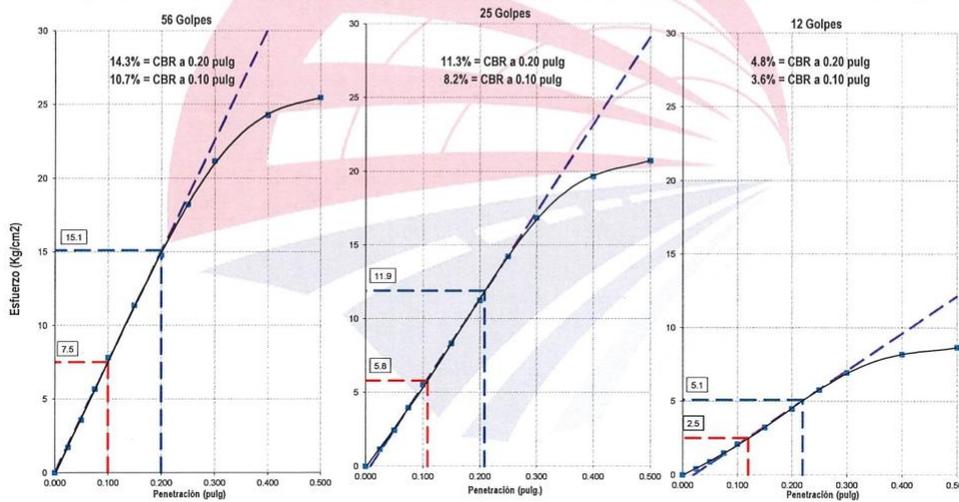
REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACION : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +2% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-19		M-6		M-28		M-19		M-6		M-28		
	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Penetra. (pulg)	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2
N° Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)								
Peso Molde + Suelo Humedo gr	8583.0	8646.3	8517.0	8639.0	7719.0	7883.6	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde gr	4728.0	4728.0	4669.0	4669.0	4033.0	4033.0	0.025	32.9	1.7	22.2	1.1	8.0	0.4
Peso del Suelo Humedo gr	3855.0	3918.3	3848.0	3970.0	3686.0	3850.6	0.050	68.8	3.6	47.0	2.4	17.2	0.9
Volumen del Espécimen cm ³	2059.0	2061.2	2101.0	2103.7	2104.0	2107.4	0.075	109.6	5.7	76.7	4.0	28.7	1.5
Densidad Humeda g/cm ³	1.872	1.901	1.832	1.887	1.752	1.827	0.100	151.0	7.8	107.0	5.5	40.4	2.1
Densidad Seca g/cm ³	1.661	1.659	1.627	1.625	1.555	1.552	0.150	219.9	11.4	161.1	8.3	62.4	3.2
Tarro N°	291	--	69	--	401	--	0.200	285.4	14.8	217.5	11.2	86.7	4.5
Tarro + Suelo Humedo gr	454.0	--	518.0	--	466.3	--	0.250	352.5	18.2	275.7	14.2	111.8	5.8
Tarro + Suelo Seco gr	418.1	--	470.4	--	420.7	--	0.300	409.6	21.2	326.6	16.9	134.2	6.9
Peso del Tarro gr	135.6	--	92.8	--	61.7	--	0.400	469.7	24.3	380.9	19.7	158.1	8.2
Contenido de Humedad %	12.7	14.6	12.6	16.2	12.7	17.7	0.500	492.4	25.4	401.8	20.8	167.5	8.7



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C. Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 2 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID

SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023

UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima

IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa

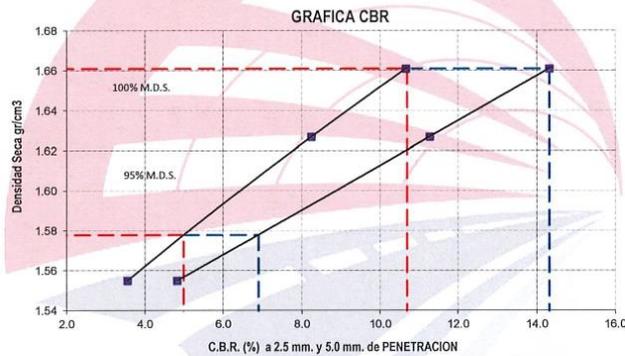
DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +2% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUICS	CL	Horas	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-4 (2)	00:00:00	0.06	0.00	0.09	0.00	0.05	0.00
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.09	0.03	0.13	0.03	0.10	0.04
Pasante Tamiz N°4	100.0%	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	1.661	48:00:00	0.12	0.05	0.17	0.06	0.15	0.08
Limite Liquido (%)	23.0	Optimo contenido humedad (%)	12.8	72:00:00	0.15	0.08	0.20	0.10	0.19	0.12
Indice Plastico (%)	8.0	Expansion (%)	0.11	96:00:00	0.18	0.11	0.24	0.13	0.24	0.16

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	10.7	14.3
95%	5.0	6.9



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecucion : P. Fernández A.
Aprobacion : R. Rojas R.
Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

EQUIPO DE CBR

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
MARCA / MODELO : SOILTEST (USA)
FACTOR DE CELDA (lb) : X + 0
AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
Email: Informes@mapid.pe / Telf: (01) 6507548
Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL23-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID

SOLICITANTE : Jimmy Alexander Afianza Estrada

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023

UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima

IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa

DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +4% Filler Calizo

ASTM D 1557
MTC E 115

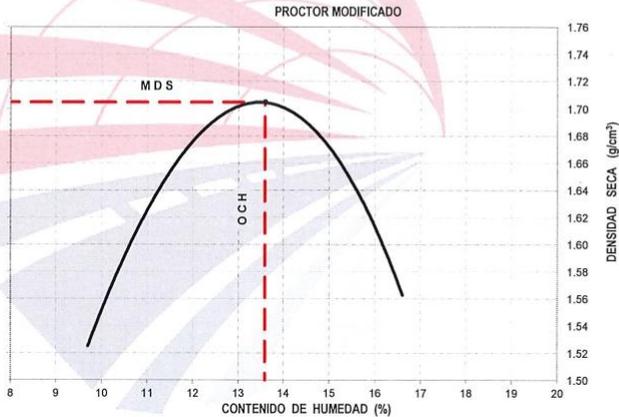
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1		E-2		E-3		E-4	
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3590.0		3734.0		3765.0		3716.0	
2	Peso del Molde	gr	1984.8		1984.8		1984.8		1984.8	
3	Peso Suelo Humedo	gr	1605.2		1749.2		1801.2		1731.2	
4	Volumen del Molde	cm ³	929.0		929.0		929.0		929.0	
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.728		1.883		1.939		1.864	
6	Tarro N°	-	552	339	92	134	426	186	113	410
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	624.2	530.0	436.3	584.1	542.8	498.4	573.2	579.9
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	575.0	485.8	395.8	535.9	486.1	454.2	503.4	513.0
9	Peso del Tarro	gr	82.8	56.8	66.8	130.3	82.6	141.8	69.3	94.6
10	Peso del Agua	gr	49.2	44.2	40.5	48.2	56.7	44.2	69.8	66.9
11	Peso Suelo Seco	gr	492.2	429.0	329.0	405.6	403.5	312.4	434.1	418.4
12	Contenido de Humedad	%	10.0	10.3	12.3	11.9	14.1	14.1	16.1	16.0
13	Promedio de Humedad	%	10.2		12.1		14.1		16.1	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.588		1.680		1.699		1.606	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pistón :	45.7 cm
Peso del Pistón	4.5 Kg
Volumen del Molde	929 cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ³
Número de Golpes / Capa	25

GRADACION DE MUESTRA		
Serie Americana	Rel. Parc. (%)	Pasa (%)
3"		100.0
2"	0.0	100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	0.0	100.0
<N°4	100.0	0.0

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.705 gr/cm ³
OCH	13.6 %



DATO:

- M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Optimo Contenido de Humedad.

DATOS DEL ESPÉCIMEN:

- Límite líquido (%) (MTC E-110) : 23.0
 - Índice de plasticidad (%) (MTC E-111) : 8.0
 - Pasante Tamiz N°200 (%) (MTC E-204) : 64.0
 - Clasificación SUCS (ASTM D 2487) : CL
 - Clasificación AASHTO (ASTM D 3282) : A-4 (2)

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución : P. Fernández A.
 Aprobación : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Perú.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

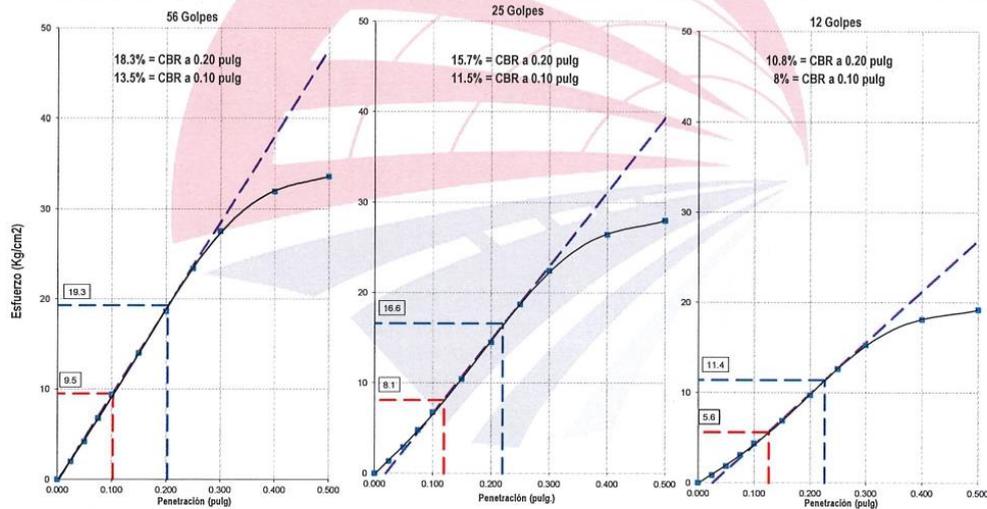
REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +4% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-1		M-20		M-8		Molde N°	M-1		M-20		M-8	
Condicion de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg
N° Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)		0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Molde + Suelo Humedo	gr	9014.0	9073.3	8210.0	8342.9	8574.0	0.025	38.4	2.0	26.0	1.3	16.4	0.8
Peso del Molde	gr	4986.0	4986.0	4218.0	4218.0	4845.0	0.050	81.0	4.2	55.7	2.9	35.5	1.8
Peso del Suelo Humedo	gr	4028.0	4087.3	3992.0	4124.9	3729.0	0.075	131.1	6.8	92.9	4.8	59.9	3.1
Volumen del Especimen	cm³	2078.0	2078.0	2102.0	2102.0	2061.0	0.100	182.0	9.4	130.8	6.8	84.8	4.4
Densidad Humeda	gr/cm³	1.938	1.967	1.899	1.962	1.809	0.150	270.9	14.0	202.3	10.5	133.2	6.9
Densidad Seca	gr/cm³	1.704	1.705	1.668	1.668	1.588	0.200	360.6	18.6	280.9	14.5	187.9	9.7
Tarro N°		74	--	260	--	44	0.250	452.9	23.4	362.3	18.7	244.6	12.6
Tarro + Suelo Humedo	gr	535.7	--	518.6	--	474.0	0.300	533.1	27.5	434.7	22.5	295.5	15.3
Tarro + Suelo Seco	gr	487.9	--	462.9	--	423.4	0.400	618.1	31.9	512.3	26.5	350.2	18.1
Peso del Tarro	gr	139.5	--	60.3	--	60.1	0.500	650.7	33.6	542.6	28.0	371.6	19.2
Contenido de Humedad	%	13.7	15.4	13.8	17.6	13.9							



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 2 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID

SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023

UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima

IDENTIFICACION : Muestra Representativa

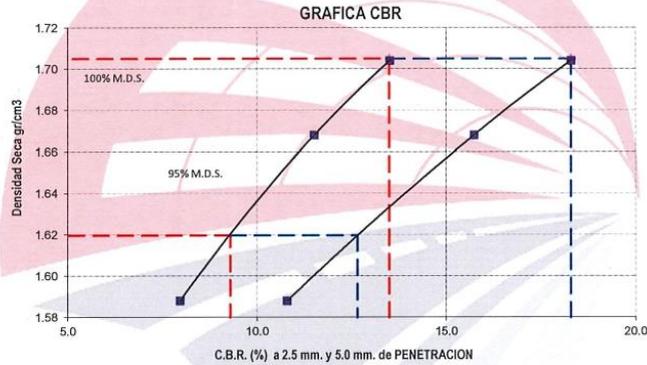
DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +4% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	CL	Horas	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-4 (2)	00:00:00	0.03	0.00	0.03	0.00	0.04	0.00
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.05	0.02	0.06	0.02	0.07	0.03
Pasante Tamiz N°4	100.0%	Maxima densidad seca (gr/cm³)	1.705	48:00:00	0.07	0.03	0.09	0.05	0.10	0.05
Límite Líquido (%)	23.0	Óptimo contenido humedad (%)	13.6	72:00:00	0.09	0.05	0.11	0.07	0.13	0.08
Índice Plástico (%)	8.0	Expansion (%)	0.07	96:00:00	0.11	0.07	0.14	0.09	0.16	0.10

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	13.5	18.3
95%	9.3	12.7



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución : P. Fernández A.

Aprobación : R. Rojas R.

Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

EQUIPO DE CBR

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR

MARCA / MODELO : SOILTEST (USA)

FACTOR DE CELDA (lb) : X + 0

AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
San Martín de Porres, Lima, Perú.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL23-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/IMAPID

SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023

UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima

IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa

DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +6% Filler Calizo

ASTM D 1557
MTC E 115

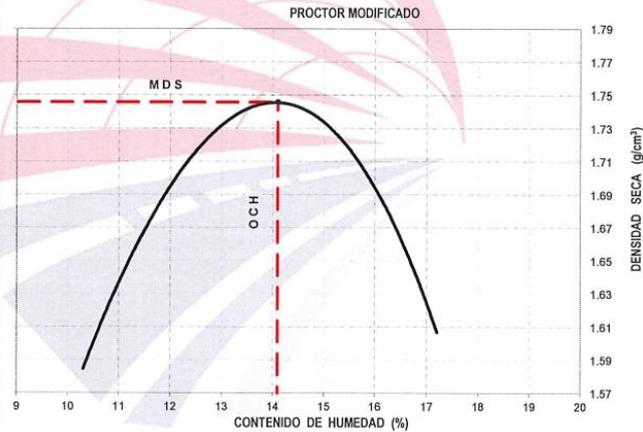
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1	E-2	E-3	E-4				
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3655.0	3789.0	3839.0	3772.0				
2	Peso del Molde	gr	1984.8	1984.8	1984.8	1984.8				
3	Peso Suelo Humedo	gr	1670.2	1804.2	1854.2	1787.2				
4	Volumen del Molde	cm ³	929.0	929.0	929.0	929.0				
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.798	1.942	1.996	1.924				
6	Tarro N°	-	480	289	197	33	532	359	204	347
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	568.2	447.7	586.5	620.7	436.0	639.9	613.3	445.8
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	520.9	415.1	535.7	557.7	391.7	567.5	545.4	389.9
9	Peso del Tarro	gr	85.7	107.8	133.7	64.2	87.6	70.6	139.7	54.5
10	Peso del Agua	gr	47.3	32.6	50.8	63.0	44.3	72.4	67.9	55.9
11	Peso Suelo Seco	gr	435.2	307.3	402.0	493.5	304.1	496.9	405.7	335.4
12	Contenido de Humedad	%	10.9	10.6	12.6	12.8	14.6	14.6	16.7	16.7
13	Promedio de Humedad	%	10.8		12.7		14.6		16.7	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.623		1.723		1.742		1.649	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pisón :	45.7 cm
Peso del Pisón	4.5 Kg
Volumen del Molde	929 cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ³
Número de Golpes / Capa	25

GRADACION DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"	0.0	100.0
2"	0.0	100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	0.0	100.0
<N°4	100.0	0.0

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.746 gr/cm ³
OCH	14.1 %



DATO:

- M.D.S. =Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

DATOS DEL ESPÉCIMEN:

- Límite Líquido (%) (MTC E-110) : 23.0
 - Índice de plasticidad (%) (MTC E-111) : 8.0
 - Pasante Tamiz N°200 (%) (MTC E-204) : 64.0
 - Clasificación SUCS (ASTM D 2487) : CL
 - Clasificación AASHTO (ASTM D 3282) : A-4 (2)

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución : P. Fernández A.

Aprobación : R. Rojas R.

Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 2

DATOS DEL SERVICIO

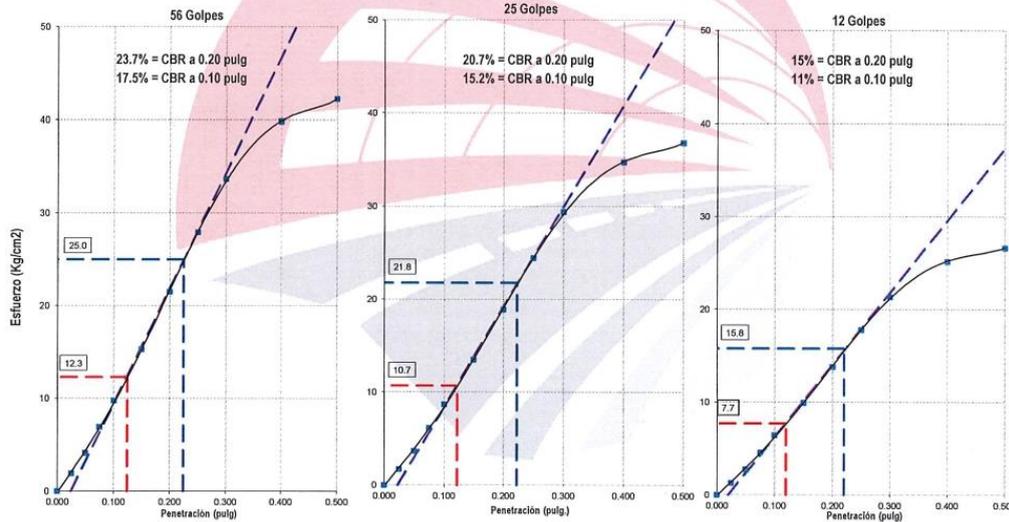
EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPI
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Afianca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +6% Filler Calizo

ASTM D 1883
 MTC E 132
CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-44		M-51		M-38		Molde N°	M-44		M-51		M-38	
Condicion de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg
N° Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)								
Peso Molde + Suelo Humedo gr	8362.0	8429.6	8522.0	8626.3	8577.0	8719.6	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde gr	4284.0	4284.0	4420.0	4420.0	4667.0	4667.0	0.025	37.0	1.9	33.0	1.7	24.7	1.3
Peso del Suelo Humedo gr	4078.0	4145.6	4102.0	4206.3	3910.0	4052.6	0.050	79.7	4.1	71.1	3.7	53.0	2.7
Volumen del Espécimen cm³	2047.0	2048.3	2099.0	2099.0	2104.0	2104.0	0.075	134.1	6.9	119.1	6.2	88.3	4.6
Densidad Humeda gr/cm³	1.992	2.024	1.954	2.004	1.858	1.926	0.100	189.6	9.8	168.1	8.7	124.4	6.4
Densidad Seca gr/cm³	1.746	1.745	1.711	1.711	1.629	1.629	0.150	296.3	15.3	261.5	13.5	192.3	9.9
Tarro N°	451	--	181	--	334	--	0.200	416.1	21.5	365.6	18.9	267.0	13.8
Tarro + Suelo Humedo gr	529.0	--	420.4	--	553.7	--	0.250	540.3	27.9	473.4	24.5	344.4	17.8
Tarro + Suelo Seco gr	480.1	--	375.3	--	495.6	--	0.300	651.4	33.7	569.7	29.4	413.2	21.4
Peso del Tarro gr	133.7	--	58.1	--	82.7	--	0.400	770.8	39.8	673.0	34.8	487.0	25.2
Contenido de Humedad %	14.1	16.0	14.2	17.1	14.1	18.2	0.500	817.5	42.2	713.4	36.9	515.8	26.7



COMENTARIO:

- Capacidad de calda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.



MAPID SAC
 Email.: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPH-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 2 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

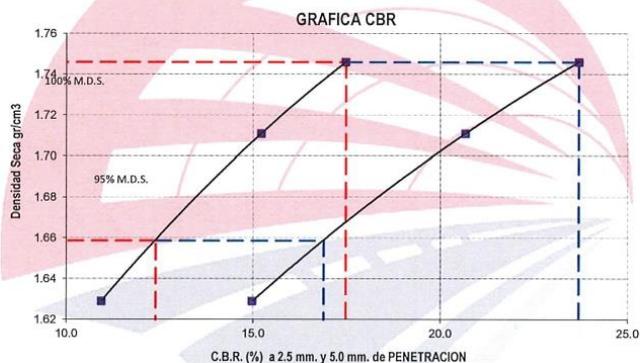
FECHA : Lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +6% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	CL	Horas	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-4 (2)	00:00:00	0.18	0.00	0.04	0.00	0.11	0.00
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.20	0.02	0.04	0.00	0.11	0.00
Pasante Tamiz N°4	100.0%	Maxima densidad seca (gr/cm³)	1.746	48:00:00	0.22	0.03	0.04	0.00	0.11	0.00
Limite Liquido (%)	23.0	Optimo contenido humedad (%)	14.1	72:00:00	0.23	0.05	0.04	0.00	0.11	0.00
Indice Plastico (%)	8.0	Expansion (%)	0.06	96:00:00	0.25	0.06	0.04	0.00	0.11	0.00

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	17.5	23.7
95%	12.4	16.9



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

EQUIPO DE CBR

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : SOILTEST (USA)
 FACTOR DE CELDA (lb) : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

Ejecucion : P. Fernández A.
 Aprobacion : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : Jueves, 9 de Noviembre de 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C. Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPH-INF-SOIL23-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 1

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACIÓN : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +8% Filler Calizo

ASTM D 1557
 MTC E 115

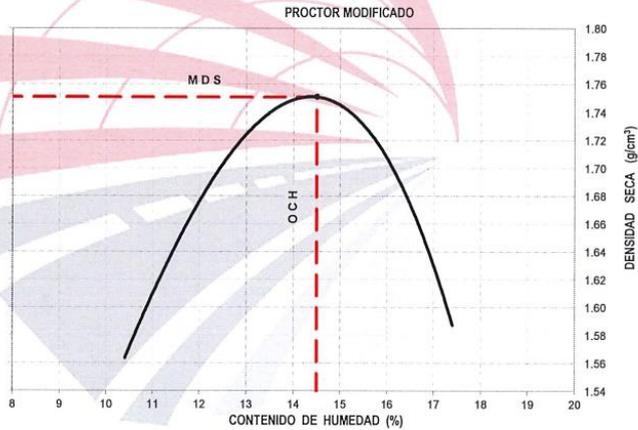
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1	E-2	E-3	E-4				
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3636.0	3783.0	3849.0	3766.0				
2	Peso del Molde	gr	1984.8	1984.8	1984.8	1984.8				
3	Peso Suelo Humedo	gr	1651.2	1798.2	1864.2	1781.2				
4	Volumen del Molde	cm ³	929.0	929.0	929.0	929.0				
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.777	1.936	2.007	1.917				
6	Tarro N°	-	361	133	6	89	556	17	43	294
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	559.8	520.0	589.7	502.3	652.4	638.0	433.8	635.9
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	511.0	481.7	534.7	453.3	577.9	567.3	379.4	556.8
9	Peso del Tarro	gr	56.7	136.2	112.9	65.9	82.8	93.6	59.1	85.1
10	Peso del Agua	gr	48.8	38.3	55.0	49.0	74.5	70.7	54.4	79.1
11	Peso Suelo Seco	gr	454.3	345.5	421.8	387.4	495.1	473.7	320.3	471.7
12	Contenido de Humedad	%	10.7	11.1	13.0	12.6	15.0	14.9	17.0	16.8
13	Promedio de Humedad	%	10.9		12.8		15.0		16.9	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.602		1.716		1.745		1.640	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pistón :	45.7 cm
Peso del Pistón	4.5 Kg
Volumen del Molde	929 cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ³
Número de Golpes / Capa	25

GRADACION DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"	0.0	100.0
2"	0.0	100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	0.0	100.0
<N°4	100.0	0.0

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.751 gr/cm ³
OCH	14.5 %



DATO:

- M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Optimo Contenido de Humedad.

DATOS DEL ESPÉCIMEN:

- Límite líquido (%) (MTC E-110) : NP
 - Índice de plasticidad (%) (MTC E-111) : NP
 - Pasante Tamiz N°200 (%) (MTC E-204) : 3.0
 - Clasificación SUCS (ASTM D 2487) : SP
 - Clasificación AASHTO (ASTM D 3282) : A-3 (0)

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

Ejecución : P. Fernández A.
 Aprobación : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C. LL 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres. Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 1 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID

SOLICITANTE : Jimmy Alexander Añanca Estrada

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023

UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima

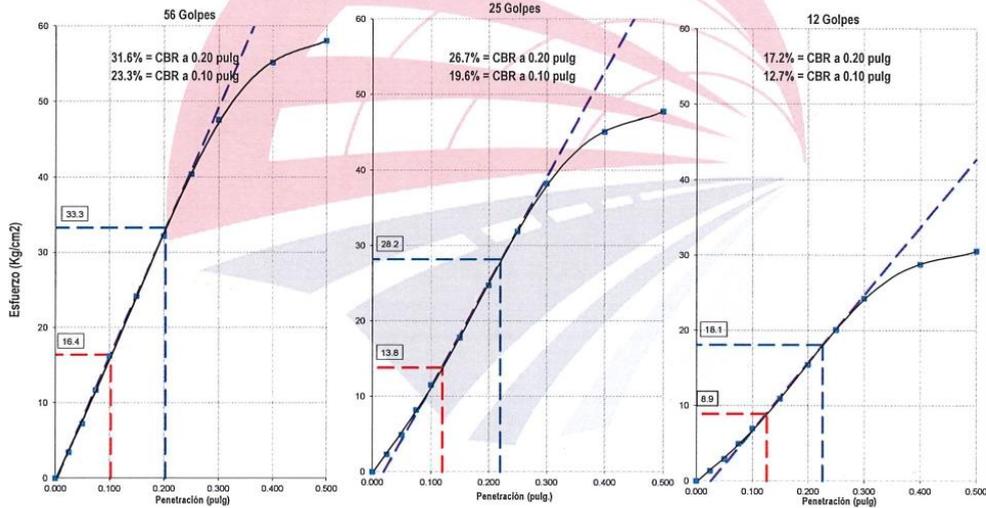
IDENTIFICACION : Muestra Representativa

DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +8% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-59		M-46		M-14		Molde N°	M-59		M-46		M-14	
Condicion de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg	Esfuerzo Kg/cm2	Lec. Kg
N° Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)								
Peso Molde + Suelo Humedo	gr	8688.0	8780.8	8907.0	9059.1	8559.0	8751.5	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde	gr	4451.0	4451.0	4761.0	4761.0	4721.0	4721.0	0.025	66.4	3.4	44.3	2.3	26.1
Peso del Suelo Humedo	gr	4237.0	4329.8	4146.0	4298.1	3838.0	4030.5	0.050	139.9	7.2	95.0	4.9	56.4
Volumen del Espécimen	cm³	2112.0	2113.1	2118.0	2119.3	2056.0	2056.0	0.075	226.3	11.7	158.3	8.2	95.2
Densidad Humeda	gr/cm³	2.006	2.049	1.958	2.028	1.867	1.960	0.100	314.2	16.2	222.9	11.5	134.8
Densidad Seca	gr/cm³	1.751	1.750	1.711	1.709	1.631	1.631	0.150	467.6	24.2	344.6	17.8	211.6
Tarro N°		433	--	400	--	559	--	0.200	622.5	32.2	478.6	24.7	298.6
Tarro + Suelo Humedo	gr	430.0	--	546.2	--	405.0	--	0.250	781.9	40.4	617.2	31.9	388.7
Tarro + Suelo Seco	gr	387.6	--	486.9	--	364.0	--	0.300	920.2	47.6	740.6	38.3	469.6
Peso del Tarro	gr	96.7	--	76.0	--	80.2	--	0.400	1067.1	55.1	872.9	45.1	556.5
Contenido de Humedad	%	14.6	17.1	14.4	18.6	14.5	20.2	0.500	1123.3	58.1	924.4	47.8	590.6



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al suelo natural.



MAPID SAC
Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
Mz. C, Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
San Martín de Porres. Lima. Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO



INFORME DE ENSAYO

Código: MPI-INF-SOIL24-2022

Fecha: 21/02/2022

Versión: 01

Página: 2 de 2

DATOS DEL SERVICIO

EXPEDIENTE N° : 0554-2023/MAPID
 SOLICITANTE : Jimmy Alexander Afianca Estrada
 PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EMPLEANDO FILLER CALIZO EN SUELOS ARENOSOS DE LA AVENIDA LOS ALAMOS VILLA EL SALVADOR, LIMA-2023

REFERENCIA DE LA MUESTRA

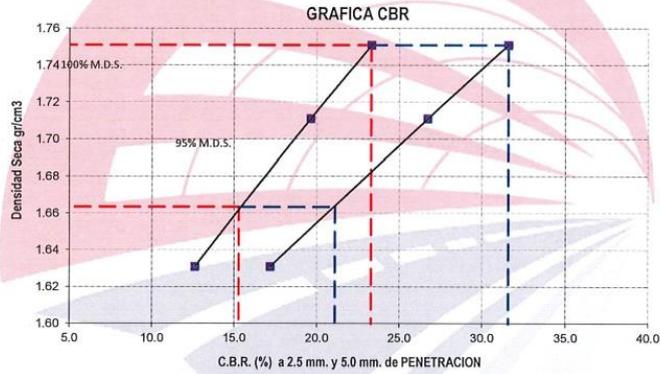
FECHA : lunes, 23 de Octubre de 2023
 UBICACIÓN : Villa el Salvador-Lima
 IDENTIFICACION : Muestra Representativa
 DESCRIPCIÓN : Suelo Natural +8% Filler Calizo

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	SP	Horas	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión	Lec. mm	Expansión
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-3 (0)	00:00:00	0.18	0.00	0.06	0.00	0.08	0.00
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.20	0.01	0.08	0.01	0.08	0.00
Pasante Tamiz N°4	100.0%	Maxima densidad seca (gr/cm³)	1.751	48:00:00	0.21	0.03	0.10	0.03	0.08	0.00
Límite Líquido (%)	NP	Óptimo contenido humedad (%)	14.5	72:00:00	0.23	0.04	0.11	0.04	0.08	0.00
Índice Plástico (%)	NP	Expansión (%)	0.05	96:00:00	0.24	0.05	0.13	0.06	0.08	0.00

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	23.3	31.6
95%	15.3	21.1



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 5000 Kg.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al suelo natural.

EQUIPO DE CBR

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : SOILTEST (USA)
 FACTOR DE CELDA (lb) : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

Ejecución : P. Fernández A.
 Aprobación : R. Rojas R.
 Fecha de Emisión : jueves, 9 de Noviembre de 2023

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento



MAPID SAC
 Email: Informes@mapid.pe / Telf.: (01) 6507548
 Mz. C. Lt. 24, Urb. Portales de Naranjal II Etapa,
 San Martín de Porres, Lima, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO

ANEXO 6: Panel fotográfico.

1. ELABORACIÓN DE CALICATAS



Fotografía 1. Exploración de la calicata N°1



Fotografía 2. Exploración de la calicata N°2



Fotografía 3. Exploración de la calicata N°3



Fotografía 4. Cuarteo de las muestras del suelo natural



Fotografía 5. Proceso de lavado de las muestras obtenidas en campo para realizar la prueba de granulometría de acuerdo al MTC E 107



Fotografía 6. Análisis de granulometría de la muestra en función la MTC E 107



Fotografía 7. Prueba de OCH en muestras del suelo convencional, según la NTP, 339.127



Fotografía 8. Prueba de LL en la muestra natural de acuerdo con la MTC E 110.

2. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO



Fotografía 9. Prueba de Proctor modificado de acuerdo con la norma MTC E 115

3. ENSAYOS DE CBR



a)



b)



c)



d)



e)

Fotografía 10. Ensayo de CBR Proctor modificado, en función al MTC E 132 con 2%, 4%, 6% y 8% de filler calizo



Fotografía 11. Muestras de suelo control y muestras experimentales del ensayo de CBR