



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Incorporación de cal y ceniza de madera para el mejoramiento de
la sub rasante en el distrito de Mala – Cañete 2021”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Chumpitaz De Las Casas, Anthony Junior ([ORCID: 0000-0003-4061-7390](#))

Pérez Tippe, Andrea Jahaira ([ORCID: 0000-0001-9897-8151](#))

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo ([ORCID: 0000-0002-0655-523X](#))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicado primero a dios por ser mi guía en la vida, a mis padres Luis y Jaqueline por su apoyo en este largo camino de la vida y carrera universitaria.

Dedicado a mis abuelos Amanda y Roberto que son como mis padres y ejemplo de vida y superación, a mis tíos y hermana Claudia a quienes amo y me dieron todo su aliento día a día.

A mis docentes, por sus enseñanzas dentro de las aulas y años de estudio.

Esta tesis se la dedico a dios por cuidarme y protegerme ante tantos problemas en la vida, a mis padres Konny y Lucio quienes me brindaron su apoyo en todo momento y cada día de mi vida en este camino.

Dedicado a mis hermanas Sandra, Angie y valentina quienes me alentaron todo el tiempo, a mi primo Cristhian quien es como mi hermano y mis amigos con quienes comencé este camino importante y ahora después de mucho somos colegas.

A mis docentes, por sus enseñanzas dentro de las aulas y años de estudio.

AGRADECIMIENTO

A mis padres por haberme acompañado en este camino, a toda mi familia quienes con su vasta experiencia logre este anhelo tan soñado de titularme y cumplir la meta de ser un profesional.

A nuestro docente Mg. Ing. Minaya Rosario Carlos por sus asesorías durante la elaboración de esta presente tesis.

A todos nuestros amigos de la universidad con quienes en algún momento empezamos y hoy en día somos colegas y compañeros de toda la vida.

A mi madre, quien siempre fue mi guía en estos años de vida que llevo, la única mujer que cuido y cuida de mí y así lo hará siempre, a ella es a quien dedico este sueño tan anhelado de titularme y cumplir la meta de ser un profesional, por ti y por mis hermanas está dedicado esta tesis.

A nuestro docente Mg. Ing. Minaya Rosario Carlos por sus asesorías durante la elaboración de esta presente tesis.

A todos nuestros amigos de la universidad con quienes en algún momento empezamos y hoy en día somos colegas y compañeros de toda la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Caratula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variables y operacionalización.....	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos Éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	38
VII. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Número de calicatas para la exploración de subrasante.....	9
Tabla 02. Tabla de símbolos para fines de identificación	9
Tabla 03. Volúmenes mínimos para el ensayo de densidad.....	10
Tabla 04. Métodos alternativos para ensayo Proctor Modificado	11
Tabla 05. Categorías de subrasante para el óptimo CBR.	11
Tabla 06. Numero de calicatas para exploración de suelos.....	14
Tabla 07. Numero de ensayos CBR para la muestra obtenida	15
Tabla 08. Numero de ensayos CBR para la muestra obtenida	16
Tabla 09. Análisis granulométrico por tamizado Calicata – 1.....	21
Tabla 10. Análisis granulométrico por tamizado Calicata – 2.....	22
Tabla 11. Análisis Granulométrico de la Calicata – 3 mediante tamizado	23
Tabla 12. Resultados del análisis granulométrico para los ensayos	24
Tabla 13. Resultados de los ensayos en laboratorio a la muestra natural (P).....	25
Tabla 14. Ensayos de densidad por el método del cono de arena incorporando CAL Y CDM.....	29
Tabla 15. Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación de Cal y Ceniza de Madera.	31
Tabla 16. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación de MF y MPT.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Mapa del Perú.....	18
Figura 02. Mapa de la región Lima	18
Figura 03. Localización de la carretera San Vicente de Azpitia.....	18
Figura 04. Calicata – 1.....	19
Figura 05. Calicata – 2.....	19
Figura 06. Calicata – 3.....	19
Figura 07. Registro de excavación	20
Figura 08. Muestra extraída.....	20
Figura 09. Curva Granulométrica Calicata	21
Figura 10. Análisis Granulométrico de la Calicata – 2 mediante tamizado	22
Figura 11. Análisis Granulométrico de la Calicata – 3 mediante tamizado	23
Figura 12. Gráfico de porcentaje de densidad del suelo natural	25
Figura 13. Gráfico del Optimo Contenido de Humedad Inicial.	26
Figura 14. Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra inicial.	27
Figura 15. Gráfico del California Bearing Ratio (CBR) de la muestra Natural.....	27
Figura 16. Material del suelo natural	28
Figura 17. Mezcla del SN + 2% CAL + 5% DE CDM.....	28
Figura 18. Gráficos del ensayo de cono de arena al suelo natural e incorporando CAL Y CENIZA DE MADERA.	29
Figura 19. Humedad de compactación adicionando 4.8% de agua	30
Figura 20. Compactación del material SN + 2% cal + 5% CDM	30
Figura 21. Gráfico del óptimo contenido de humedad con la incorporación de CAL + CDM.....	31

Figura 22. Gráfico de la Máxima densidad Seca con la incorporación de CAL + CDM	32
Figura 23. Pesado de la muestra.....	33
Figura 24. Prueba de penetración	33
Figura 25. Gráfico del Ensayo de CBR con la incorporación de CAL+ CMD.....	34

RESUMEN

La presente tesis titulada “Incorporación de cal y ceniza de madera para el mejoramiento de la subrasante en el distrito de Mala – Cañete 2021” tiene como objetivo principal el analizar las propiedades de la cal y la ceniza de madera para el mejoramiento de la subrasante en la carretera de Azpitia, distrito de Mala Cañete 2021. La metodología es de tipo aplicada, el diseño cuasi experimental, la población se conformó por todas las calicatas de 1.50 m de profundidad a lo largo de toda la carretera de Azpitia, las muestras fueron 03 calicatas y los ensayos realizados para determinar las características del suelo fueron densidad de campo por el método de cono de arena, Proctor modificado y CBR. Los resultados finalmente demostraron que al incorporar 2% de cal y 5% de ceniza de madera se mejoró el grado de compactación en 1.77%, se logró reducir el óptimo contenido de humedad al 7.0% y por último se obtuvo un C.B.R. al 95% de la M.D.S. de 38.6% y un C.B.R al 100% de la M.D.S. de 34.3%. Se concluyó así que la estabilización de la subrasante con cal y ceniza de madera influye positivamente en las propiedades de la subrasante en el terreno de la carretera localizado en Azpitia, distrito de Mala.

Palabras clave: Subrasante, ceniza de madera, cal, calicata, ensayos.

ABSTRACT

The present thesis entitled "Incorporation of lime and wood ash for the improvement of the subgrade in the district of Mala - Cañete 2021" has as main objective to analyze the properties of lime and wood ash for the improvement of the subgrade in the Azpitia highway, Mala Cañete district 2021. The methodology is of an applied type, the quasi-experimental design, the population was made up of all the 1.50 m deep pits along the entire Azpitia highway, the samples There were 03 pits and the tests carried out to determine the characteristics of the soil were field density by the sand cone method, modified Proctor and CBR. The results finally showed that by incorporating 2% lime and 5% wood ash, the degree of compaction was improved by 1.77%, the optimum moisture content was reduced to 7.0% and finally a C.B.R. 95% of the M.D.S. of 38.6% and a C.B.R at 100% of the M.D.S. 34.3%. It was thus concluded that the stabilization of the subgrade with lime and wood ash positively influences the properties of the subgrade on the road located in Azpitia, Mala district.

Keywords: Subgrade, wood ash, lime, pit, tests.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo, es común observar vías no pavimentadas debido a que el suelo en el que se encuentran no es favorable para un correcto diseño de infraestructura¹.

A nivel internacional en algunos países de América latina, a lo largo de los años encontraron múltiples formas de poder mejorar estas fallas en el suelo. Entre los países que se mencionan se encuentra **Ecuador**, los tesisistas utilizaron dos componentes siendo la cal y cemento los que lograron la estabilización del suelo y el incremento de su capacidad de soporte, **Guatemala** opto por implementar ceniza volante y cal con las cuales mejoro las propiedades del terreno, en **Cuba** se utilizó sales cuaternarios obteniendo resultados favorables, finalmente, **Colombia** al adicionar cascarilla de arroz en ciertos porcentajes pudo estabilizar el suelo, reduciendo su contenido de humedad.

A nivel nacional, existen distintos departamentos que optaron por utilizar alguna de estas ideas. **Puno** utiliza la ceniza volante, cemento y cal para mejorar la sub rasante, **Junín** aplico bolsas de polietileno en distintos tramos para poder reducir la expansión del suelo, en **Lima** se utilizó cloruro de sodio, cloruro de magnesio y cloruro de calcio obteniéndose la mejora de sus carpetas de afirmado, finalmente en **Huancavelica** se utilizó polímeros reciclados PET reduciendo la cantidad de arcilla.

En la región del distrito de Mala – provincia de Cañete, podemos encontrar una variedad de suelos con material conglomerado, siendo tomada como zona de estudio, el anexo de Azpitia cuenta con un tipo de terreno en trocha carrozable, es por ello que fue necesario mejorar las propiedades mecánicas y físicas de la sub rasante, optando por incorporar cal y ceniza de madera aprovechando esta materia prima dándole un mejor uso dentro de la Ingeniería Civil². Es por ello que en la actual investigación se ha planteado el siguiente **problema general**: ¿De qué manera influye la incorporación de cal y ceniza de madera en el mejoramiento de la sub rasante en la carretera de Azpitia, Distrito de Mala – Cañete 2021?

Así mismo los **problemas específicos**: ¿Cuánto influye la incorporación de cal y ceniza de madera en el grado de compactación en la sub rasante de la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021?

¿Cuánto influye la incorporación de cal y ceniza de madera en el contenido de humedad en la sub rasante de la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021?

¿Cuánto influye la incorporación de cal y ceniza de madera en la capacidad portante del suelo en la sub rasante de la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021?

Por consiguiente, se presenta la justificación de la investigación:

Justificación teórica, es cuando en la investigación se genera una reflexión o debate del conocimiento existente para confrontar algunas teorías³. En cuanto a la variable independiente se considera dos residuos reciclables. La cal se obtiene mediante un proceso de trituración de la piedra caliza, calcinación a altas temperaturas y tamizada⁴. La ceniza de madera se adquiere después de ser procesada en un horno industrial, dejando así los residuos en polvos⁵. Al realizar estos procesos se llega a un estado sólido en partículas muy pequeñas, por lo cual, se obtendrá los materiales necesarios de ambos residuos que son las que mejoraran la calidad del suelo natural. Respecto a la variable dependiente se considera solo una. Se pretende mejorar el suelo existente (subrasante), originando cambios en su estructura y propiedades, con la finalidad de desempeñar una mejora notable para su utilización futura⁶.

Justificación metodológica, se da cuando el proyecto que se realiza propone un nuevo método o estrategia para generar un conocimiento válido y confiable⁷. Variable independiente: cal y ceniza de madera, variable dependiente: estabilización de la sub rasante, ambos realizados en la carretera de Azpitia, distrito de Mala – Cañete, con la finalidad de obtener la mejora del suelo como valor primordial al incorporar ambos aditivos, llegando a su comprobación final demostrando su validez y confiabilidad mediante este proceso de estabilización.

Justificación social, señala de manera general a todos los que resultaran beneficiados con el mejoramiento de la sub rasante, ya sean los habitantes de la zona, turistas o comerciantes.

Justificación técnica, con el fin de poder demostrar detalladamente como mejora la estabilidad del suelo ambos aditivos, se realizarán propuestas de distintas alternativas utilizando cal y ceniza de madera para entender su aplicación.

Justificación ambiental, la utilización de cal y ceniza de madera tiene como finalidad el poder demostrar que ambos residuos contaminantes pueden ser reutilizados, dándoles un mejor uso en este tipo de proyectos y en otras distintas formas, considerando los parámetros en este caso del manual de carreteras respetando los ensayos de laboratorios y normas técnicas.

Objetivos:

Objetivo general: Evaluar la incorporación de cal y ceniza de madera en el mejoramiento de la sub rasante en la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.

Así mismo los objetivos específicos:

Especificar la incorporación de cal y ceniza de madera en el grado de compactación del suelo en la sub rasante en la carretera Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.

Determinar la incorporación de cal y ceniza de madera en el contenido de humedad de la sub rasante en la carretera Azpitia - Distrito de Mala - Cañete 2021.

Precisar la incorporación de cal y ceniza de madera en la capacidad portante de la sub rasante en la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.

Hipótesis:

Hipótesis general: La incorporación de cal y ceniza de madera mejorara la sub rasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.

Así mismo las hipótesis específica:

La incorporación de cal y ceniza de madera mejorará el grado de compactación en la subrasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.

La incorporación de cal y ceniza de madera reducirá el contenido de humedad en la subrasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.

La incorporación de cal y ceniza de madera aumentara la capacidad portante en la subrasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes internacionales tenemos a **Gavilanes B. (2015)**, teniendo como objetivo lo siguiente: el propósito de estabilizar el suelo mejorando su propiedad físico-mecánica al aumentar la durabilidad y resistencia con la finalidad de obtener un terreno con cimentación estable y satisfactoria. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Los resultados al incorporar 2%, 4%, 6% y 8% de cal y cemento de manera homogénea al suelo natural se incrementó la máxima densidad seca y se redujo del contenido de humedad en la curva al utilizar 4% de cal y 4% de cemento, presentando así las mismas características de mejora. La conclusión es que las características de compactación para estabilización con cal o cemento son similares, pero se recomienda utilizar cemento debido a sus ventajas al disminuir el espesor de las capas superiores ya sea rígida o flexible en relación al estado natural, favoreciendo en la reducción de costos a futuro⁷.

Gonzales M. (2014), teniendo como objetivo el utilizar los minerales de la zona por su combustión al ser cremados obteniendo como resultados la ceniza volante y ceniza de fondo. Al ser considerada la ceniza volante como puzolana artificiosa, nació la idea de poder utilizarlo como estabilizador en suelos de tipo cohesivos y gravosos. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Obteniendo como resultado a los ensayos de Proctor, corte directo, gravedad específica, valor soporte california o CBR, triaxial, granulometría y permeabilidad. Con estas muestras se le dio un porcentaje de cal en 3% y 5%, ceniza volante 15% y 17%. La conclusión es que al aplicar cal al 5% y ceniza volante al 15% permite trabajar mejor la subrasante, mejorando su valor de soporte disminuyendo su resistencia de corte y aumentando su valor de CBR al 95%⁸.

Según **Caamaño I. (2016)**, teniendo como objetivo demostrar que se encontró la mejora de una manera experimental con las propiedades geo mecánicas y las características físicas del suelo blando en la sub rasante adicionando cenizas de cascarilla de arroz. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Se obtuvo como resultados en el suelo natural al incorporar 2% de CCA un aumento al 17,8% del MR, entre el 2% y 4% se aumentó a un 21,7% y finalmente con el 6%

de CCA se redujo al 3,9%. En conclusión, el mayor incremento se obtuvo con el 4% de CCA aumentando al 43.4% el MR para la sub rasante mejorando su consistencia y comportamiento físico⁹.

Hernández J, Mejía D, Zelaya C. (2016), teniendo como objetivo principal mejorar el comportamiento del suelo al utilizar cal como estabilizador. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Se obtuvo como resultados al analizar el suelo que no es considerado apto para ser utilizado ya que tiene un CBR inicial de 1.93%. Se incorporó cal en 1%, 2%, 3% 4% y 5% aumentando el CBR inicial al 54%, reduciendo su hinchamiento en un 88% y mejorando su compactación. En conclusión, el material del suelo más cal al 5% es factible para formar parte de la capa sub rasante del pavimento rígido, con la condición de poder cumplir los requerimientos mínimos y así ser utilizado como una capa óptima, aunque existen varios métodos en este proyecto se optó por usar cal¹⁰.

Asu vez, **Gonzales C. (2018)**, teniendo como objetivo el desarrollar una nueva forma de estabilización de suelos con materiales de la cantera Km 06+000 en la zona Mi Perú combinando cemento, cal y ceniza volante para mejorar la sub rasante. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Obteniendo como resultados al aplicar 6%, 16%, 25% de ceniza volante, para mejorar su resistencia un 3% de cemento y para reducir la plasticidad un 1% de cal, se logró mejorar las propiedades del suelo en cuanto al material de la cantera. La conclusión determina que es factible el implementar este material como estabilizador de suelos para tipo grava limosa (GM) optando por utilizarlo como material en la sub rasante o sub base si se requiere mejora. La mezcla de los estabilizadores con el material obtenido de la cantera funciona correctamente minimizando el porcentaje de efectos ocasionados por la plasticidad¹¹.

Según **Leiva R. (2016)**, teniendo como objetivo principal que la sub rasante estudiada se divide en 2 tramos teniendo en cuenta las propiedades mecánicas y físicas. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Obteniendo como resultados que el tramo 1 encontraron arcilla con baja plasticidad en el suelo, demuestra un 95% de CBR, 4.145% de M.D.S. y con una baja capacidad portante. En el tramo 2 encontraron suelo grava arcillosa, demuestra un 95% de CBR, 12.5%

de M.D.S. Siendo así que el porcentaje de CBR de 4.15% en base al 95% de la máxima densidad seca y un 6% del peso seco del suelo cuando se adiciona las bolsas de polietileno fundido. Pasando el material por los tamices de $\frac{3}{4}$ " siendo retenidos en la $\frac{3}{8}$ ", esto incremento en un 7.98% del 95% del CBR en la máxima densidad seca. La conclusión es que al utilizar bolsas de polietileno mejora al segundo tramo al aplicarlo en grumos, a diferencia del primero se puede estabilizar o cambiarlo por material de préstamo¹².

Según **Ramos H. (2014)**, teniendo como objetivo principal el estabilizar el suelo con un material reciclado que son las botellas plásticas descartables tipo PET dándoles una importante función a estos materiales. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Obteniendo como resultados al implementar los polímeros en un 0.5%, 1%, 1.5% y 2% respecto al peso del suelo seco, al tener una granulometría muy fina carece de partículas de gran diámetro los cuales son necesarios para una buena capacidad portante, razón por la cual se adiciono los PR al 1,5% del suelo, con diámetros de 5 a 10mm en forma de rectángulo, se aprecia el aumento de un 26% del CBR. La conclusión es que esta mejora se debe gracias el PET ya que siendo un material resistente adicionado al suelo genera una reacción de mayor fricción y resistencia, aumentando su capacidad portante siendo SN - PR¹³.

Bonifacio w, Sánchez J. (2010), tiene como objetivo principal el mejorar la calidad de las carreteras no pavimentadas con magnesio, calcio y cemento. La metodología es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. Obteniendo como resultados que la incorporación de cloruro de calcio y cloruro de magnesio en porcentajes 1%, 2% y 3% hacia las canteras Cachinche y 1%, 4% y 6% al Cerro Escute dieron como resultados no favorables para estabilización debido que su CBR resulto en 2% y 4% para CM no siendo apto. La conclusión es que se debe utilizar otro material o agente que se produzca en el Perú, ya que los agregados utilizados no mejoran la resistencia según lo indica el MTC. Por otro lado, al realizar estos 3 ensayos se determinó que al usar cemento se generó un costo sobrevalorado, aun si cumplió con los requerimientos establecidos dejando de lado los dos ensayos anteriores sin tomarlos en cuenta¹⁴.

The following research project was carried out in Canada (2018), This paper examines the bio-derived stabilization of sand-only or sand-plus-silt soils using an extracted bacterial enzyme application to achieve induced calcite precipitation (ICP). As compared to conventional microbial induced calcite precipitation (MICP) methods, which use intact bacterial cells, this strategy which uses free urease catalysts to secure bacterial enzyme induced calcite precipitation (BEICP) appears to offer an improved means of bio stabilizing silty sand soils as compared to that of MICP processing. The results tables show us the final temperature of the sample, the reduction of the sample volume, the optical density, and the results of urease activity are normally observed when using a "run-cool" cyclic sonication method, compared to that of the original cultivated biomass. These results represent specific results for previously identified sonication hardware conditions, sample size, and performance terms. La conclusión final demuestra que el método de sonicación redujo el volumen a un 20% de sedimentación, siendo así una de las mejores opciones la implementación de calcita¹⁵.

In Wisconsin city (2015), this paper describes a case history where Class C fly ash, an industrial byproduct of electric power production, was used to stabilize a sandy clay highway subgrade so that a firm working platform could be provided for pavement construction. California bearing ratio (CBR), resilient modulus (Mr), and unconfined compressive strength (UC) tests were conducted on the soil alone and the soil-fly ash mixture to assess how fly ash improves the bearing resistance, stiffness, and shear strength of the soil. One of the three soils was a composite of the samples collected from stations 613+50, 614+50, and 615+50. These samples were combined because the soils had similar particle size distribution and Atterberg limits. The other soils are from stations 612+50 and 611+50, and represent higher (611+50) and lower (612+50) gravel contents. La conclusión final determino que la estabilización tuvo un gran efecto en la resistencia de la compresión, siendo así en un aumento de 2.7 veces su valor promedio a los estudios iniciales en el laboratorio¹⁶.

Como bases teóricas relacionada a las variables tenemos lo siguiente:

La cal es un sólido de color blanco – grisáceo, en forma de terrenos o polvo granular y en algunas ocasiones toma un tono amarillo por el hierro q posee. Este se obtiene

mediante la calcinación de la piedra caliza y reacciona con agua formando así hidróxido de calcio. Este material es aglomerante, al igual que el yeso y cemento posee un alto porcentaje de alcalinidad, teniendo como ventaja el mejorar la estructura de los suelos donde será aplicado, esto reduce el impacto de espacios vacíos entre sí y facilita la absorción de agua. Presenta una desventaja la cual es que su proceso de integración es lento al querer incorporar en suelos demasiado húmedos. Sus dimensiones varían entre 0 y 19mm y en molienda el 80% está bajo los 0.0075mm. Este material se obtiene mediante la calcinación de la roca caliza, este ingresa a un horno en altas temperaturas por 3 o 4 días, terminando el proceso se retira y como resultado final nos da la cal viva¹⁷.

La ceniza de madera es el residuo generado por la combustión de madera y productos de madera (viruta, aserrín, corteza, etc.) ¹⁸. Es el inorgánico y orgánico residuo que queda después de la combustión de la madera o fibra de madera sin blanquear¹⁹. Las maderas duras suelen producir más cenizas que las maderas blandas y la corteza y las hojas producen ceniza que las partes leñosas interiores del árbol. El promedio, la quema de madera da como resultado de 6-10% de cenizas²⁰. La obtención de estas cenizas se produce mediante la combustión en una parrilla mediante sus calderas, esta cuenta con un fondo móvil de distintos sub productos dentro de la industria en tableros de acero. Sobre este fondo de acero en forma de parrilla se colocarán las maderas, retazos o corteza de madera que reciclaremos, como compensación se adicionara algunos materiales gruesos²¹. Cuenta con inyectores que sirven para introducir las partículas de menor diámetro o más finas, estas serían los polvos de lijado que quedan en la cámara principal o de combustión²². La parrilla de acero comenzara a moverse los materiales de manera que, si distribución sea uniforme, con el propósito de conseguir una combustión equitativa²³.

La variable dependiente consta de la subrasante, siendo esta una capa superior del fondo de las excavaciones en el terreno natural, está conformada por suelos de características aceptables y compactadas por varias capas para formar un cuerpo estable²⁴. La capacidad portante es uno de los agentes primordiales del suelo, esta se encarga de soportar cargas directamente puestas sobre las capas del

pavimento. Se considerará apto a los materiales que tengan un CBR mayor o igual que el 6% para la coronación de sub rasante²⁵.

Tabla 1. Número de calicatas para la exploración de subrasante

Tabla 4.1 Clasificación de materiales de carreteras subrasantes							
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Fuente: Manual de Carreteras – 2013

Las propiedades mecánicas del suelo se pueden apreciar mediante una granulometría, la cual consiste en ver la conformación del suelo por distintos diámetros, clasificando desde el más pequeño, los cuales son apreciados utilizando un microscopio hasta el más grande, que al momento de estudiar la muestra sus partículas pueden verse al ojo humano²⁶.

Tabla 2. Tabla de símbolos para fines de identificación.

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien gradada	W
Arena	S	Pobrementemente gradada	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Manual de Carreteras – 2013.

El ensayo de densidad de campo sirve para ver la resistencia antes de colocar el asfalto, se debe sacar la densidad del campo, pero esta no trabaja sola, necesita

un dato, la densidad en laboratorio que se da por el Proctor modificado²⁷. La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería del suelo. El cono convencional utilizado en este ensayo es un aparato medidor de volumen, provisto de una válvula cilíndrica de 12,5 mm. de abertura, que controla el llenado de un cono de 6" de diámetro y 60° de ángulo basal. Un extremo termina en forma de embudo y su otro extremo se ajusta a la boca de un recipiente. La arena de Ottawa puede ser una arena de ripio, una cantera, mina o río, es una arena tratada, que permita fluir dentro del cono, está pasada por los tamices 10 y 20, retenida en la 30, se lava y se seca al aire libre²⁸.

Tabla 3. Volúmenes mínimos para el ensayo de densidad.

Tamaño Máximo de la partícula		Volumen Mínimo del Orificio de Ensayo	
Pulgada	mm	cm ³	pies ³
1/2	12,5	1420	0,05
1	25,0	2120	0,075
2	50,0	2830	0,1

Fuente: Manual de Carreteras – 2014.

El ensayo de **PROCTOR MODIFICADO**, es un ensayo que abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas (101,6 o 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³)²⁹. Al contar con 3 métodos, en la presente tesis se utilizó el método C, ya que cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm). • El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A o B³⁰.

Tabla 4. Métodos alternativos para ensayo Proctor Modificado.

Descripción	MÉTODO		
	A	B	C
Diámetro de Molde	4"	4"	6"
Peso del Martillo	44.5 N	44.5 N	44.5 N
Altura de Caída	45.7 cm	45.7 cm	45.7 cm
N° de Golpes/Capa	25	25	56
Numero de Capas	5	5	5
Energía de Compactación	2,700 KN-m/m ³	2,700 KN-m/m ³	2,700 KN-m/m ³
Material a Usar	Mat que pasa el Tamiz N° 4	Material que pasa el Tamiz 3/8"	Material que pasa el Tamiz 3/4"
Uso	Ret. Tamiz N° 4 ≤20%	Ret. Tamiz N° 4 >20% Ret. Tamiz 3/8" ≤20%	Ret. Tamiz 3/8" >20% Ret. Tamiz 3/4" ≤30%

Fuente: Manual de Carreteras – 2014.

El ensayo de **CBR** o más conocido como California Bearing Ratio, consiste en determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm² para introducirlo en una muestra de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54 mm. A través de este procedimiento se determina lo que se llama el **Índice CBR** que es la relación entre la carga determinada y la que se obtiene por el mismo procedimiento para una muestra tipo de roca machacada³¹. Se expresa en porcentaje que está referido al 95% de la máxima densidad seca, esto se da una vez que se haya clasificado el material según lo indica el sistema SUCS y AASHTO³².

Tabla 5. Categorías de subrasante para el óptimo CBR.

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras – 2014.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación de acuerdo al fin:

La investigación de tipo aplicada logra buscar la aplicación para construir, hacer, actuar y modificar, teniendo como única preocupación que sea aplicada de forma inmediata sobre una realidad de contexto concreto³³.

Por lo tanto, la presente tesis fue de tipo aplicada, ya que se determinó la influencia de la dosificación de cal y ceniza de madera en la capacidad portante, compactación y la resistencia del suelo a nivel de sub rasante en el Distrito de Mala – Provincia de Cañete – 2021. Esta investigación al haber sido aplicada tomo en cuenta investigación realizadas y comprobadas, de esta manera se logró dar solución a los problemas que presento nuestra muestra de suelo en su periodo inicial, siendo esta la estabilización procurando su mejoramiento.

Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico

Esta investigación será cuasi experimental, debido a que existen dos o más grupos y no son escogidos al azar, una variable independiente que sea evaluada por otra variable dependiente³⁴.

Es por ello que, la presente tesis fue de diseño cuasi experimental debido a que la muestra no es escogida al azar, si no de forma intencional. En este caso, nosotros como integrantes determinamos la muestra, con el cual obtuvimos los resultados. De ahí que, la siguiente tesis a causa de que se adicionaron de manera intencional porciones de cal y cenizas de madera reciclado al suelo, con el fin de analizar su influencia en las propiedades de la subrasante, se realizó cuatro pruebas de cada ensayo de laboratorio a las muestras con la adición de cal y ceniza de madera en 2%, 5%,10% y 15% del peso de la muestra, cantidades seleccionadas tomando como base anteriores investigaciones sobre la estabilización de la subrasante con ceniza volante, cal y cemento.

3.2. Variables y operacionalización.

Variable independiente: Cal y Ceniza de Madera.

Definición conceptual: Estos materiales son obtenidos mediante el proceso de calcinación y cremado al ser recopilados en botaderos y fabricas industriales,

presentan una forma de estado sólido en polvo con un tamaño mínimo pasado por la malla N°200, listos para ser utilizados en este caso para estabilización³⁵.

Definición operacional: Las cantidades que se adicionaron fue de 2%, 5%, 10% y 15% respectivamente al volumen de muestra, los ensayos de laboratorios fueron hechos con la finalidad de demostrar el aumento de capacidad portante, mejora de la compactación del suelo y contenido de humedad, corroborando así de manera exitosa la hipótesis.

Variable independiente

V1: ceniza de madera y cal

Variable Dependiente: Sub rasante.

Definición conceptual: esta se encuentra conformada por los suelos y sus características al ser mejoradas para formar una estructura con durabilidad prolongada que no perjudicara su diseño mediante las cargas generadas³⁶.

Definición operacional: Las propiedades físico mecánicas de la sub rasante son mejoradas mediante distintos ensayos correspondientes. En la presente tesis se llevó a cabo el análisis granulométrico, el ensayo de densidad de campo para las dosificaciones de cal y ceniza de madera (SN, 2% CAL+ 2% CMD; 2% CAL + 5% CMD; 2% CAL + 10% CDM y 2% CAL + 15% CDM), siendo necesarios para realizar el ensayo de Proctor modificado para 5 dosificaciones más (SN, 2% CAL+ 2% CMD; 2% CAL + 5% CMD; 2% CAL + 10% CDM y 2% CAL + 15% CDM) y determinar así el ensayo de CBR a las 5 dosificaciones propuestas (SN, 2% CAL+ 2% CMD; 2% CAL + 5% CMD; 2% CAL + 10% CDM y 2% CAL + 15% CDM) con el propósito de demostrar la mejora que se obtuvo progresivamente.

Variable Dependiente

V2: Subrasante

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población

Se considera un total de algún conjunto de grupos como, por ejemplo, carros, distritos, arboles, plantas, carreteras, suelos, pavimentos, entre otros; la población se determina a través de sus características³⁷.

En esta tesis se tomó como población a todas las calicatas conformadas por una profundidad de 1.5m, además de los ensayos de Proctor modificado, CBR y

densidad de campó que se realizó en el tramo de la carretera en el Distrito de Mala – Provincia de Cañete que conecta los centros poblados de Santa Cruz de Flores y Azpitia.

Muestra

El investigador puede iniciar los estudios requeridos eligiendo el tamaño de muestra confiable³⁸.

Para esta tesis se tomó como muestra la carretera de Azpitia, que según el manual califica como una carretera de bajo volumen con un IMD < 200 vehículos por día, realizando así 1 calicata por cada 1km con una profundidad de 1.5m.

Tabla 6. *Numero de calicatas para exploración de suelos.*

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 ≤ 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 	

Fuente: Manual de Carreteras – 2014.

Con los datos mostrados en la Tabla N°7, determina que se debe realizar 1 ensayo de CBR por cada 3 km como mínimo, por consiguiente, al tener 3.5 km de longitud en nuestra carretera se hará 1 CBR y 1 km para 1 calicata, de esta forma se efectuó 03 calicatas para la realización de nuestros ensayos, en este caso se empleó el ensayo de Proctor modificado, Densidad de campo y CBR.

Tabla 7. Numero de ensayos CBR para la muestra obtenida.

Tipo de Carretera	N° M _R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR • (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará un CBR • (*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras – 2014.

Muestreo

El muestreo representa los ciertos porcentajes de la muestra³⁹.

En esta tesis se determinó el muestreo no probabilístico, debido a que las representaciones de la muestra han sido elegidos por nosotros los investigadores, el cual uso como guía el manual de carreteras al momento de que se identificó el tipo de estudios según su carretera.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

la recopilación de estos datos son el proceso de medir y recaudar información sobre las variables de nuestro interés, de tal manera que sistemáticamente se establezca una aceptación que permita a uno el responder las preguntas planteadas para probar las hipótesis y evaluar los resultados⁴⁰.

Se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información, los cuales pueden ser la entrevistas, la encuesta, el cuestionario, la observación, el diagrama de flujo y el diccionario de datos.

De manera simultánea, utilizamos en esta tesis los reglamentos dados por el ministerio de transportes y carreteras (MTC E 101, MTC E 107, MTC E 108, MTC E 115, MTC 5 117 y MTC E 132) las clasificaciones de suelos según las normas AASHTO - SUCS y finalmente las citas bibliográficas que fueron nuestra base teórica.

Instrumento de recolección de datos

Para poder mejorar la calidad de nuestros resultados según la investigación, se cree conveniente recopilar los datos utilizando los instrumentos⁴¹.

De esta forma se realizaron los siguientes ensayos demostrados en la siguiente tabla, con el fin de nombrarlos para su conocimiento:

- Ensayos
- Fichas de recolección de datos en laboratorio (ver anexo)

Tabla 8. *Numero de ensayos CBR para la muestra obtenida.*

	ENSAYO	INSTRUMENTO
ENSAYOS	ENSAYO DE GRANULOMETRIA	TAMIZADO
	ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS SUCS – AASHTO	TAMIZADO
	ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO	CONO DE ARENA
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	MOLDE CILINDRICO PISON MANUAL
	ENSAYO DE CBR	PRENSA HIDRAULICA MANUAL

Fuente: Elaboración propia.

Confiabilidad

Esta se refiere a la coherencia con la que los métodos miden los objetos. Al poder lograr el mismo resultado consistente al utilizar los mismos métodos hacia las mismas situaciones, la medición se considera favorable⁴².

Es por ello que la confiabilidad se considera a la aplicación continua de los objetos en estudio los cuales brindaron los resultados similares, dando así la garantía y confianza empleando los instrumentos necesarios.

Validez

La validez es referida a la precisión con la que los métodos pretenden calificar y medir, si la investigación consta con una alta validez, significa que sus propiedades y características reales están en este mundo físico y social⁴³.

Por consiguiente, los instrumentos que se utilizaron se pusieron a prueba por expertos en el área de diseño de infraestructura vial y fueron ellos quienes constataron y aprobaron lo empleado en la presente tesis.

3.5. Procedimientos

Se pudo determinar las propiedades de la subrasante mediante la excavación de las calicatas previstas, las cuales tenían una profundidad de 1.5m de las cuales se extrajeron las muestras, estas fueron transportadas al laboratorio en bolsas de polietileno, las cuales conservaron la humedad del terreno hasta ser puestas a prueba, en los análisis se obtuvo la densidad de campo para la compactación del suelo, el contenido de humedad, Proctor modificado y finalmente el CBR. Determinando así su capacidad portante, cave recalcar que estos ensayos fueron realizados de manera inicial con una muestra patrón y de manera final con 4 muestras adicionando la dosis de cal y ceniza de madera en sus porcentajes previstos.

3.6. Método de análisis de datos

Para el siguiente análisis de datos se elaboraron gráficos, apuntes y cuadros en Excel los cuales fueron procesados en los ensayos de laboratorio con la finalidad de obtener de una manera eficaz los resultados y de esta manera comprobar la hipótesis inicial. Esta información fue seleccionada de manera directa, teniendo la posibilidad de poder observar cada paso de los ensayos, tomando nota de todo lo necesario para los resultados.

3.7. Aspectos Éticos

Formando parte de la escuela de ingeniería civil, de la Universidad Cesar Vallejo. Esta tesis se redactó con honestidad, siguiendo la norma ISO 690:2010, cada cita de cada autor fue indicado en sus respectivas referencias, así como los instrumentos y distintos manuales que por medio del turnitin se pudo comprobar. Esta tesis brinda información íntegra e intachable.

IV. RESULTADOS

Nombre de la tesis:

Incorporación de cal y ceniza de madera para el mejoramiento de la subrasante en el distrito de Mala – Cañete 2021.

Ubicación:

Departamento: Lima

Provincia : Cañete

Distrito : Mala

Ubicación : Carretera hacia el anexo de San Vicente de Azpitia.



Figura 1: Mapa del Perú

Fuente: Google Maps.

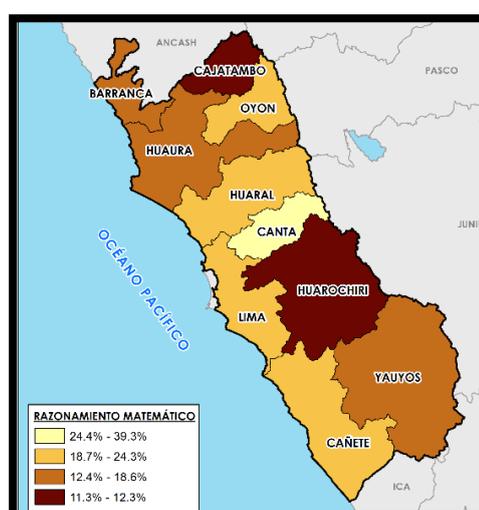


Figura 2: Mapa de la región Lima.

Fuente: Google Maps.

Localización:



Figura 3: Localización de la carretera San Vicente de Azpitia.

Fuente: Google Maps.

El estudio de la tesis fue elaborado en la carretera de Azpitia, ubicado a 30 min de Mala, lugar donde se hizo 03 calicatas según las siguientes progresivas:

Descripción: Calicata – 01:

Progresiva: 1 + 300 km

Profundidad: 1.50 metros

Dimensión: 1.00m x 0.80m

Lado de la vía: Izquierda



Figura 4: Calicata – 1.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: Calicata - 02:

Progresiva: 2 + 600 km

Profundidad: 1.50 metros

Dimensión: 1.00m x 0.80m

Lado de la vía: Derecha



Figura 5: Calicata – 2.

Fuente: Elaboración propia.

Descripción: Calicata - 03

Progresiva: 3 + 900 km

Profundidad: 1.50 metros

Dimensión: 1.00m x 0.80m

Lado de la vía: Izquierda



Figura 6: Calicata – 3.

Fuente: Elaboración propia.

Trabajo de laboratorio

Se procedió a realizar la ejecución del registro de excavación en el terreno para la obtención de las 03 calicatas según lo indicado por el MTC detallado en la sección de suelos, el cual nos dice que nuestra carretera es de bajo volumen de tránsito, realizando así 1 calicata por cada 1km con una profundidad de 1.5m, a cada una de nuestras tres muestras se le realizó un ensayo de análisis granulométrico con la finalidad de poder identificar el punto en el terreno más desfavorable y así proceder con los ensayos correspondientes al incorporar 2% de Cal y 2%, 5%, 10% y 15% de Ceniza De Madera.



Figura 7: Registro de excavación.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 8: Muestra extraída.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis granulométrico según el ASTM D 422 por el MTC sección E 107

Este ensayo de análisis granulométrico nos dio la posibilidad de identificar las dimensiones de las partículas que se encontraron en nuestro suelo natural, el cual se traspasó por cada tamiz según lo estandarizado por el ASTM D 422, para este proceso se inició realizando un cuarteo de la muestra obtenida en campo, procediendo a separar los finos de las gravas mediante el tamiz N°4, analizando las que se retengan y las que pasen por dicho tamiz hasta la N° 200. De esta forma el resultado cada porcentaje retenido con los cuales se graficó las curvas según el diámetro de las partículas.

Tabla 9. Análisis granulométrico por tamizado Calicata – 1.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa
2 1/2 in.	63,300	0,0160865	0,00	0,00	100,00
2 in.	50,800	0,0160865	0,00	0,00	100,00
1 1/2 in.	38,100	0,0160865	10,94	10,94	89,06
1 in.	25,400	0,0160865	21,78	32,72	67,28
3/4 in.	19,000	0,0160865	13,15	45,87	54,13
3/8 in.	9,500	0,0160865	14,92	60,79	39,21
No. 4	4,750	0,0160865	8,90	69,69	30,31
No. 8	2,380	0,0160865	5,57	75,26	24,74
No. 10	2,000	0,0160865	1,25	76,51	23,49
No. 16	1,190	0,0160865	3,28	79,79	20,21
No. 20	0,840	0,0160865	2,44	82,22	17,78
No. 30	0,600	0,0160865	2,94	85,16	14,84
No. 40	0,425	0,0160865	4,02	89,18	10,82
No. 50	0,297	0,0160865	3,60	92,78	7,22
No. 60	0,250	0,0160865	1,37	94,14	5,86
No. 80	0,177	0,0160865	2,94	97,08	2,92
No. 100	0,150	0,0160865	0,31	97,39	2,61
No. 200	0,075	0,0160865	0,78	98,17	1,83
FONDO	—	0,0160865	1,83	100,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

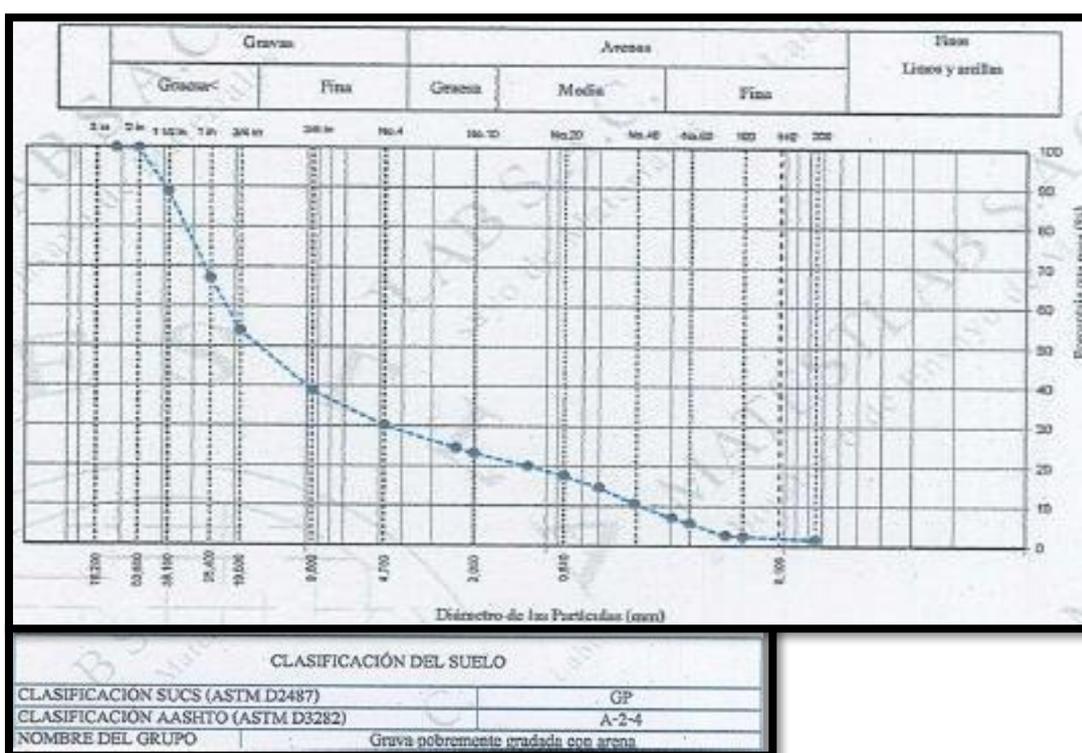


Figura 9: Curva Granulométrica Calicata.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Según los resultados obtenidos por el ensayo granulométrico en la **CALICATA – 1**, se determinó que en la malla N°200 se logró retener 1.83% teniendo así un mínimo porcentaje de finos, en la malla N°4 se obtuvo un 28.5% de arena y en la malla N°3/4 se apreció un 69.7% de grava pobremente gradada. Según la muestra que se extrajo de la calicata con ubicación en la carretera de Azpitia en el km 1+300, se determinó que su clasificación SUCS obtenida en el laboratorio (MATESTLAB S.A.C.) es de un material tipo grava pobremente gradada

con arena de color marrón en condición seca (GP), finalmente presenta una clasificación AASHTO perteneciente al grupo A-1 y sub grupo A-1-a, suelos granulados de grava o arena con granulometría gruesa, incluyen un cierto porcentaje de finos.

Tabla 10. Análisis granulométrico por tamizado Calicata – 2.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa
2 1/2 in.	63,300	0,0160161	0,00	0,00	100,00
2 in.	50,800	0,0160161	0,74	0,74	99,26
1 1/2 in.	38,100	0,0160161	14,48	15,22	84,78
1 in.	25,400	0,0160161	20,65	35,87	64,13
3/4 in.	19,000	0,0160161	15,74	51,61	48,39
3/8 in.	9,500	0,0160161	16,43	68,04	31,96
No. 4	4,750	0,0160161	7,69	75,73	24,27
No. 8	2,380	0,0160161	4,30	80,03	19,97
No. 10	2,000	0,0160161	1,44	81,47	18,53
No. 16	1,190	0,0160161	2,97	84,44	15,56
No. 20	0,840	0,0160161	1,93	86,36	13,64
No. 30	0,600	0,0160161	2,49	88,86	11,14
No. 40	0,425	0,0160161	3,21	92,07	7,93
No. 50	0,297	0,0160161	2,81	94,87	5,13
No. 60	0,250	0,0160161	1,32	96,19	3,81
No. 80	0,177	0,0160161	2,29	98,48	1,52
No. 100	0,150	0,0160161	0,17	98,65	1,35
No. 200	0,075	0,0160161	0,52	99,17	0,83
FONDO	—	0,0160161	0,83	100,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

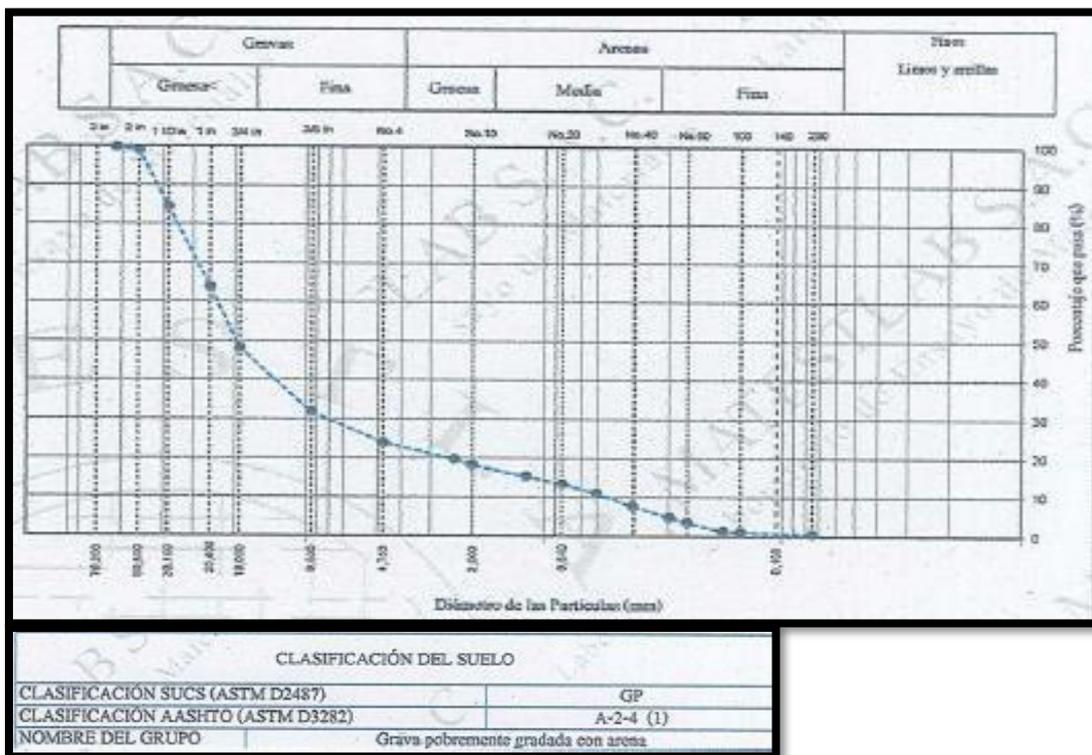


Figura 10: Análisis Granulométrico de la Calicata – 2 mediante tamizado.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Según los resultados obtenidos por el ensayo granulométrico en la CALICATA – 2, se determinó que en la malla N°200 se logró retener 0.8% teniendo

un mínimo porcentaje de finos, en la malla N°4 se obtuvo un 23.4% de arena y en la malla N°3/4 se apreció un 75.7% de grava pobremente gradada.

Según la muestra que se extrajo de la calicata con ubicación en la carretera de Azpitia en el km 2+600, se determinó que su clasificación SUCS obtenida en el laboratorio (MATESTLAB S.A.C.) es de un material tipo grava pobremente gradada con arena y restos de finos (GP), finalmente presenta una clasificación AASHTO perteneciente al grupo A-1-b.

Tabla 11. Análisis Granulométrico de la Calicata – 3 mediante tamizado.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Factor de	% Parcial	% Acumulado	% Acumulado
		Tamizado	Retenido	Retenido	que Pasa
2 1/2 in.	63,500	0,0162080	0,00	0,00	100,00
2 in.	50,800	0,0162080	1,14	1,14	98,86
1 1/2 in.	38,100	0,0162080	13,03	14,17	85,83
1 in.	25,400	0,0162080	22,05	36,22	63,78
3/4 in.	19,000	0,0162080	16,24	52,45	47,55
3/8 in.	9,500	0,0162080	15,99	68,44	31,56
No. 4	4,750	0,0162080	8,22	76,67	23,33
No. 8	2,380	0,0162080	4,56	81,23	18,77
No. 10	2,000	0,0162080	1,62	82,85	17,15
No. 16	1,190	0,0162080	1,39	84,24	15,76
No. 20	0,840	0,0162080	2,20	86,44	13,56
No. 30	0,600	0,0162080	3,24	89,68	10,32
No. 40	0,425	0,0162080	2,56	92,24	7,76
No. 50	0,297	0,0162080	2,67	94,91	5,09
No. 60	0,250	0,0162080	1,39	96,30	3,70
No. 80	0,177	0,0162080	2,43	98,73	1,27
No. 100	0,150	0,0162080	0,14	98,87	1,13
No. 200	0,075	0,0162080	0,58	99,45	0,55
FONDO	—	0,0162080	0,55	100,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

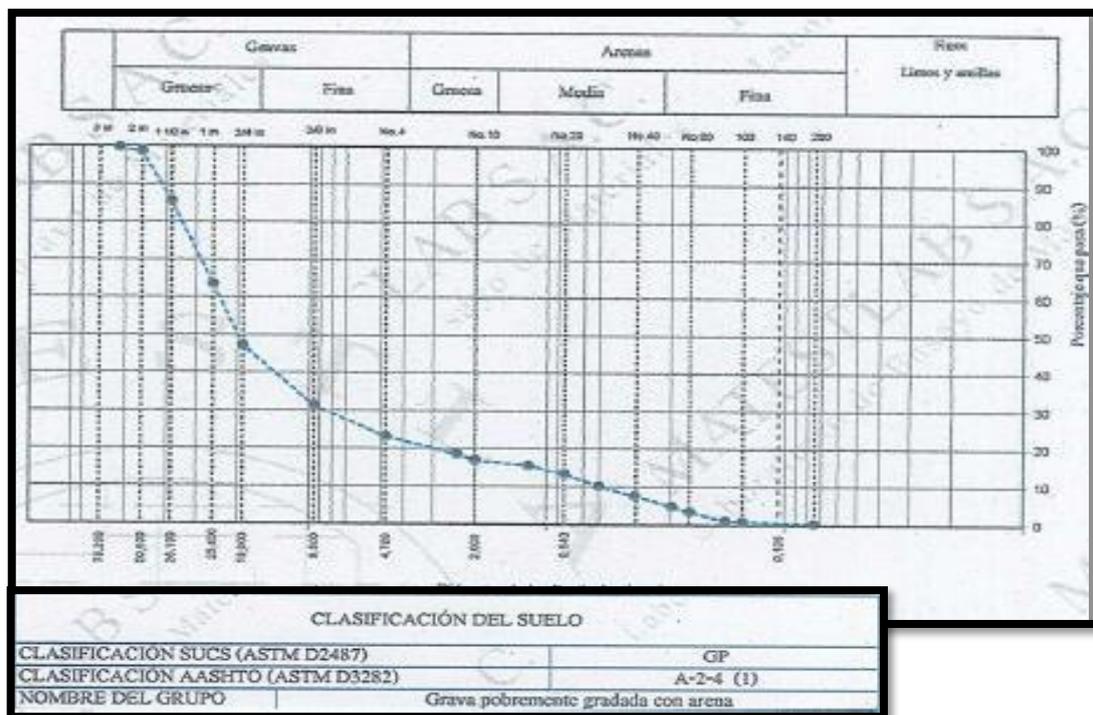


Figura 11: Análisis Granulométrico de la Calicata – 3 mediante tamizado.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Según los resultados obtenidos por el ensayo granulométrico en la CALICATA – 3, se determinó que en la malla N°200 se logró retener 0.5% teniendo así un mínimo porcentaje de finos, en la malla N°4 se obtuvo un 22.8% de arena y en la malla N°3/4 se apreció un 76.7% de grava pobremente gradada.

Según la muestra que se extrajo de la calicata con ubicación en la carretera de Azpitia en el km 3+900, se determinó que su clasificación SUCS obtenida en el laboratorio (MATESTLAB S.A.C.) es de un material tipo grava pobremente gradada con arena y restos de finos (GP), finalmente presenta una clasificación AASHTO perteneciente al grupo A-1-b.

EN CONCLUSION, según las muestras obtenidas la calicata N°1 es la que presenta porcentajes más desfavorables, por tal motivo se procedió a utilizar este material y llevarlo al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes de DENSIDAD POR EL METODO CONO DE ARENA, PROCTOR MODIFICADO y CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR), con la finalidad de mejorar sus propiedades físico mecánicas y presentar una correcta tesis.

Tabla 12. Resultados del análisis granulométrico para los ensayos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
ASTM D6913			
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
2 1/2"	38,100	100,00	
2"	38,100	100,00	
1 1/2"	38,100	89,06	
1"	25,400	67,28	
3/4"	19,000	54,13	
3/8"	9,500	39,21	
N° 4	4,750	30,31	
N° 8	2,380	24,74	
N° 10	2,000	23,49	
N° 16	1,190	20,21	
N° 20	0,840	17,78	
N° 30	0,600	14,84	
N° 40	0,426	10,82	
N° 50	0,297	7,22	
N° 60	0,250	5,86	
N° 80	0,177	2,92	
N° 100	0,150	2,61	
N° 200	0,075	1,83	
Fondo	—	0,00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Resultados de los ensayos en laboratorio a la muestra natural (P).

ENSAYOS		CALICATA N°01
DENSIDAD DE CAMPO	Densidad Húmeda	2.06 gr/cm ³
	Grado de Compactación	95.67%
CONTENIDO DE HUMEDAD		9.1%
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SUCS	Grava pobremente gradada con arena y restos de finos (GP)
	AASHTO	A-1-b
PROCTOR MODIFICADO	Óptimo contenido de Humedad (OCH)	8.3%
	Densidad Máxima Seca (DMS)	1.987 g/cm ³
California Bearing Ratio (CBR)		22.4 %

Fuente: Elaboración propia.

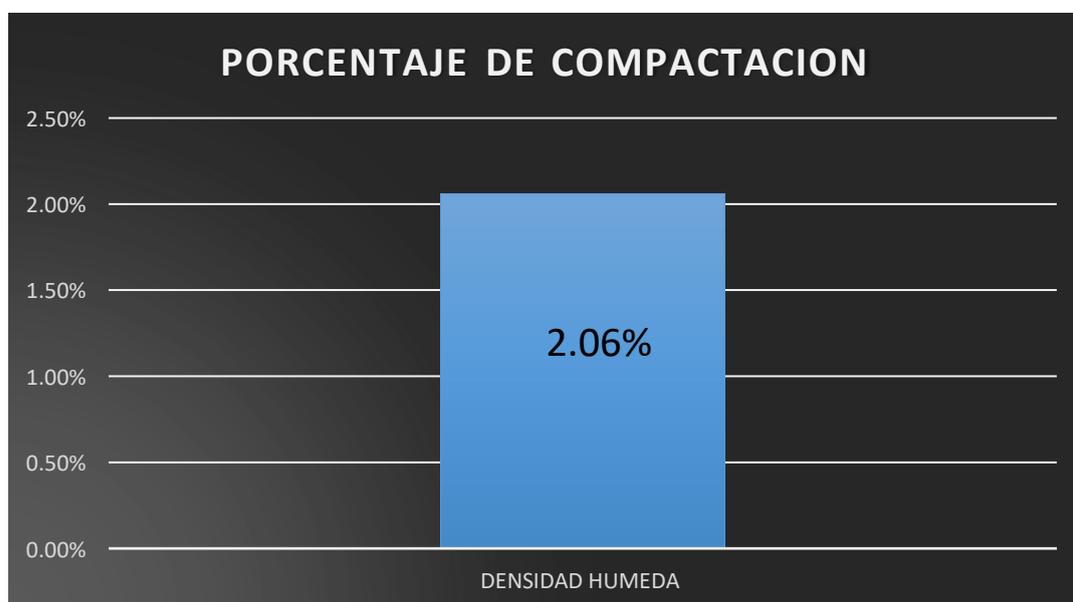


Figura 12: Grafico de porcentaje de densidad del suelo natural.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se puede apreciar que el resultado de la muestra inicial de la **CALICATA N° 1** nos da una densidad de 2.06% en cuanto a su compactación, esto se debe a que nuestro suelo es seco, teniendo como factor principal la altura en la que se encuentra por lo que siempre se mantendrá en este estado.

Se puede observar que la muestra obtenida contiene una mayor cantidad de grava, poco porcentaje de finos y mínimo de arcillas. Se obtiene este resultado al realizar el procedimiento de secado de la muestra en horno a una temperatura de 110 +/- 5°C.

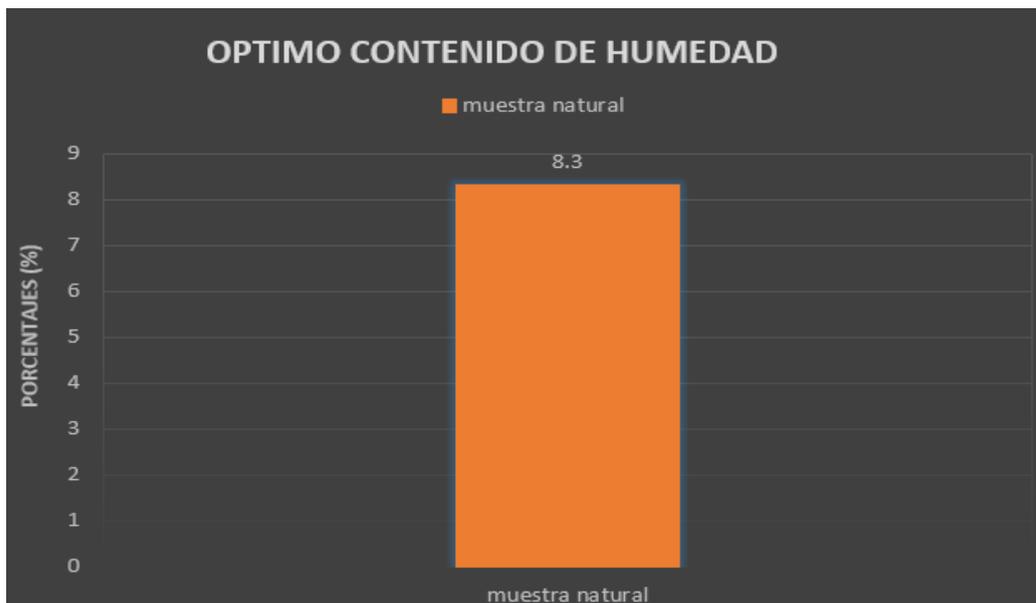


Figura 13: Grafico del Optimo Contenido de Humedad Inicial.

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación: Se realizó el ensayo de Proctor Modificado de la muestra natural, para poder determinar así el contenido de humedad el cual dio como resultado un 8.3% en cuanto al ensayo patrón, de aquí partiremos como dato base a realizar las comparaciones incorporando cal y ceniza de madera.



Figura 14: Gráfico de Máxima Densidad Seca de la muestra inicial. Fuente:

Elaboración propia.

Interpretación: Se procedió a realizar el ensayo de Proctor Modificado a la muestra natural el cual resulto ser de 1.987 gr/cm3 de Máxima Densidad Seca.

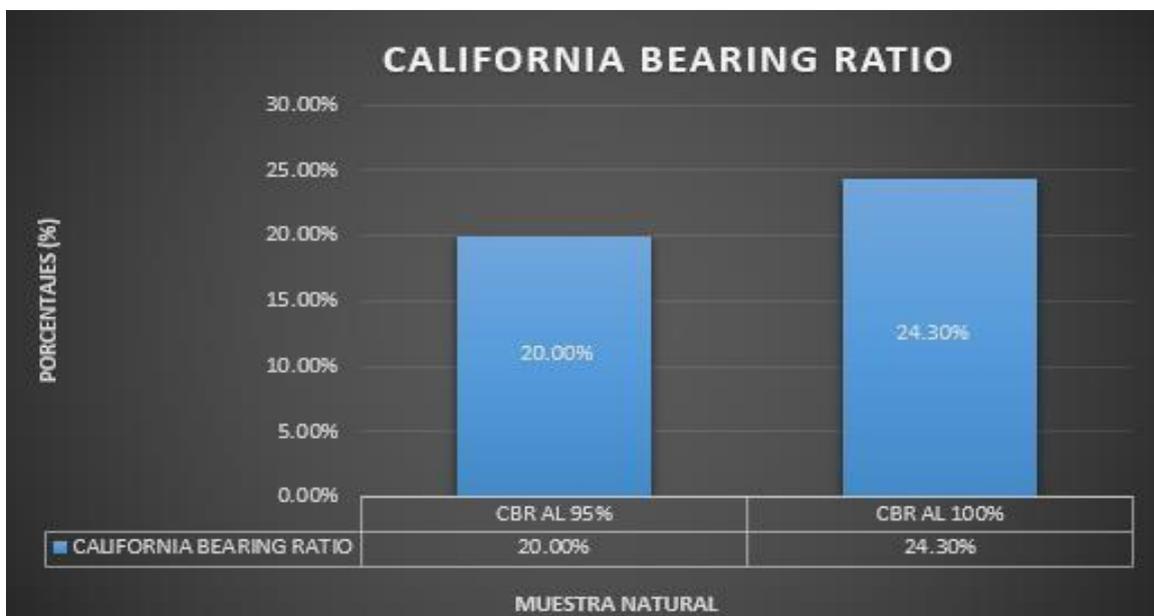


Figura 15: Grafico del California Bearing Ratio (CBR) de la muestra Natural.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El ensayo de CBR tuvo como referencia la muestra del suelo natural obteniendo una muestra patrón con una densidad de 1.987 gr/cm³ y un contenido de humedad de 8.3%. esta muestra al ser llevada a la saturación se procede a medir su resistencia o capacidad portante con una penetración de 0.1” el cual nos indica el CBR al 95% es un 20% y el CBR al 100% es de 24,30%. Esto nos determina que el suelo no es apto como sub rasante.

Objetivo 1:

Incorporación de cal en 2% secuencial y ceniza de madera en un 2%, 5%, 10% y 15% para determinar el mejoramiento del grado de compactación del suelo en la sub rasante de la carretera Azpitia – Mala 2021.

Reseña Ensayo densidad del suelo en campo.

El ensayo de densidad consta verificar la humedad y grado de compactación del suelo, para poder determinar así la calidad del mismo el cual se utilizará como proyecto de ingeniería, por diferencia obtenemos un resultado del suelo natural verificando su valor inicial y en los siguientes casos incorporando 2 aditivos que ayudaran a mejorar su compactación: a) Suelo Natural; b) SN + 2% CAL + 2% CDM; c) SN + 2% CAL + 5% CMD; d) SN + 2% CAL + 10% CDM y e) SN + 2% CAL Y 15% CDM, obteniendo así finalmente los siguientes resultados.

Evidencias fotográficas.



Figura 16: Material del suelo natural
Fuente: Elaboración propia.



Figura 17: Mezcla del SN + 2% CAL + 5% DE CDM.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Ensayos de densidad por el método del cono de arena incorporando CAL Y CDM.

CALICATA N°1	DENSIDAD HUMEDA	GRADO DE COMPACTACION
SUELO NATURAL (SN)	2.06 gr/cm ³	95.67%
SN+2% CAL + 2% CDM	2.10 gr/cm ³	96.65%
SN+2% CAL + 5% CDM	2.08 gr/cm ³	97.44%
SN+2% CAL + 10% CDM	1.60 gr/cm ³	83.48%
SN+2% CAL + 15% CDM	1.66 gr/cm ³	88.31%

Fuente: Elaboración propia.

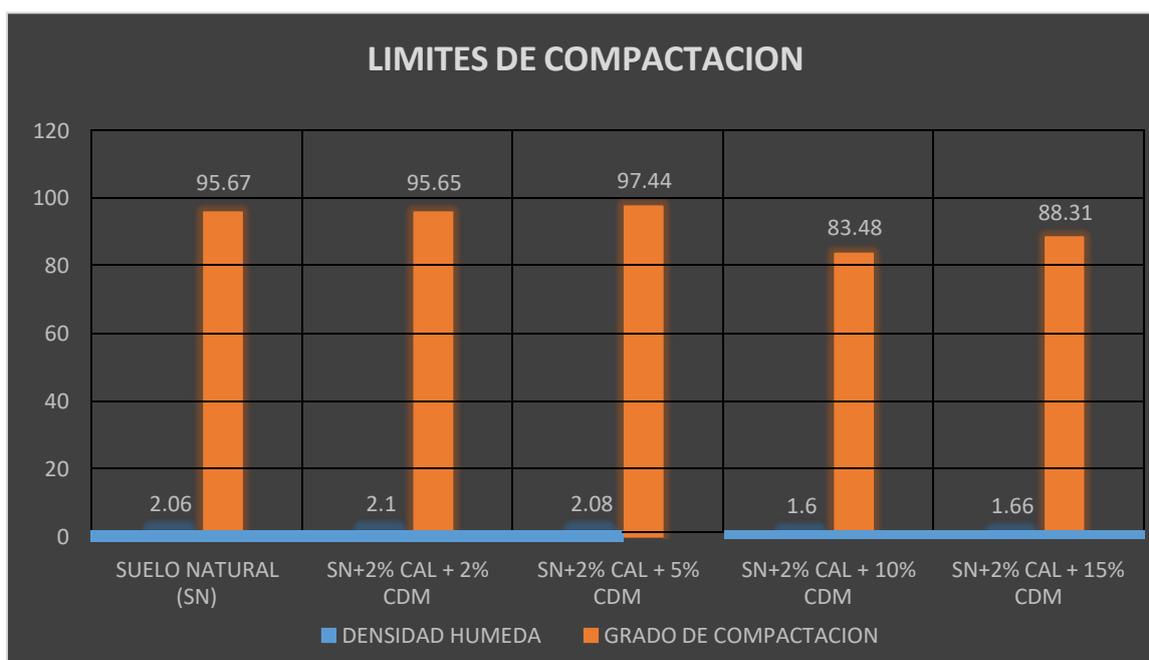


Figura 18: Gráficos del ensayo de cono de arena al suelo natural e incorporando CAL Y CENIZA DE MADERA.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Los ensayos de densidad al suelo natural nos determinaron que cuenta con un grado de compactación muy bajo, al incorporar diferentes porcentajes de cal y ceniza de madera al suelo gravoso con alto contenido de piedra

y mínimo de finos mejora su compactación. Inicialmente se tuvo como resultado de la Calicata N°1 una densidad húmeda de 2.06 gr/cm³ y un grado de compactación de 95.67%, sin embargo, al ir incorporando nuestros aditivos en un 2% de cal y 5% de ceniza de madera obtuvimos una mejora, el cual se representó en un 2.08 gr/cm³ de densidad húmeda y 97.44% de grado de compactación, dando finalmente el mejoramiento de la compactación del suelo para su correcto estudio con los ensayos posteriores.

Objetivo 2:

Incorporación de cal en un 2% secuencial y ceniza de madera en un 2%, 5%, 10% y 15% para determinar el contenido de humedad del suelo en la sub rasante de la carretera Azpitia – Mala 2021.

Reseña ensayo Proctor modificado.

El ensayo de Proctor se realizó con la finalidad de obtener la relación entre la humedad de compactación y la densidad seca del material obtenido, se hizo la incorporación de los 2 aditivos a utilizar en a) Suelo Natural; b) SN + 2% CAL + 2% CDM; c) SN + 2% CAL + 5% CMD; d) SN + 2% CAL + 10% CDM y e) SN + 2% CAL Y 15% CDM, todo esto dentro de un molde metálico, dejando caer sobre la muestra una maza de 4.30 kg a una altura de 50 cm en 5 capas.

Evidencia Fotográfica.



Figura 19: Humedad de compactación. adicionando 4.8% de agua.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 20: Compactación del material SN + 2% cal + 5% CDM.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Máxima Densidad Seca (MDS) con la incorporación de Cal y Ceniza de Madera.

CALICATA N°01	Óptimo Contenido de Humedad (OCH)	Máxima Densidad Seca (MDS)
SUELO NATURAL (SN)	8.3%	2.092 gr/cm ³
SN+2% CAL + 2% CDM	7.8%	1.995 gr/cm ³
SN+2% CAL + 5% CDM	7.0%	1.990 gr/cm ³
SN+2% CAL + 10% CDM	7.6%	1.786 gr/cm ³
SN+2% CAL + 15% CDM	12.0%	1.745 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia.

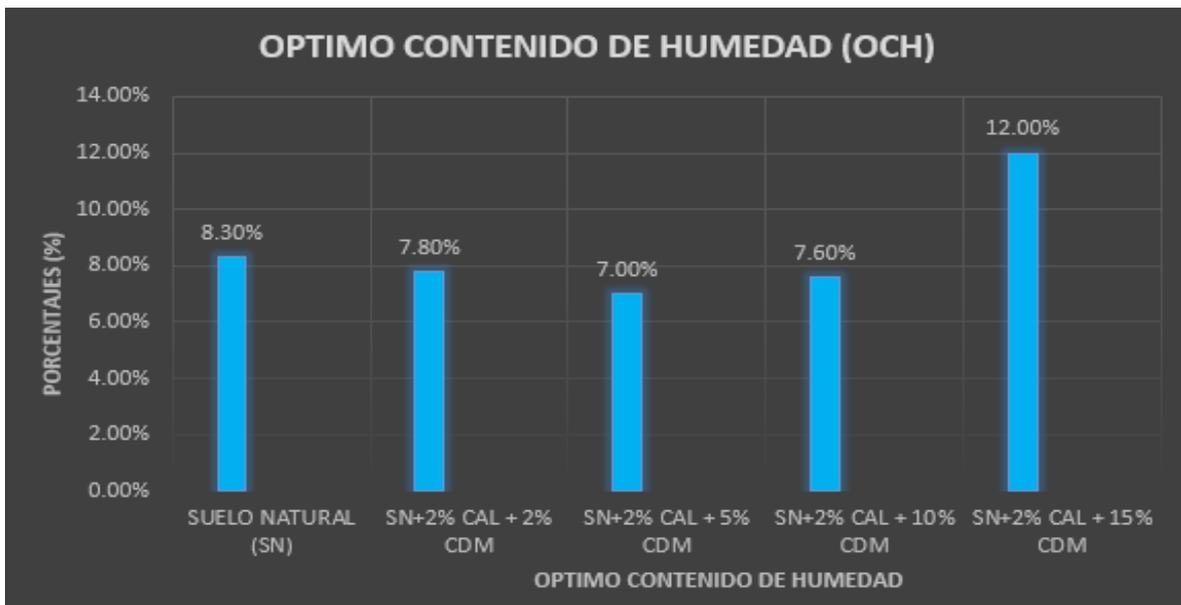


Figura 21: Gráfico del óptimo contenido de humedad con la incorporación de CAL + CDM.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: El Óptimo Contenido de Humedad es inversamente proporcional a la adición de cal y ceniza de madera, es decir mayor sea la incorporación del aditivo y el polímero, menor será el Óptimo contenido de humedad, por ejemplo, al incorporar un 2% de CAL más un 10% de CDM a la muestra natural se redujo el Óptimo contenido de Humedad de 8.3 % a un 7.6% y por ende, la máxima densidad seca también disminuyó en un



Figura 22: Grafico de la Máxima densidad Seca con la incorporación de CAL + CDM.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La Máxima Densidad Seca es inversamente proporcional a la adición de cal y ceniza de madera, es decir, a mayor dosificación de CAL más CDM resulta menos el valor de la Máxima Densidad Seca, por ejemplo, al incorporar un 2% de cal y 2% de ceniza de madera a la muestra patrón aumenta la Máxima Densidad Seca mejora la compactación de 1.987 g/cm³ a 1.995 g/cm³.

Objetivo 3: Incorporación de cal en un 2% fijo y ceniza de madera en un 2%, 5%, 10% y 15% para determinar la capacidad portante del suelo en la sub rasante de la carretera Azpitia – Mala 2021.

Reseña Ensayo de California Bearing Ratio (CBR).

El ensayo de CBR se realizó con la finalidad de evaluar la capacidad portante del terreno y mejorándolo al incorporar los 2 aditivos al a) Suelo Natural; b) SN + 2% CAL + 2% CDM; c) SN + 2% CAL + 5% CMD; d) SN + 2% CAL + 10% CDM y e) SN + 2% CAL Y 15% CDM. Este procedimiento consta en tomar la muestra del SN más un porcentaje de CAL + CMD y someterlo a la penetración mediante un pisón circular a una velocidad de 1,27 mm/min hasta obtener un 2,54 mm de penetración en 5 muestras.

Evidencias Fotográficas.



Figura 23: Pesado de la muestra
Fuente: Elaboración propia.



Figura 24: Prueba de penetración.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. *Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación de CMF y MPT.*

CALICATA N°02	California Bearing Ratio	California Bearing Ratio
	(CBR) al 95%	(CBR) al 100%
SUELO NATURAL (SN)	20.0%	24.3%
SN+2% CAL + 2% CDM	28.6%	32.1%
SN+2% CAL + 5% CDM	34.3%	38.6%
SN+2% CAL + 10% CDM	31.4%	38.6%
SN+2% CAL + 15% CDM	29.3%	24.3%

Fuente: Elaboración propia.

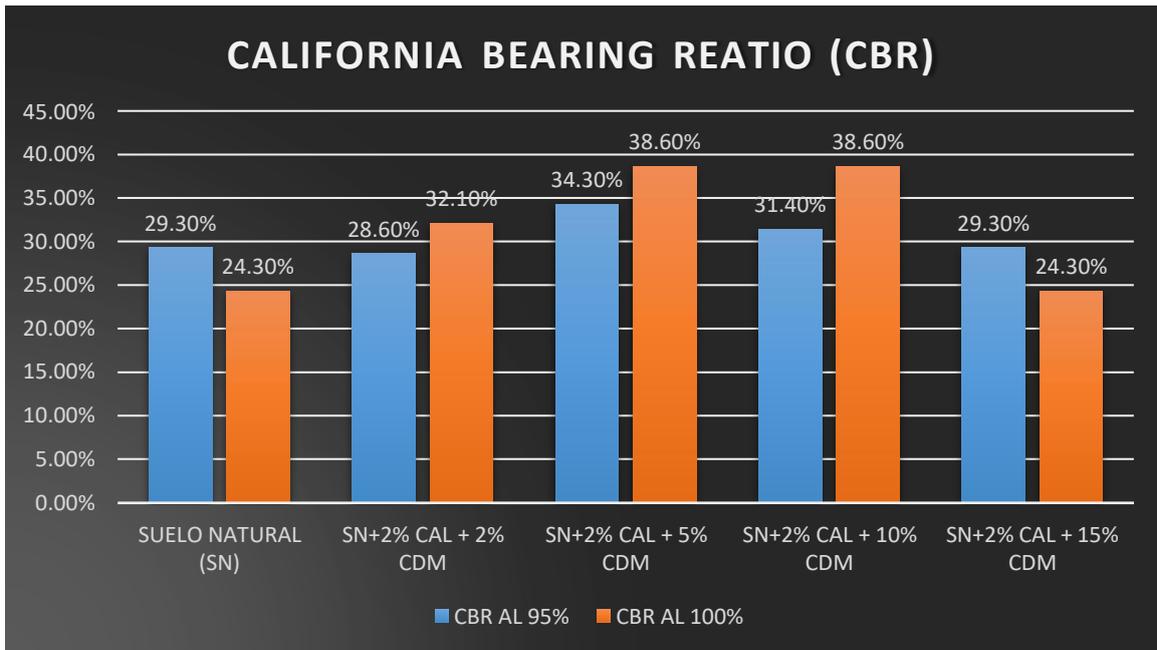


Figura 25: Grafico del Ensayo de CBR con la incorporación de CAL+ CMD.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación. Al realizarse el ensayo de CBR en el molde de 0.1" se pudo apreciar el gran impacto positivo de los estabilizantes en el suelo gravoso, donde el porcentaje de CBR es directamente proporcional a la cantidad del aditivo y al polímero. Teniendo un inicial del 95% en un 20.00% y finaliza con un 31.4%, asimismo al 100% se tiene un porcentaje inicial de 24.3% y al terminar se obtiene un 38.6%, siendo un material muy bueno para la estabilización de una Subrasante.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1:

Especificar la incorporación de cal y ceniza de madera en el grado de compactación del suelo de la sub rasante en la carretera Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.

Antecedente: Gonzales C. (2018), con su tesis titulada “*Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para sub rasante mejorada de pavimentos en la ciudad de **Puno***” tesis para obtener el título de ingeniero civil. Nos dice que el siguiente proyecto tuvo como objetivo principal el desarrollar una nueva forma de estabilización de suelos con materiales de la cantera Km 06+000 en la zona Mi Perú combinando cemento, cal y ceniza volante. La metodología es de tipo cuasi experimental y de tipo aplicada, la población se conforma por la ciudad de puno y los instrumentos que se emplearon fueron los ensayos de CBR, granulometría, Proctor modificado y contenido de humedad. El punto de partida fue mezclar los aditivos con el suelo natural en porcentajes de acuerdo a los estudios previos, siendo así que al incorporar 25% de ceniza volante, 3% de cal y 1% de cemento, se aumentó la densidad húmeda de 12.8% del SN al 28.33%, por lo cual es conveniente ya que mejora su grado de compactación evitando así las deformaciones más comunes, por lo tanto, es factible el utilizar ceniza volante, cal y cemento para este tipo de material.

Resultados:

Los resultados obtenidos por el laboratorio MATESTLAB S.A.C en la CALICATA – 1, nos dice que la muestra de nuestro suelo presenta un 95,97% de grado de compactación inicial y 2.06 gr/cm³ de densidad húmeda, al incorporar 2% de cal y 5% de ceniza de madera obtenemos la mejora de nuestro material, teniendo como nuevos valores el 2.10 gr/cm³ de la densidad húmeda y 97.44% del grado de compactación, demostrando que ambos materiales mejoran nuestro suelo.

Comparación:

De acuerdo a los antecedentes, el uso de cal y ambas cenizas aumentan la densidad húmeda y el grado de compactación en lo suelos, esto justificado mediante el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 117 (2016) que se obtuvieron en la presente investigación, ya que al realizar la incorporación de estos aditivos a nuestro suelo se obtiene resultados similares en base al antecedente presentado.

Objetivo 2:

Determinar la incorporación de cal y ceniza de madera en el contenido de humedad del suelo en la sub rasante en la carretera Azpitia - Distrito de Mala - Cañete 2021.

Antecedente: Ramos H. (2014), con su tesis titulada: “*Mejoramiento de sub rasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014*” tesis para obtener el título de ingeniero civil. Tuvo como objetivo principal el estabilizar el suelo con un material reciclado que son las botellas plásticas descartables tipo PET dándoles una importante función a estos materiales. La metodología es de tipo cuasi experimental y de tipo aplicada, la población se conforma por la ciudad de puno y los instrumentos que se emplearon fueron los ensayos de CBR, granulometría, Proctor modificado y contenido de humedad. El resultado se obtuvo al tomar los porcentajes del suelo natural en la CALICATA 3 clasificado como un suelo CL (tipo grava con arcilla ligera y restos de finos), con 1.876 gr/cm³ de densidad seca, mediante la incorporación de 2% de material PET y 1,5% de PR nos presenta la mejora a un 1.902 gr/cm³, esto demuestra la disminución del óptimo contenido de humedad debido al aumento del M.D.S.

Resultados:

Los resultados obtenidos por el laboratorio MATESTLAB S.A.C nos dice que la muestra de nuestro suelo según la clasificación SUCS es GP, es decir, grava pobremente gradada con restos de limos y finos, y según AASHTO pertenece al grupo A-2-b. La máxima densidad seca inicial se encuentra en un 2.092 gr/cm³ y el contenido de humedad en 8.3%, al incorporar 2% de cal y 5% de ceniza de madera a nuestro material se obtiene una DMS de 1.990 gr/cm³ y el OCH en 7.0%, presentando así el decrecimiento de la curva al incorporar los porcentajes, obteniendo estos resultados según los ensayos pertinentes.

Comparación:

Conforme a los ensayos realizados en esta tesis, se determina que la densidad de la subrasante disminuye a comparación del antecedente presentado, esto significa que la incorporación de cal y ceniza no favorece a la densidad máxima seca, en cambio, el óptimo contenido de humedad pierde porcentaje al incorporar las materias, determinando así, que se debería utilizar otro tipo de material que presente un cambio positivo al suelo.

Objetivo 3:

Precisar la incorporación de cal y ceniza de madera en la capacidad portante del suelo en la sub rasante en la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.

Antecedente: Gavilanes B. (2015), con su tesis titulada *“Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur”* situado en el país de Ecuador, con el fin de obtener el título de ingeniero civil. Nos demuestra lo siguiente: el propósito de estabilizar el suelo mejorando su propiedad físico-mecánica al aumentar la durabilidad y resistencia teniendo en cuenta que los materiales más comunes que se utilizan para estabilizar suelos es el asfalto, la cal y el cemento. La metodología es de tipo cuasi experimental y de tipo aplicada, la población se conforma por la ciudad de puno y los instrumentos que se emplearon fueron los ensayos de CBR, granulometría, Proctor modificado y contenido de humedad. El principal resultado fue el del suelo natural, el cual presento un CBR menor al 3%, al incorporar cal y cemento se obtienen mejoras consecutivas siendo asi que para un 4% de ambos materiales se presenta un aumento de CBR al 95% de 23.85%, obteniendo una subrasante muy buena.

Resultados:

Los resultados obtenidos por el laboratorio MATESTLAB S.A.C nos dicen que según el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), nuestro CBR inicial es de 20%, siendo calificado en la tabla de valores nos indica que nuestra subrasante no es apta, pero al ir incorporando se presentó mejoras significativas, determinando así que al usar un 2% de cal y 5% de ceniza de madera presenta un aumento siendo el CBR al 95% en 34.3%, obteniendo una subrasante muy buena.

Comparación:

De acuerdo a los antecedentes, el uso de cal y ceniza es favorable para la mejora del suelo según el ensayo de CBR PARA SUELOS EN LABORATORIO MTC E 132 (2014), el cual justifica que, ya que ambos porcentajes cumplen con lo requerido según la norma, ya que estos resultados finales en la presente investigación tienden a mejorar en la curva de compactación/densidad al igual que los presentados en los antecedentes.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo general.- Se realizó el análisis para la estabilización de suelos a nivel de subrasante con CAL y CENIZA DE MADERA (CDM), demostrando que influye de manera positiva en las propiedades físico mecánicas del suelo en el terreno de la carretera Azpitia, distrito de Mala, observando su evaluación en las principales características: 1) mejorar la compactación del suelo en cuanto a la densidad de la subrasante, 2) disminuir el óptimo contenido de humedad de la subrasante y 3) aumentar la capacidad portante de la subrasante en la carretera de Azpitia.

Objetivo Especifico 1.- Se pudo evidenciar que la relación entre las dosificaciones 2% de CAL y 2%, 5%, 10% y 15% de CDM en los ensayos de densidad de campo presentaron buenos resultados ya que se demuestra el incremento de 0.04 gr/cm³ por medio de la adición de 2% CAL y 5% de CDM, iniciando con 2.06 gr/cm³ y finalizando en 2.10gr/cm³. Por tal motivo, la mejora de nuestra subrasante se relaciona directamente a las dosificaciones de CAL y CDM en referencia al ensayo de Densidad, por lo que queda registrado y constatado.

Objetivo Especifico 2.- Se pudo evidenciar que la relación entre las dosificaciones de 2% de CAL y 2%, 5%, 10% y 15% de Ceniza de Madera en los ensayos de Proctor Modificado presentaron buenos resultados ya que se demuestra la disminución del óptimo contenido de humedad en un 1.3% por medio de la adición de 2% CAL y 5% CDM teniendo como punto de partida 8.3% de OCH y finalizando en 7.0% de OCH, asu vez, la MDS presento un cambio distinto, para este porcentaje y material se redujo en un 0.102 gr/cm³. Por tal motivo, la mejora de nuestra subrasante presente una variante no esperada en la MDS en referencia al ensayo de Proctor Modificado, por lo que queda registrado y constatado.

Objetivo Especifico 3.- Se pudo evidenciar que la relación entre las dosificaciones de 2% de CAL y 2%, 5%, 10% y 15% de Ceniza de Madera en los ensayos de CBR presentaron buenos resultados ya que se demuestra un aumento en la capacidad portante de 14.3% al 95% y 100% de la M.D.S. teniendo como punto de partida un 20% (95% M.D.S.) y 24.3% (100% M.D.S.) y finalizando en 34.3% (95% M.D.S.) y 38.6% (100% M.D.S.) del CBR. Por tal motivo, la mejora de nuestra subrasante presente relación directa hacia las dosificaciones de CAL y CDM en referencia al ensayo de Proctor Modificado, por lo que queda registrado y constatado.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo Especifico 1

En la presente tesis al realizar la incorporación de CAL y CENIZA DE MADERA se pudo observar una mejora en cuanto al SN + 2%CAL / 2% CDM, el punto en la curva aumenta al usar 2% CAL / 5% CDM, pero observamos que al usar 2% CAL / 10% CDM y 2% CAL / 15% CDM, en ambos porcentajes la curva decrece. Por tal forma se recomienda utilizar los porcentajes de 2% CAL y 5% CDM para poder mejorar la compactación del suelo en cuanto a su densidad inicial.

Objetivo Especifico 2

En la presente tesis al realizar la incorporación de CAL y CENIZA DE MADERA se pudo observar una reducción del OCH en cuanto al SN + 2% CAL / 2% CDM, al ver este resultado se utilizó 2% CAL / 5% CDM reduciendo más el porcentaje, al continuar con el 2% CAL / 10% CDM y 2% CAL / 15% CDM ya los resultados empiezan a aumentar de manera desfavorable. Por tal forma se recomienda utilizar los porcentajes de 2% CAL y 5% CDM para poder mejorar la subrasante con la dosificación adecuada, obteniendo la disminución de M.D.S y O.C.H. Para el caso de la máxima densidad seca que presenta resultados negativos, se plantea el utilizar otro tipo de material en una siguiente tesis para demostrar cambios favorables.

Objetivo Especifico 3

En la presente tesis al realizar la incorporación de CAL y CENIZA DE MADERA se pudo observar un aumento en la capacidad portante en cuanto al SN + 2% CAL / 2% CDM, al ver este resultado se utilizó 2% CAL / 5% CDM aumentando más el porcentaje, al continuar con el 2% CAL / 10% CDM y 2% CAL / 15% CDM ya los resultados empiezan a disminuir de manera desfavorable. Por tal forma se recomienda utilizar los porcentajes de 2% CAL y 5% CDM para poder alcanzar el punto máximo en la curva del C.B.R. obteniendo así una subrasante favorable.

REFERENCIAS

MUHAMMAD, A. *Predicting Deterioration for the Saudi Arabia Urban Road Network*. [en línea]. Tesis de titulación. University of Nottingham, 2010. [Consultado 06 junio 2021]. Disponible en: <http://eprints.nottingham.ac.uk/11171/>

FERNÁNDEZ, N. *clasificación de carreteras y trazo de líneas gradientes*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Peruana de los Andes, 2016. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-los-andes/ingenieria-civil/ing-civil-caminos-i-clasificacion-de-carreteras/5165012>

MANOTOA, A. *Funciones de base, subbase, subrasante y material de mejoramiento*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Técnica Particular de Loja, 2018. 2 p. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://www.studocu.com/es/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/suelos-y-rocas/apuntes/funciones-de-base-subbase-subrasante-y-material-de-mejoramiento/4880533/view>

GAVILANES, E. *Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Internacional del Ecuador, 2015. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>

GAVILANES Erick. *Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur* [en línea] Tesis (título para ingeniero). Ecuador: Universidad Internacional Del Ecuador, 2015. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>

GONZALES Ángel. *Estabilización mecánica de suelos cohesivos a través de la utilización de cal – ceniza volante* [en línea]. Tesis (título para ingeniero). Guatemala: Universidad De San Carlos de Guatemala, 2014. [consultado el 3 de mayo del 2021] Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/1044/>

DELGADO, J. y LEÓN, A. *Mejoramiento De La Subrasante Mediante La Mezcla De Grava-Arcilla Para Optimizar Su Capacidad Portante En La Calle Los Nogales, Piura-2019* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad César Vallejo, 2019. [Consultado 13 junio 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/41352>

CAMAÑO Iván. *Mejoramiento de un suelo blando de sub rasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente* [en línea]. Tesis (título para ingeniero). Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2016. [consultado el 4 de agosto del 2020] Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15770/Caama%C3%B1oMurilloIv%C3%A1nAlberto2016.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

GONZALES Flor. *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para sub rasante mejorada de pavimentos en la ciudad de Puno* [en línea]. Tesis (título para ingeniero). Puno: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2018. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/249337779.pdf>

LEIVA Raúl. *Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción* [en línea]. Tesis (pregrado). Perú: Universidad Nacional del Centro; Huancayo, 2016. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCH/1181>

RAMOS Gabriel. *Mejoramiento de sub rasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica* [en línea]. Tesis (título para ingeniero). Perú: Universidad

Nacional Del Centro Del Perú, 2014. [consultado el 14 de mayo del 2021]
Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/416>

MANUAL DE CARRETERAS SUELOS GEOLOGIA, GOTECNIA Y PAVIMENTOS.
[en línea]. Perú, 2014. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en:
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf

Como hacer la justificación de la investigación. Párr. 8, 9 y 10. [en línea] 2021.
[fecha de consulta: 14 junio 2021]. Disponible en:
https://cienciassociales.webcindario.com/PDF/Problema/4_Justificacion.pdf

MONTENEGRO, Sara. Geografía del Perú. Lima, 1era Ed: Universidad alas
peruanas. [en línea]. 2014. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en:
<https://repositorio.uap.edu.pe>

DAS , Braja M. 2013. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. 4. Mexico :
Cengage Learning [en línea]. 2013. pág. 636. 978-607-519-373-1.
[consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN:
https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das.

RONDON Hugo y REYES Fredy. Pavimentos: materiales, construcción y diseño
[en línea]. 1.º ed. Bogotá: eco ediciones, 2015. [consultado el 14 de mayo del
2021] Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Manual de carreteras
y diseño geométrico DG [en línea]. Perú: 2018. [consultado el 14 de
mayo del 2021] Disponible en:
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

UNIVERSIDAD Pontifica Bolivariana. 2013. Determinación del límite líquido de los suelos afectados por derrames de hidrocarburos. [en línea]. 2013.pág. 14. [consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN: http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/CAP%20_%20Identificacion%20Caract_de%20suelos.pdf

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Manual de carreteras y diseño geométrico DG [en línea.]. Perú: 2016. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

NTP-399.611. Normas técnicas peruana. p.4. [en línea] 2010. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <https://baixardoc.com/documents/ntp-3996112010revisada-el-2015-5c75a1e265376>

MORTERO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. En: Universidad católica de Colombia. [en línea]. Colombia, 2002. pp. 1.[consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN: https://www.academia.edu/22782711/Ingenieria_de_pavimentos_Alfonso_Montejo_Fonseca

MECNICA DE SUELOS I. En: Universidad Nacional de Huancavelica. [en línea]. 2014. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <https://es.slideshare.net/mobile/edisonbarros98/compactaciones-de-los-suelos>.

PRIMER TALLER DE MECANICA DE SUELOS. En: Universidad Nacional de Ingeniería. [en línea]. 2006. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%20OPERATIVOS/CBR.pdf>

ENSAYO DE PROCTOR NORMAL Y MODIFICADO. En: Geotecnia Fácil. [en línea]. 2020. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <https://geotecniafacil.com/ensayo-proctor-normal-y-modificado/>

DETERMINATION OF RESILIENT MODULES IN SUBSTRATE SOILS – AASHTO T274-82. En: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. [en línea]. 2020.

[consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <https://trid.trb.org/view/964335>

PROYECTO SUBSECTORIAL DE IRRIGACION. En: Ministerio de Agricultura. [en línea]. 2003. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en:

[http://www.psi.gob.pe/wp-](http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_suelo.pdf)

[content/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_suelo.pdf](http://www.psi.gob.pe/wp-content/uploads/2016/03/biblioteca_boletines_el_suelo.pdf)

ASTM C593. Especificación estándar para cenizas volantes y otras puzolanas para su uso con cal para estabilización del suelo. s.l. : [en línea]. West

Conshohocken. [consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN:

<https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/astm?c=050507>

Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. En: CONCYTEC. [en línea]. 2019. [consultado el 14 de

mayo del 2021] Disponible en:

https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_4c1b9ac2b8c010d7e5a89af447f8ea11

CENIZA DE MADERA Y SU APLICACIÓN EN EL MUNDO. En: Green

Technology. [en línea]. 2017. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en:

<https://ecoinventos.com/que-hacer-con-la-ceniza/>

GONZALES, F. Planta de procesamiento de arroz, (p.15). [en línea]. 1982.

[consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2964/F30-R639-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MANSILLA, Laura y RUIZ, Marcos. Reciclaje de botellas de pet para obtener fibra de poliéster. Ingeniería Industrial [en línea]. 2009, n° 27: 127 - 137. [consultado el

14 de mayo del 2021] Disponible en

<https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493008.pdf>

IMPORTANCIA DE LAS CENIZAS VOLANTES EN LA PRODUCCION DE CONCRETO. [en línea]. En: 360 Concreto. [consultado el 14 de mayo del 2021]

Disponible en:

<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/concreto/importancia-de-las-cenizas-volantes-en-la-produccion-de-concreto>.

VALDERRAMA Santiago, PASOS PARA ELABORAR PROYECTOS Y TESIS DE INVESTIGACION CIENTIFICA. [en línea]. 1. ° ed. Lima: Editorial San Marcos, 2007. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en:

<http://crai.ucvlima.edu.pe/biblioteca/modulos/PrincipalAlumno.aspx>

SANCA, M. Tipos de investigación científica. Revista de actualización clínica investiga. [en línea]. 2011. [consultado el 14 de mayo del 2021]

DISPONIBLE. EN: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2304-37682011000900011&script=sci_arttext

ARAGON Universidad. 2018. Saica y Acciona prueban en Aragon el uso de cenizas en la construcción de carretera. [En línea] 3 de octubre de 2018. [consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN: <https://aragonuniversidad.es/actualidad/saica-y-acciona-prueban-en-aragon-el-uso-de-cenizas-en-la-construccion-de-carreteras/>.

NUÑEZ, J. Operación de las variables. p.173. [en línea]. 2007. [consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN:

<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/57883/1/Indicadores- Repositorio.pdf>

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES: Manual de ensayos de materiales [en línea.]. Perú: 2016. [consultado el 14 de mayo del 2021]

Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

BORJA Mario, metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo. [en línea]. 2012. [consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE

EN:https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

SIVAKUMAR, N. Effect of fly ash layer addition on the bearing capacity of expansive soil. *Emerging Materials Research* [en línea]. 2020, Vol. **9** (4). 1-15 [fecha de consulta 13 junio 2021]. ISSN 2046-0155. Disponible en: <https://doi.org/10.1680/jemmr.20.00034>

NAVYA, J y VENKATESWARA , Rao. Journal of Engineering Research and Applications [en línea] . August 2014, nº8. [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en https://www.ijera.com/papers/Vol4_issue8/Version%206/F48063438.pdf

DICCIONARIO interactivo multi-idioma. *DICCIONARIO interactivo multi-idioma*. [en línea]. Madrid-España : Cultural S.A. pág. 1050. 978-84-8055-681-1. [consultado el 14 de mayo del 2021] https://www.todostuslibros.com/libros/diccionario-enciclopedico-universal_978-84-8055-681-1

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para Elaborar Proyectos de Investigación Científica Cuantitativa, cualitativa y Mixta. 5.ª reimpresión. Lima: San Marcos. [en línea]. 2013. [consultado el 14 de mayo del 2021] DISPONIBLE EN: <https://es.scribd.com/document/335731707/Pasos-Para-Elaborar-Proyectos-de-Investigacion-Cientifica-Santiago-Valderrama-Mendoza>

Historia de la producción de cal en el norte de la cuenca de México. Párr. 4,5, 6 y 7 [en línea] 2021 [consultado el 14 de mayo del 2021] Disponible en: <file:///C:/Users/Acer/Downloads/7083-73-22379-1-10-20171013.pdf>

ZAINORABIDIN, A. and HASTARI, D. *Effect of moisture content of cohesive subgrade soil* [en línea]. 2018. EDP Sciences: MATEC [fecha de consulta 06 junio 2021]. Disponible en: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/54/mateconf_icrmce2018_03010/mateconf_icrmce2018_03010.html

ANEXO 01. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
TÍTULO	INCORPORACIÓN DE CAL Y CENIZA DE MADERA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
CAL (VARIABLE INDEPENDIENTE)	La cal es obtenida mediante el proceso de calcinación de las rocas calcitas en hornos industriales. (Guillermo, 2015; p. 7)	Para poder realizar el análisis de influencia al incorporar cal y ceniza de madera a la subrasante y mejorar sus propiedades físico mecánicas, se utilizaron diferentes porcentajes de ambos agregados, los cuales se incorporaron en un 2% de cal y 2%, 5%, 10% y 15% de ceniza de madera, para posteriormente realizar los ensayos respectivos de laboratorio.	Estabilización con cal y ceniza de madera por kilogramos.	Adición de 2% cal y 2% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.
				Adición de 2% cal y 5% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.
				Adición de 2% cal y 10% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.
				Adición de 2% cal y 15% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.
CENIZA DE MADERA (VARIABLE INDEPENDIENTE)	La extracción de ceniza de madera se da por la quema de esta materia prima en ladrilleras artesanales y/o hornos industriales a mayor masa. (Duran 2019: p. 5)			Análisis granulométrico	Tamizado
SUBRASANTE (VARIABLE DEPENDIENTE)	La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera, que se construye entre el terreno natural allanado o explanada y la estructura del pavimento. (MTC 2014; p. 20)	Para el mejoramiento de la subrasante se incorporarán distintos porcentajes para la dosificación de cal y ceniza de madera, con la finalidad de analizar su influencia en el grado de compactación, contenido de humedad y capacidad portante del suelo.	Densidad del suelo	Densidad húmeda	Ensayo de densidad natural por el método de reemplazo de arena en excavación método del cono de arena (MTC E 117)
				Grado de compactación	
			Relación densidad - humedad	Proctor modificado	Ensayo de Proctor modificado (ASTM D 1557)
		Capacidad portante del suelo	CBR	Ensayo de Californian Bearing Ratio CBR (ASTM D 1883)	

ANEXO 02. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO	INCORPORACION DE CAL Y CENIZA DE MADERA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA – CAÑETE 2021.					
AUTORES	PEREZ TIPPE ANDREA JAHAIRA – CHUMPTAZ DE LAS CASAS ANTHONY JUNIOR					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE: CAL Y CENIZA DE MADERA			Método: científico Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: explicativa causal Diseño: Cuasi experimental Unidad de análisis Es toda la sub rasantes de la carretera Azpitia en el distrito de Mala. Población Está conformado por todas las calicatas que se obtengan en la carretera Azpitia – distrito de mala – cañete 2021. Muestra 03 calicatas de 1.5m de profundidad en la carretera Azpitia – distrito de mala – cañete 2021. Muestreo No probabilístico. Técnica Pruebas de laboratorio Instrumento: estudio de suelos conforme a las dosificaciones de 2% de cal y 2%, 5%, 10% y 15% de ceniza de madera.
¿De qué manera influye la incorporación de cal y ceniza de madera en el mejoramiento de la sub rasante en la carretera de Azpitia, Distrito de Mala – Cañete 2021?	Evaluar la incorporación de cal y ceniza de madera en el mejoramiento de la sub rasante en la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.	La incorporación de cal y ceniza de madera mejorara la sub rasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			D1: Estabilización con cal y ceniza de madera por kilogramos.	I 1: Adición de 2% cal y 2% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.	
				I 2: Adición de 2% cal y 5% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.	
				I 3: Adición de 2% cal y 10% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.	
				I 4: Adición de 2% cal y 15% ceniza de madera	Balanza calibrada en laboratorio.	
I 5: Análisis granulométrico	Tamizado					
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPOTESIS ESPECÍFICOS	V. DEPENDIENTE: SUBRASANTE			
¿Cuánto influye la incorporación de cal y ceniza de madera en el grado de compactación en la sub rasante de la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021?	Especificar la incorporación de cal y ceniza de madera en el grado de compactación del suelo en la sub rasante en la carretera Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.	La incorporación de cal y ceniza de madera mejorará el grado de compactación en la subrasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			D2: Densidad del suelo	I 6: Densidad húmeda	Ensayo de densidad natural por el método de reemplazo de arena en excavación método del cono de arena (MTC E 117)	
D3: Relación densidad - humedad	I 7: Grado de compactación	Ensayo de Proctor modificado (ASTM D 1557)				
	¿Cuánto influye la incorporación de cal y ceniza de madera en el contenido de humedad en la sub rasante de la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021?		Determinar la incorporación de cal y ceniza de madera en el contenido de humedad de la sub rasante en la carretera Azpitia - Distrito de Mala - Cañete 2021.	La incorporación de cal y ceniza de madera reducirá el contenido de humedad en la subrasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.	I 8: Proctor modificado	Ensayo de Proctor modificado (ASTM D 1557)
D4: Capacidad portante del suelo		I 9: CBR				
	¿Cuánto influye la incorporación de cal y ceniza de madera en la capacidad portante del suelo en la sub rasante de la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021?		Precisar la incorporación de cal y ceniza de madera en la capacidad portante de la sub rasante en la carretera de Azpitia – Distrito de Mala – Cañete 2021.	La incorporación de cal y ceniza de madera aumentara la capacidad portante en la subrasante en la carretera de Azpitia - Distrito de Mala – Cañete 2021.	I 9: CBR	Ensayo de Californian Bearing Ratio CBR (ASTM D 1883)

ANEXO 03: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DESCRIPCIÓN	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Adición de 2% cal y 2% ceniza de madera	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Adición de 2% cal y 5% ceniza de madera	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Adición de 2% cal y 10% ceniza de madera	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Adición de 2% cal y 15% ceniza de madera	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Ensayo de análisis granulométrico	Observación directa	Ficha de recolección de datos
Ensayo densidad de campo por el método del cono de arena	Observación experimental	Ficha de recolección de datos
Proctor modificado	Observación experimental	Ficha de recolección de datos
CBR	Observación experimental	Ficha de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 04: JUICIO DE EXPERTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Cal y Ceniza de Madera

"Incorporación de Cal y Ceniza de madera para el mejoramiento de la subrasante en el distrito de Mala – Cañete 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Pérez Tippe Andrea Jahaira.

Tesista 02: Chumpitaz De Las Casas Anthony Junior.

Fecha: Lima, 08 de julio del 2021.

Parte B: Dosificación de Cal

2%	
2%	

Tesis: Gonzales, M (2014) Dosificación de Cal: 2% y 5%.

Parte C: Dosificación de Ceniza de Madera

2%	
5%	
10%	
15%	

Tesis: Gonzales, C (2018) Dosificación de Ceniza Volante: 6%, 16% y 25%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Vargas Chacaltana Luis Alberto

Grado: Ingeniero [] Maestro [] Doctor [x]

Título Profesional: Ingeniero Civil

N° de Registro CIP: 194542

Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Cal y Ceniza de Madera

"Incorporación de Cal y Ceniza de madera para el mejoramiento de la subrasante en el distrito de Mala – Cañete 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Pérez Tippe Andrea Jahaira.

Tesista 02: Chumpitaz De Las Casas Anthony Junior.

Fecha: Lima, 08 de julio del 2021.

Parte B: Dosificación de Cal

2%	
2%	

Tesis: Gonzales, M (2014) Dosificación de Cal: 2% y 5%.

Parte C: Dosificación de Ceniza de Madera

2%	
5%	
10%	
15%	

Tesis: Gonzales, C (2018) Dosificación de Ceniza Volante: 6%, 16% y 25%

Observaciones: _____

Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Dorothy Rosemarie Pimentel Daviu

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: INGENIERO CIVIL

N° de Registro CIP: 83110


DOROTHY ROSEMARIE PIMENTEL DAVIU
INGENIERA CIVIL
RSC. P. 83110
Firma y Sello



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación de Cal y Ceniza de Madera

"Incorporación de Cal y Ceniza de madera para el mejoramiento de la subrasante en el distrito de Mala – Cañete 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Pérez Tippe Andrea Jahaira.

Tesista 02: Chumpitaz De Las Casas Anthony Junior.

Fecha: Lima, 08 de julio del 2021.

Parte B: Dosificación de Cal

2%	
2%	

Tesis: Gonzales, M (2014) Dosificación de Cal: 2% y 5%.

Parte C: Dosificación de Ceniza de Madera

2%	
5%	
10%	
15%	

Tesis: Gonzales, C (2018) Dosificación de Ceniza Volante: 6%, 16% y 25%

Observaciones: _____

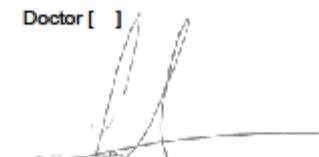
Apellidos y Nombre(s) del juez evaluador: Henry Santiago Flores.

Especialista: Metodólogo [] Temático [X]

Grado: Ingeniero [X] Maestro [] Doctor []

Título Profesional: Ingeniero Civil

N° de Registro CIP: 205749


HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 205749
MATHSLAB S.A.C.

Firma y Sello

ANEXO 05: CERTIFICADOS

 <p style="text-align: center;">FORMATO ENSAYO PARA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS</p>	Código	CS-FO-02
	Versión	01
	Fecha	17-04-2021
	Página	1 de 1

PROYECTO: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021

SOLICITANTE: CHUMPTAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA

CÓDIGO DE PROYECTO: ---

UBICACIÓN DE PROYECTO: INSTALACIONES DEL LABORATORIO MATESTLAB S.A.C.

MATERIAL: Muestra de suelo

CÓDIGO DE MUESTRA: ---

SONDAJE / CALICATA: C-1

Nº DE MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: ---

REGISTRO Nº: MTL - LEM - TS - 54

MUESTREADO POR: J. E.G.

ENSAYADO POR: D. CASTILLO

FECHA DE ENSAYO: 19/05/2021

TURNO: Diurno

PROFUNDIDAD: 1,5 m

NORTE: ---

ESTE: ---

COSTA: ---

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

Tara Nº		Z1
Peso de tara		386,4
Tara + m húmeda		6637,2
Tara + m seca		6602,8
Tamaño máx. de partículas		---
Método de Ensayo		"A"
Método de secado		Horno a 110 +/- 5°C

TABLE 1 Minimum Requirements for Mass of Test Specimen, and Balance Readability						
Maximum Particle Size (100 % Passing)		Method A Water Content Recorded to ± 1 %		Method B Water Content Recorded to ± 0.1 %		
Sieve Size	Alternative Sieve Size	Specimen Mass	Balance Readability (g)	Specimen Mass (g)	Balance Readability (g)	
75.0 mm	3 in.	5 kg	10	50 kg	10	
37.5 mm	1 1/2 in.	1 kg	10	10 kg	10	
19.0 mm	3/4 in.	250 g	1	2.5 kg	1	
9.5 mm	3/8 in.	50 g	0.1	500 g	0.1	
4.75 mm	No. 4	20 g	0.1	100 g	0.1	
2.00 mm	No. 10	20 g	0.1	20 g	0.01	

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - ASTM D6913

Método de ensayo: A: Tamizado compuesto

Procedimiento de obtención de muestra: "Secada al horno a 110 +/- 5°C"

Peso Inicial Seco : 6216,4			Peso de fracción < Nº4 1884,3		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	TAMIZ	ABERTURA	PESO
2"	50,800	0	Nº 20	0,840	151,6
1-1/2"	38,100	680,3	Nº 30	0,600	182,5
1"	25,400	1353,8	Nº 40	0,425	249,9
3/4"	19,000	817,5	Nº 50	0,297	223,6
3/8"	9,500	927,3	Nº 60	0,250	84,9
Nº 4	4,750	553,2	Nº 80	0,177	182,8
Nº 8	2,380	346,4	Nº 100	0,150	19,2
Nº 10	2,000	77,4	Nº 200	0,075	48,2
Nº 16	1,190	203,9	< Nº 200	---	113,9

METODO DE TAMIZADO: Manual Inorgánico

TIPO DE SUELO: Inorgánico

LÍMITES DE CONSISTENCIA - ASTM D4318

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO			
Método de ensayo	Multipunto <input checked="" type="checkbox"/>	Unipunto <input type="checkbox"/>		Método de secado: Horno <input checked="" type="checkbox"/>	Ambiente <input type="checkbox"/>		
DESCRIPCIÓN	1	2	3	DESCRIPCIÓN	1	2	3
Nro. de Recipiente				Nro. de Recipiente			
Peso de Recipiente				Peso de Recipiente			
Peso Recipiente + Suelo Húmedo				Peso Recipiente + Suelo Húmedo			
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)				Peso Recipiente + Suelo Seco			
Nº De Golpes				Cantidad mínima requerida			

Método de preparación: Horno Ambiente

Método de secado: Horno 110 +/- 5°C Ambiente

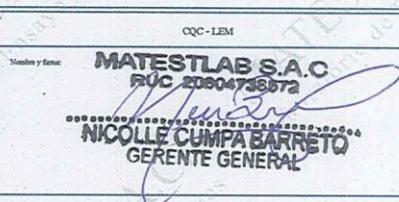
OBSERVACIONES:
Clasificación visual - manual: GP - Grava pobremente gradada con arena color marrón en condición seca

Muestra tomada en campo por el personal de MATESTLAB S.A.C.

EQUIPO UTILIZADO

EQUIPO	CÓDIGO	F. CALIBRACIÓN	Nº CERT. CALIBRACIÓN
Balanza digital New Classic 6000g x 0.1g	LS-08	22/09/2020	LM-416-2020
Balanza digital Ohaus 30000g x 1g	LS-07	22/09/2020	LM-415-2020
Balanza digital Henkel 200g x 0.01mg	LS-06	24/09/2020	LM-420-2020
Horno digital Termocup 196L 0º a 300°C	LS-20	24/09/2020	LM-423-2020

MATESTLAB S.A.C.

<p>TÉCNICO - LEM</p> 	<p>REFE - LEM</p>  <p>HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 205749 MATESTLAB S.A.C.</p>	<p>QCC - LEM</p>  <p>MATESTLAB S.A.C RUC 20004738572 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL</p>
--	---	---



FORMATO
ENSAYO PARA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Código	CS-FO-03
Versión	01
Fecha	17-04-2021
Página	1 de 1

PROYECTO: INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021

SOLICITANTE: CHUMPITAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA

CÓDIGO DE PROYECTO: ---

UBICACIÓN DE PROYECTO: INSTALACIONES DEL LABORATORIO MATESTLAB SAC

MATERIAL: Muestra de suelo

CÓDIGO DE MUESTRA: ---

SONDAJE / CALICATA: C-1

Nº DE MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: ---

REGISTRO Nº: MTL - LEM - TS - 54

MUESTREO POR: J. E.G.

ENSAYADO POR: D. CASTILLO

FECHA DE ENSAYO: 19/05/2021

TURNO: Diurno

PROFUNDIDAD: 1,5 m

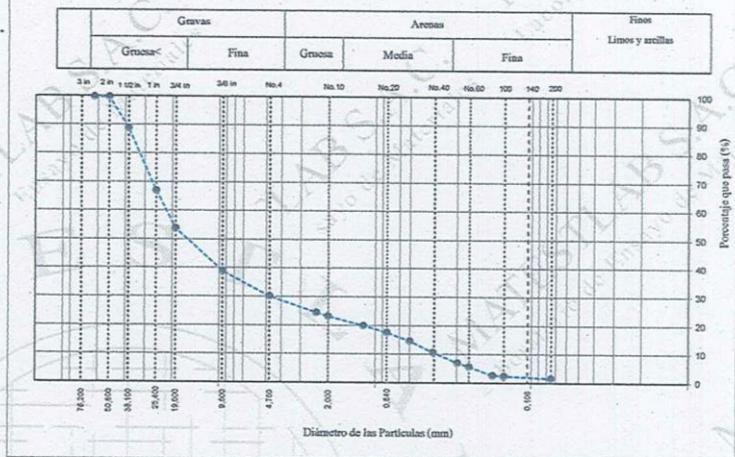
NORTE: ---

ESTE: ---

COSTA: ---

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
ASTM D6913

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC.
2 1/2"	38,100	100,00	
2"	38,100	100,00	
1 1/2"	38,100	89,06	
1"	25,400	67,28	
3/4"	19,000	54,13	
3/8"	9,500	39,21	
Nº 4	4,750	30,31	
Nº 8	2,380	24,74	
Nº 10	2,000	23,49	
Nº 16	1,190	20,21	
Nº 20	0,840	17,78	
Nº 30	0,600	14,84	
Nº 40	0,426	10,82	
Nº 50	0,297	7,22	
Nº 60	0,250	5,86	
Nº 80	0,177	2,92	
Nº 100	0,150	2,61	
Nº 200	0,075	1,83	
Fondo	---	0,00	



CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,6
METODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
METODO DE REPORTE	"A"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL: GP - Grava pobremente gradada con arena color marrón en condición seca

NOTAS SOBRE LA MUESTRA: 0,00

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA: Secada al horno a 110 +/- 5°C

PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO: A: Tamizado compuesto

TAMIZ SEPARADOR: Nº4

METODO DE REPORTE DE RESULTADOS: "A"



LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D4318

LIMITE LIQUIDO	N.P.
LIMITE PLASTICO	N.P.
INDICE DE PLASTICIDAD	N.P.
INDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	---
INDICE DE LIQUIDEZ (IL)	---
METODO DE ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO	Multipunto

COMPOSICIÓN FÍSICA DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE PARTÍCULAS

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	69,7
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	28,5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	1,8

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	GP
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-2-4
NOMBRE DEL GRUPO	Grava pobremente gradada con arena

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM

Nombre y Firma:

MATESTLAB S.A.C.
Laboratorio de Ensayo de Materiales

JEFE - LEM

Nombre y Firma:

HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP Nº 205749
MATESTLAB S.A.C.

CQC - LEM

Nombre y Firma:

MATESTLAB S.A.C.
RUC 20804738672
NICOLLE CUMPA BARRETO
GERENTE GENERAL



INFORME DE ENSAYO
 Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis
 ASTM D6913 / D6913M - 17

Código	CS-FO-01
Versión	01
Fecha	19-05-2021
Página	1 de 1

PROYECTO: INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021

SOLICITANTE: CHUMPITAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA

CÓDIGO DE PROYECTO: ---

UBICACIÓN DE PROYECTO: INSTALACIONES DEL LABORATORIO MATESTLAB SAC

CÓDIGO DE MUESTRA: ---

SONDAJE / CALICATA: C-1

Nº DE MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: ---

REGISTRO Nº: MTL - LEM - TS - 54

MUESTREO POR ENSAYADO POR: J. E.G.

FECHA DE ENSAYO: 19/05/2021

PROFUNDIDAD: 1,5 m

NORTE: ---

ESTE: ---

COSTA: ---

Método de ensayo utilizado: Tamizado compuesto "A"

Tamiz de separación E11: No. 4

Procedimiento de obtención de muestr: Secado al horno

Clasificación Visual - manual: GP

Grava: 69,7

Arena: 28,5

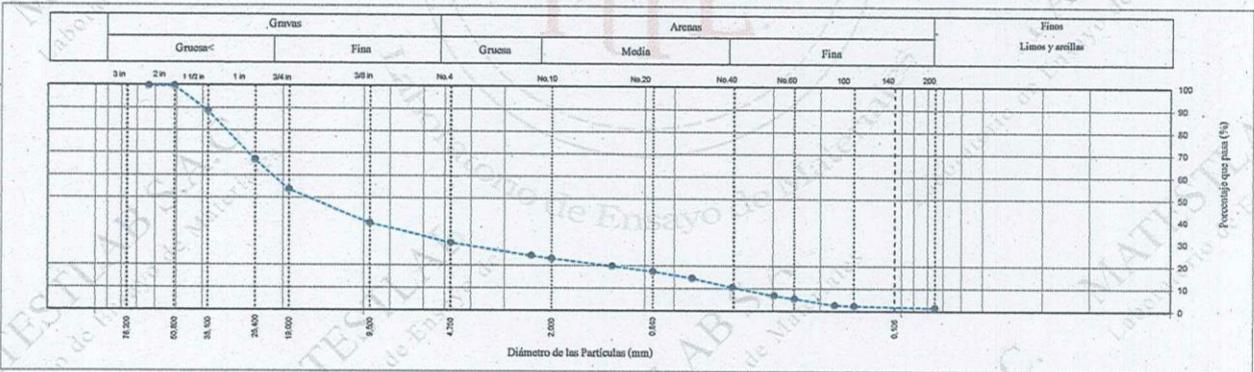
Finos: 1,8

Masa Total húmeda g	6250,8	1ra Separación	
Masa Total seca g	6216,4	Retenida en tamiz	Fración que pasa
Masa Total Húmeda < No. 4	g	---	6250,8
Masa Húmeda de Fracción	g		6250,8
Masa Seca de Fracción	g		1884,3
Fracción Limpia y Seca	g	4332,1	1884,3
Humedad de Fracción	%		231,7
Fracción	%		100,0
Humedad Total	%		231,7
Σ de tamizado	g	4332,10	1884,30

Equipos utilizados:

- Juego de tamices EQ06
- Horno EQ05
- Balanzas EQ25 EQ23 y EQ10
- Cuarteador EQ03

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Fracción Gruesa de Separación	Fracción Fina Tamizado Simple	Retenido en Tamiz Separador	Factor de Tamizado	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que Pasa	Especificación	
									Mínimo	Máximo
2 1/2 in.	63,300	0,0			0,0160865	0,00	0,00	100,00		
2 in.	50,800	0,0			0,0160865	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 in.	38,100	680,3			0,0160865	10,94	10,94	89,06		
1 in.	25,400	1353,8			0,0160865	21,78	32,72	67,28		
3/4 in.	19,000	817,5			0,0160865	13,15	45,87	54,13		
3/8 in.	9,500	927,3			0,0160865	14,92	60,79	39,21		
No. 4	4,750	553,2		0,0	0,0160865	8,90	69,69	30,31		
No. 8	2,380		346,40		0,0160865	5,57	75,26	24,74		
No. 10	2,000		77,40		0,0160865	1,25	76,51	23,49		
No. 16	1,190		203,90		0,0160865	3,28	79,79	20,21		
No. 20	0,840		151,60		0,0160865	2,44	82,22	17,78		
No. 30	0,600		182,50		0,0160865	2,94	85,16	14,84		
No. 40	0,425		249,90		0,0160865	4,02	89,18	10,82		
No. 50	0,297		223,60		0,0160865	3,60	92,78	7,22		
No. 60	0,250		84,90		0,0160865	1,37	94,14	5,86		
No. 80	0,177		182,80		0,0160865	2,94	97,08	2,92		
No. 100	0,150		19,20		0,0160865	0,31	97,39	2,61		
No. 200	0,075		48,20		0,0160865	0,78	98,17	1,83		
FONDO	---		113,90		0,0160865	1,83	100,00	0,00		



OBSERVACIONES:

- * No se descartaron o encontraron materiales ajenos al suelo ensavado.
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C

<p>TÉCNICO - LEM</p> <p>Nombre y firma:</p>	<p>JEFE - LEM</p> <p>Nombre y firma:</p> <p>HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP Nº 205749 MATESTLAB S.A.C.</p>	<p>CQC - LEM</p> <p>Nombre y firma:</p> <p>MATESTLAB S.A.C RUC 20804738572 NICOLÉ CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL</p>
---	---	--



INFORME
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557 / ASTM D1883)

Código	CS-FO-02
Versión	01
Fecha	31-05-2021
Página	1 de 1

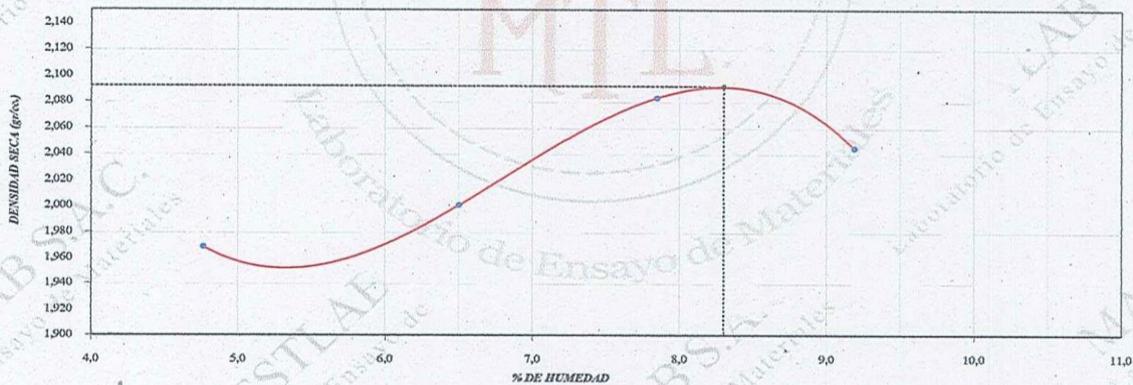
PROYECTO	: INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021	REGISTRO N°:	MTL - LEM - TS - 54
SOLICITANTE	: CHUMPITAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA	MUESTREADO POR	MATESTLAB SAC
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE	ENSAYADO POR	D.CASTILLO
MATERIAL	: MATERIAL PROPIO	FECHA DE ENSAYO	31/05/2021
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	: MATERIAL PROPIO	TURNO	Diurno
SONDAJE / CALICATA	: CALICATA 1	PROFUNDIDAD	: --
N° DE MUESTRA	: MN	NORTE	: --
PROGRESIVA	: --	ESTE	: --
		COSTA	: --

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

		Volúmen Molde	2136	cm ³		
		Peso Molde	6923	gr.		
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	11.330	11.476	11.723	11.693	
Peso Suelo Húmedo Compactado	gr.	4.407	4.553	4.800	4.770	
Peso Volumetrico Húmedo	gr.	2,063	2,132	2,247	2,233	
Recipiente Numero		W1	H1	D2	A8	
Peso de la Tara	gr.	91,9	93,4	70,9	70,6	
Peso Suelo Húmedo + Tara	gr.	360,1	370,2	365,0	381,9	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	347,9	353,3	343,6	355,7	
Peso del agua	gr.	12,2	16,9	21,4	26,2	
Peso del suelo seco	gr.	256	260	273	285	
Contenido de agua	%	4,8	6,5	7,8	9,2	
Densidad Seca	gr/cc	1,969	2,001	2,084	2,045	

Densidad Máxima Seca: 2,092 gr/cm³ Contenido Humedad Óptima: 8,3 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

* Muestra tomada en campo por el solicitante y ensayadas por el personal de Matestlab SAC

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM

MATESTLAB S.A.C.
Laboratorio de Ensayo de Materiales

JEFE - LEM

HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 205749
MATESTLAB S.A.C.

CQC - LEM

MATESTLAB S.A.C.
RUC 20804758873
NICOLLE CUMPA BARRETO
GERENTE GENERAL



INFORME
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Código	CS-FO-02
Versión	01
Fecha	03-06-2021
Página	1 de 1

PROYECTO	: INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021	REGISTRO N°	MTL - LEM-TS - 54
SOLICITANTE	: CHUMPIAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA	MUESTREADO POR	MATESTLAB SAC
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE	ENSAYADO POR	D.CASTILLO
MATERIAL	: MATERIAL PROPIO	FECHA DE ENSAYO	03/06/2021
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	: MATERIAL PROPIO	TURNO	Diuño
SONDAJE / CALICATA	: CALICATA 1	PROFUNDIDAD	: ---
N° DE MUESTRA	: MN	NORTE	: ---
PROGRESIVA	: ---	ESTE	: ---
		COSTA	: ---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

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

Molde N°	5		10		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	12.600		12.566		11.836	
Peso molde (gr.)	7.614		7.791		7.762	
Peso suelo compactado (gr.)	4.986		4.775		4.074	
Volumen del molde (cm³)	2.326		2.294		2.128	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,144		2,082		1,914	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,965		1,898		1,760	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	70,5	94,4	70,6
Tara + suelo húmedo (gr.)	392,6	372,1	358,5
Tara + suelo seco (gr.)	365,7	347,6	335,3
Peso de agua (gr.)	26,9	24,5	23,2
Peso de suelo seco (gr.)	295,2	253,2	264,7
Humedad (%)	9,1	9,7	8,8

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0,01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
31-may	11:00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
01-jun	11:00	24	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
02-jun	11:00	48	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
03-jun	11:00	72	0,07	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
04-jun	11:00	96	0,09	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 5				Molde N° 10				Molde N° 15			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0,025		51	2,5			30	1,5			17	0,8		
0,050		98	4,9			44	2,2			29	1,4		
0,075		136	6,7			58	2,9			43	2,1		
0,100	70,000	192	9,5	17,0	24,3	143	7,1	14,0	20,0	78	3,9	9,0	12,9
0,150		315	15,6			182	9,0			102	5,1		
0,200	105,000	412	20,4	29,9	28,5	352	17,4	23,5	22,4	195	9,7	12,5	11,9
0,300		756	37,4			575	28,5			305	15,1		
0,400			0,0				0,0				0,0		
0,500			0,0				0,0				0,0		

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo por el solicitante y ensayadas por el personal de Matestlab SAC

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM

JEFE - LEM

HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 205749
MATESTLAB S.A.C.

CQC - LEM

MATESTLAB S.A.C
R.O.C. 20804738572

NICOLLE CUMPA BARRETO
GERENTE GENERAL



INFORME
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Código	CS-FO-02
Versión	01
Fecha	03-06-2021
Página	1 de 1

PROYECTO : INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021
 SOLICITANTE : CHUMPITAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA
 UBICACIÓN DE PROYECTO : DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE
 MATERIAL : MATERIAL PROPIO
 IDENTIFICACIÓN DE MUI : MATERIAL PROPIO
 SONDAJE / CALICATA : CALICATA I
 N° DE MUESTRA : MN
 PROGRESIVA : --

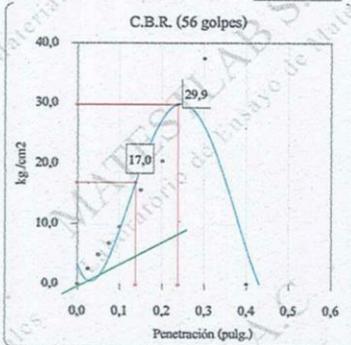
REGISTRO N° : MTL - LEM - TS - 54
 MUESTREADO POR : MATESTLAB SAC
 ENSAYADO POR : D.CASTILLO
 FECHA DE ENSAYO : 03/06/2021
 TURNO : Diurno
 PROFUNDIDAD : --
 NORTE : --
 ESTE : --
 COSTA : --

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

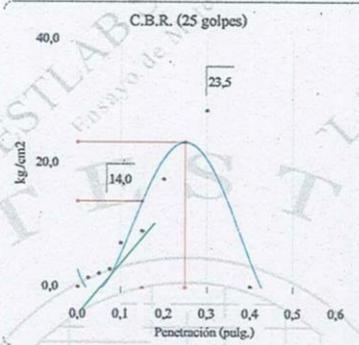
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 2,092 gr/cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1,987 gr/cm³

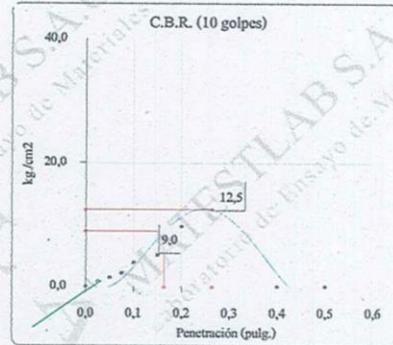
Óptimo Contenido de Humedad : 8,3 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 24,3 %

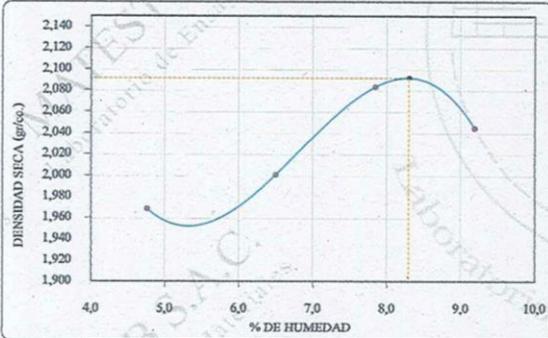


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 20,0 %



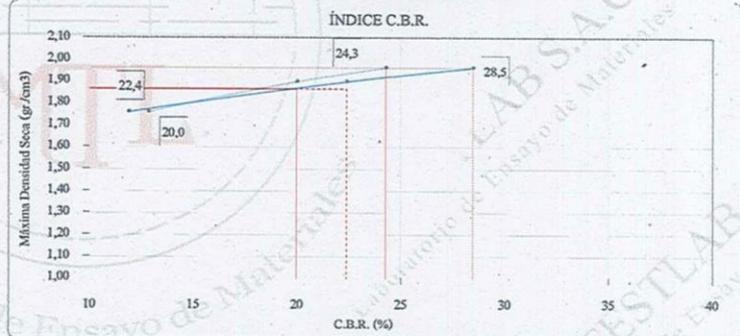
C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 12,9 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 24,3 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 20,0 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 28,5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 22,4 %

OBSERVACIONES:

* Muestra tomada en campo por el solicitante y ensayadas por el personal de Matestlab SAC

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM

JEFE - LEM

QCQ - LEM



HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 205749
MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C
RUC 20804736572

NICOLLE CUMPA BARRETO
GERENTE GENERAL



INFORME
PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557 / ASTM D1883)

Código	CS-FO-02
Versión	01
Fecha	24-05-2021
Página	1 de 1

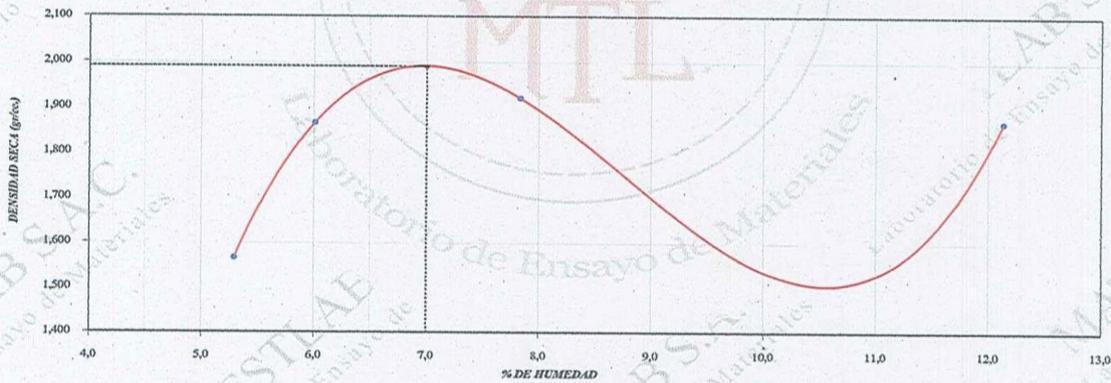
PROYECTO	: INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021	REGISTRO N°:	MTL - LEM - TS - 54
SOLICITANTE	: CHUMPTIAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA	MUESTREADO POR	MATESTLAB SAC
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE	ENSAYADO POR	D.CASTILLO
MATERIAL	: MATERIAL PROPIO	FECHA DE ENSAYO	24/05/2021
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	: MATERIAL PROPIO	TURNO	Diuño
SONDAJE / CALICATA	: CALICATA 1	PROFUNDIDAD	: ---
N° DE MUESTRA	: MN+2%cat+5%ceniza	NORTE	: ---
PROGRESIVA	: ---	ESTE	: ---
		COSTA	: ---

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

	Volumen Molde	2136	cm ³			
	Peso Molde	6923	gr.			
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10.450	11.150	11.350	11.400	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3.527	4.227	4.427	4.477	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,651	1,979	2,073	2,096	
Recipiente Numero		J5	D2	A8	N1	
Peso de la Tara	gr.	70,7	70,4	70,6	130,9	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	325,3	424,9	477,9	417,4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	312,5	404,8	448,3	386,4	
Peso del agua	gr.	12,8	20,1	29,6	31,0	
Peso del suelo seco	gr.	242	334	378	256	
Contenido de agua	%	5,3	6,0	7,8	12,1	
Densidad Seca	gr/cc	1,568	1,867	1,922	1,869	

Densidad Máxima Seca: 1,990 gr/cm³ Contenido Humedad Optima: 7,0 %

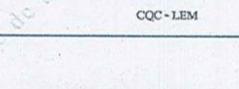
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo por el solicitante y ensayada por el personal de Matestlab SAC

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM	JEFE - LEM	CQC - LEM
 MATESTLAB S.A.C. Laboratorio de Ensayo de Materiales	 HENRY W. SANTIAGO FLORES INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 205749 MATESTLAB S.A.C.	 MATESTLAB S.A.C RUC 20804738372 NICOLLE CUMPA BARRETO GERENTE GENERAL



INFORME
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Código	CS-FO-02
Versión	01
Fecha	27-05-2021
Página	1 de 1

PROYECTO	: INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021	REGISTRO N°	MTL - LEM - TS - 54
SOLICITANTE	: CHUMPITAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA	MUESTREADO POR	MATESTLAB SAC
UBICACIÓN DE PROYECTO	: DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE	ENSAYADO POR	D.CASTILLO
MATERIAL	: MATERIAL PROPIO	FECHA DE ENSAYO	27/05/2021
IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA	: MATERIAL PROPIO	TURNO	Diurno
SONDAJE / CALICATA	: CALICATA 1	PROFUNDIDAD	: ---
N° DE MUESTRA	: MN+2%cal+5%ceniza	NORTE	: ---
PROGRESIVA	: ---	ESTE	: ---
		COSTA	: ---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	5	10	15			
Número de capas	5	5	5			
Número de golpes	56	25	10			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.321		12.160		11.534	
Peso molde (gr.)	7.614		7.791		7.762	
Peso suelo compactado (gr.)	4.707		4.369		3.772	
Volumen del molde (cm ³)	2.326		2.294		2.128	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,024		1,905		1,772	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,895		1,778		1,658	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	75,4	95,2	90,3
Tara + suelo húmedo (gr.)	381,2	370,1	380,4
Tara + suelo seco (gr.)	361,7	351,9	361,7
Peso de agua (gr.)	19,5	18,2	18,7
Peso de suelo seco (gr.)	286,3	256,7	271,4
Humedad (%)	6,8	7,1	6,9

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
24-may	11:00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25-may	11:00	24	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00
26-may	11:00	48	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
27-may	11:00	72	0,07	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00	0,08	0,00	0,00
28-may	11:00	96	0,09	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 5				Molde N° 10				Molde N° 15			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0,025		82	4,1			68	3,4			37	1,8		
0,050		130	6,4			81	4,0			70	3,5		
0,075		190	9,4			105	5,2			105	5,2		
0,100	70,000	220	10,9	27,0	38,6	150	7,4	24,0	34,3	153	7,6	10,0	14,3
0,150		390	19,3			340	16,8			274	13,6		
0,200	105,000	702	34,8	44,5	42,4	602	29,8	38,5	36,7	435	21,5	26,0	24,8
0,300		1062	52,6			904	44,8			610	30,2		
0,400			0,0				0,0				0,0		
0,500			0,0				0,0				0,0		

OBSERVACIONES:

* Muestra tomada en campo por el solicitante y ensayadas por el personal de Matestlab SAC

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM



JEFE - LEM

HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 205749
MATESTLAB S.A.C.

CQC - LEM

MATESTLAB S.A.C
RUC 20604738572
NICOLLE CUMPA BARRETO
GERENTE GENERAL



INFORME
VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Código	CS-FO-02
Versión	01
Fecha	27-05-2021
Página	1 de 1

PROYECTO : INCORPORACION DE CENIZA DE MADERA Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO A NIVEL DE SUBRASANTE EN EL DISTRITO DE MALA - CAÑETE 2021

SOLICITANTE : CHUMPITAZ DE LAS CASAS ANTHONY / PEREZ TIPPE ANDREA

UBICACION DE PROYECTO : DISTRITO DE MALA - PROVINCIA DE CAÑETE

MATERIAL : MATERIAL PROPIO

IDENTIFICACION DE MUI : MATERIAL PROPIO

SONDAJE / CALICATA : CALICATA 1

Nº DE MUESTRA : MN+2%cal+5%ceniza

PROGRESIVA : ---

REGISTRO Nº: MTL - LEM - TS - 54

MUESTREADO POR: MATESTLAB SAC

ENSAYADO POR: D.CASTILLO

FECHA DE ENSAYO: 27/05/2021

TURNO: Diurno

PROFUNDIDAD : ---

NORTE : ---

ESTE : ---

COSTA : ---

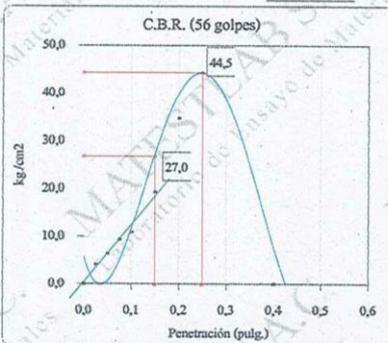
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1885

Datos de muestra

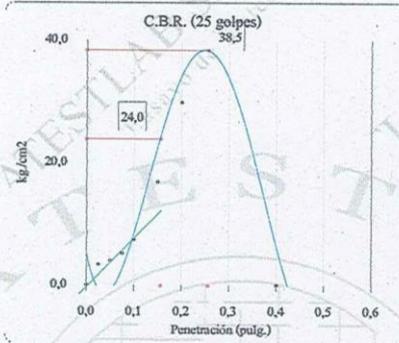
Máxima Densidad Seca : 1,990 gr/cm³

Óptimo Contenido de Humedad : 7,0 %

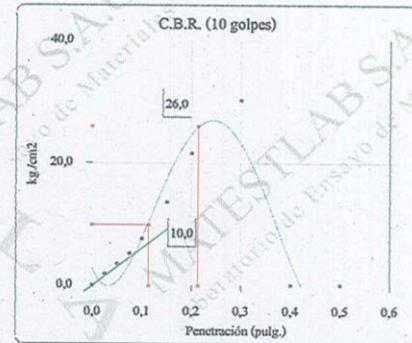
Máxima Densidad Seca al 95% : 1,891 gr/cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 38,6 %

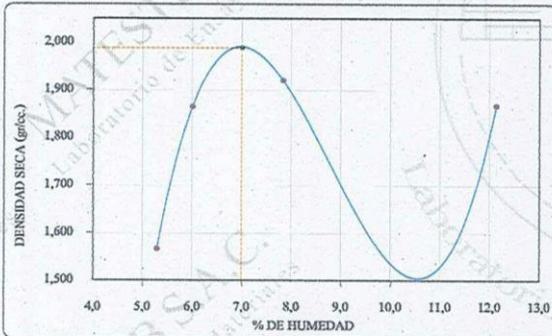


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 34,3 %



C.B.R. (0.1") 10 GOLPES : 14,3 %

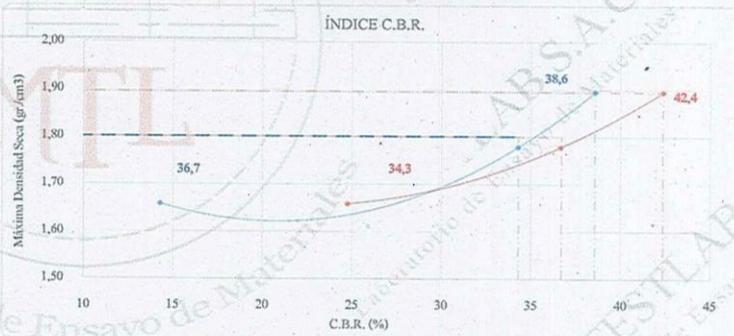
CURVA DE COMPACTACION - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 38,6 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 34,3 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 42,4 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 36,7 %

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada en campo por el solicitante y ensayadas por el personal de Matestlab SAC

MATESTLAB S.A.C

TÉCNICO - LEM

JEFE - LEM

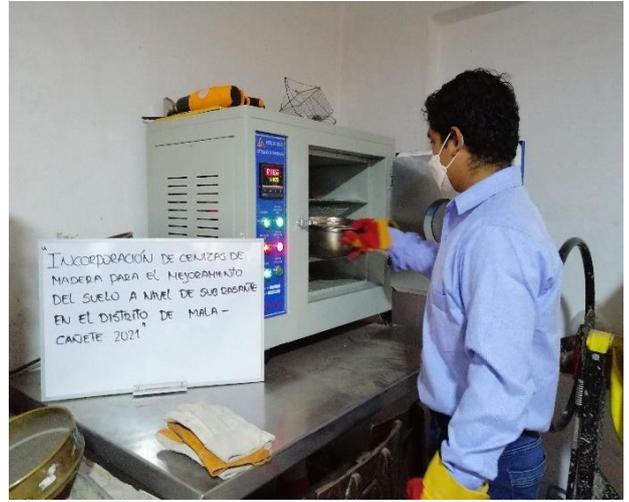
CQC - LEM



HENRY W. SANTIAGO FLORES
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 205749
MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C
RUC 20004738972
NICOLLE CUMPA BARRETO
GERENTE GENERAL

ANEXO 06: EVIDENCIAS DE ENSAYOS EN LABORATORIO.

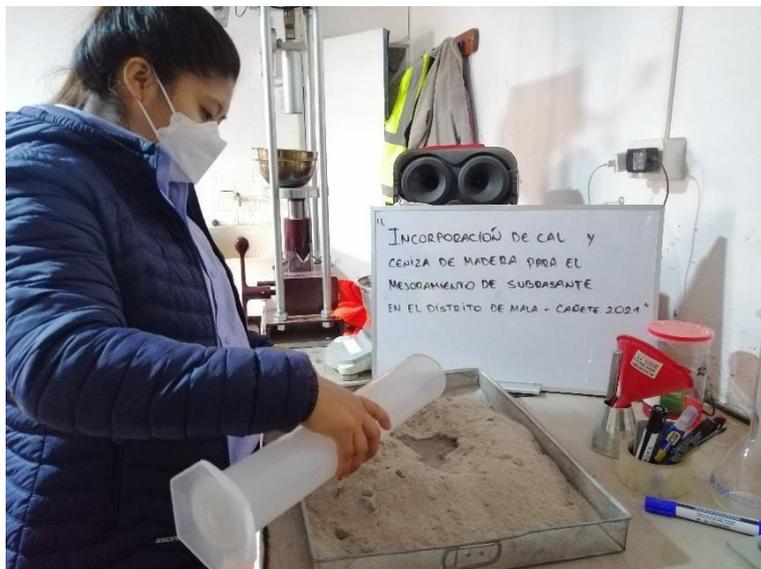


y

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.