



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante Av. Carretera Canta Carabayllo, Lima- 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Marcelo Mallqui, Jesús (ORCID: 0000-0002-4434-8354)

**ASESOR:**

Dr. Tello Malpartida Omar Demetrio (ORCID: 0000-0002-8376- 4131)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

Lima – Perú

2021

### **Dedicatoria**

El presente proyecto de investigación está esencialmente dedicado a mi madre quien me brinda todo su apoyo de manera incondicional y su constante motivación para ejercer mi carrera a quienes les debo todo lo logrado y las futuras metas.

Por otro lado, a mi hija que es el motor de este reto mis hermanos, primos y tíos que siempre estuvieron brindándome su apoyo. Finalmente, a esos grandes amigos y compañeros que estuvieron en el proceso.

*“Marcelo Mallqui Jesús”*

## Agradecimiento

Primeramente, agradecemos a Dios por que él nos guio dándonos fuerzas para seguir adelante y lograr todo lo que nos proponíamos ya que el camino no fue fácil, pero gracias al todo se eligió el camino correcto.

A mi madre, hermanos, familiares que estuvieron apoyándonos en toda esta etapa para que se pueda cumplir este sueño de terminar la carrera de Ingeniería Civil.

A toda la plana docente que durante todo este tiempo de formación nos compartieron su sabiduría acerca de las materias que se llevaron a cabo para que así seamos unos profesionales de bien, nuestro asesor Dr. Tello Malpartida Omar Demetrio, gracias por transmitirnos sus conocimientos, consejos para ser buenos **ingenieros, basados en la ética profesional.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III METODOLOGÍA.....	16
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	16
3.2. Variables y operacionalización .....	18
3.3. Población, muestra y muestreo .....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos .....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos.....	23
RESULTADOS.....	24
DISCUSIÓN .....	44
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES .....	51
REFERENCIAS.....	54
ANEXOS .....	59

## Índice de tablas

Tabla 1: Cantidad de muestras.....	20
Tabla 2: Listado de expertos .....	21
Tabla 3: Distribución granulométrica .....	29
Tabla 4: Clasificación del suelo .....	29
Tabla 5: Densidad natural por el método de reemplazo de arena en excavación	30
Tabla 6: los límites de consistencia ASTM D4310 (D0).....	30
Tabla 7: los límites de consistencia ASTM D4310 (D1).....	30
Tabla 8: los límites de consistencia ASTM D4310 (D2).....	31
Tabla 9: los límites de consistencia ASTM D4310 (D3).....	31
Tabla 10: Denominación de las dosificaciones... ..	34
Tabla 11: Muestras CBR .....	39
Tabla 12: Muestras de compactación .....	40
Tabla 13: Muestras de límites de consistencia .....	41
Tabla 14: Muestras de humedad y densidad .....	42

## Índice de figuras

Figura 1: ubicación a nivel nacional.....	25
Figura 2: ubicación a nivel distrital.....	26
Figura 3: zona de estudio av. Carretera canta.....	26
Figura 4: Calicata C1.....	27
Figura 5: Muestra de los especímenes.....	27
Figura 6: Juego de tamices.....	28
Figura 7: Resultado de laboratorio granulométrico .....	28
Figura 8: Curva granulométrico .....	29
Figura 9: D0 Relación de humedad y densidad seca.....	31
Figura 10: D1 Relación de humedad y densidad seca .....	32
Figura 11: D2 Relación de humedad y densidad seca .....	32
Figura 12: D3 Relación de humedad y densidad seca .....	33
Figura 13: se divide en 5 partes iguales.....	33
Figura 14: Compactación de capas.....	34
Figura 15: Emparejado con las capas .....	34
Figura 16: Prueba de penetración (CBR). .....	34
Figura 17: CBR-D0 curva CBR vs Densidad seca.....	35
Figura 18: CBR-D1 curva CBR vs Densidad seca.....	35
Figura 19: CBR-D2 curva CBR vs Densidad seca.....	36
Figura 20: CBR-D3 curva CBR vs Densidad seca.....	36
Figura 21: curva de compactación- D0 (ASTM D 1557).....	37
Figura 22: curva de compactación- D1 (ASTM D 1557).....	37
Figura 23: curva de compactación- D2 (ASTM D 1557).....	38
Figura 24: curva de compactación- D3 (ASTM D 1557).....	38
Figura 25: CBR del suelo natural con adición de ceniza de carbón.....	39
Figura 26: Compactación del suelo natural con adición de ceniza de carbón.....	40
Figura 27 Muestras de límites de consistencia .....	41
Figura 28: Relación de humedad y densidad.....	43

## Resumen

En la presente investigación tuvo como objetivo establecer la influencia de la ceniza de carbón en la estabilidad de suelo arcilloso en la subrasante en la av. Carretera canta Carabayllo, esta investigación fue de tipo aplicada, el nivel fue explicativo, el diseño fue cuasi experimental, cuya población fue constituida por la av. Carretera canta. La muestra consto de 200 metros, los principales resultados de la muestra D1 en 24.5%, para D2 en 28.6% y D3 en 42,9%. de CBR todas cumplen el requerimiento mínimo establecido por la norma ASTM D1883 que especifica el CBR mínimo debe ser 20%. así mismo la compactación respecto a la dosificación D0 y D1 se verifica un incremento de 9.5%; también la dosificación de D0 y D2 se verifica un incremento de 13.5%; finalmente la dosificación D0 y D3 se verifica un incremento de 30.7% cumplen la norma ASTM D1557, el límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad también cumplen con su respectiva norma y el requerimiento mínimo establecido, consecuentemente se concluyó que la influencia de ceniza de carbón en la estabilidad de suelos arcillosos fue positiva y que la D3 es la más influyente de las muestras, finalmente se recomienda estudiar otros porcentajes de ceniza de carbón para determinar otras opciones en diferentes tipos de suelos.

Palabra clave: estabilidad, subrasante y carbón

## Abstract

In the present investigation, the objective was to establish the influence of coal ash on the stability of clay soil in the subrazant in av. Carretera canta Carabayllo, this research was of an applied type, the level was explanatory, the design was quasi-experimental, whose population was constituted by the av. Highway sings. The sample consisted of 200 meters, the main results of sample D1 at 24.5%, for D2 at 28.6% and D3 at 42.9%. of CBR all meet the minimum requirement established by the ASTM D1883 standard that specifies the minimum CBR must be 20%. likewise the compaction with respect to the dosage D0 and D1 an increase of 9.5% is verified; also the dosage of D0 and D2 an increase of 13.5% is verified; finally the dosage D0 and D3, an increase of 30.7% is verified, they comply with the ASTM D1557 standard, the liquid limit, plastic limit and plasticity index also comply with their respective standard and the minimum requirement established, consequently it was concluded that the influence of ash from Carbon in the stability of clayey soils was positive and that D3 is the most influential of the samples, finally it is recommended to study other percentages of carbon ash to determine other options in different types of soils.

Keywords: stability, subrazant and carbon



## I. INTRODUCCIÓN

Dentro de un contexto universal se menciona que la construcción de calzadas es uno de los trabajos de red vial que más ha evolucionado desde los tiempos antiguos, lo cual se puede evidenciar mediante las diferentes redes de carreteras que existen en todo el mundo, reflexionando que los diversos regímenes han dado gran jerarquía a la reconstrucción de calzadas pavimentadas y asentadas, siendo estas últimas las que conforman un 34.7% del total de calzadas. Al respecto en Colombia se llevó a cabo la “valoración del conducta físico maquinado de la tenacidad de un superficie arcillosa con añadidura de cal y cenizas de cáscaras de arroz”<sup>1</sup> donde expresa que la reconstrucción de vías y pavimentos estructurales, son las obras civiles más sustanciales, el cual influencia de manera favorable en la calidad de vida de la población y sus integrantes, además se estudió el proceder de la perfección de la subrasante de las vías mediadoras compuestas por cáscara de grano carbonizada. En el Perú se llevó a cabo un estudio que “evaluó la estabilidad del suelo arcilloso utilizando ceniza de carbón como compuesto de la subrasante”<sup>2</sup> donde se analizó que la elección de las concentraciones porcentuales de ceniza de carbón que oscilaban entre 13% y 24%, aumentó de manera óptima el contenido de la humedad. La tesis, básicamente se desarrolla en la Avenida carretera Canta situado en la jurisdicción de Carabayllo departamento de Lima, donde se identificó diferentes problemas como dificultad de acceso al lugar, tiempo de traslado y deterioro vehicular. En la zona a desarrollar el estudio existe el predominio de suelo arcilloso, así mismo se procura establecer de qué manera influye la ceniza de carbón en los suelos arcillosos, de blandura y las características de la resistencia mecánica donde la subrasante no es la apropiada y no asegura la permanencia y estabilidad que certifique los adecuados procedimientos en la estructuración del pavimento donde se obtiene dos maneras, siendo el primero el más habitual y la segunda elección es la de corregir las peculiaridades a través de la ceniza de carbón.

En la formulación del problema mencionó el problema general se planteó ¿Cuánto interviene la ceniza de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante de la Av. Calzada Canta, Carabayllo, Lima-2021? y en los problemas específicos se mencionó los siguientes ¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la humedad, límite líquido, indicadores físicos, propiedades físicas, capacidad

portante, compactación de suelos y la CBR de suelos arcillosos en la subrasante de la Avenida Carretera Canta, Carabayllo, Lima- 2021?

En la **justificación teórica** de la investigación para el progreso del actual sondeo se realizó la búsqueda y aplicación de los diferentes campos teóricos correspondientes a la geotecnia; tratando percepciones del mecanismo de los territorios y el uso de aparatos de recinto de este parecido para las distintas pruebas que consecutivamente acarreamos en el acabado. La exploración ayuda a conocer la conducta del suelo procedente, al ser reforzado con escoria del carbón, es probado con la regla práctica peruana (NTP) E.050 y costumbres precedentes indicadas en las referencias bibliográficas para el uso, en la **justificación social** los óptimos favorecidos con la actual exploración serán los vecindarios del distrito de Carabayllo, ya que tendrán nuevas alternativas de ingreso monetario y ecológico. Además el profesional de ingeniería que planteen replicar el estudio en otros campos se beneficiarán al igual que los alumnos que cursan la carrera de ingeniería civil, dado que detallarán una noticia histórica de la estabilidad de superficies arcillosos con escoria de carbón, recalcando para que sea un procedimiento un poco convencional a un nivel provincial, así mismo tendrá una **Justificación económica** en relación al uso de la maquinaria y equipos que se utilizarán durante la aplicación y análisis de los procesos a evaluar, siendo un estudio autofinanciado, además podemos complementar que la inyección de este modo de estabilidad ha sido manipulada en distintos terrenos con respuestas óptimas y la **justificación práctica** se fundamenta en la exploración poco convencional, financiera y ecológica en relación a la estabilidad de suelos arcillosos con el propósito de favorecer las cualidades físicas-mecánicas de los suelos arcillosos descendiente del sitio avenida carretera Canta Carabayllo,

El **objetivo general** se planteó establecer de qué manera influye la escoria carbón en la estabilidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Avenida Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021, así mismo **los objetivos específicos** planteados están orientados a determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en el incluido de la humedad, el límite líquido, el límite plástico, la tabla de flexibilidad, el desplazamiento portante, la compactación y la CBR de suelos arcillosos en la subrasante de la Avenida Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021.

En la **hipótesis general** se mencionó: La ceniza de carbón ejerce una

influencia positiva en la estabilidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Avenida Carretera Canta, Carabaylo, Lima-2021 y en **las hipótesis específicas** también se mencionó la ceniza de carbón influye positivamente en el contenido de la humedad, límite líquido, mínimo de plástico, índice de plasticidad, capacidad portante, compactación y la CBR de suelos arcillosos en la subrasante de la Avenida Carretera Canta, Carabaylo, Lima-2021.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En los **antecedentes nacionales** podemos citar a **Brandar (2020)**, en la tesis “Inyección de ceniza de tronco de fondo para la estabilización de la subrasante en avenida Universitaria con San Felipe en el distrito de Comas”. Fue un estudio descriptivo y explicativo que se planteó con el propósito de determinar de qué manera influye la ceniza de madera de base en el afianzamiento de la subrasante, encontrándose que la muestra analizada es de tipo A-1-b (0) la cual es caracterizada por ser un material granular y de baja plasticidad, además se encontró que el 2.7%, 24%, 19% y 5% fueron los contenidos de humedad, límite líquido, límite dúctil y flexibilidad, obteniendo de esta manera un valor de LP alto por lo que se propone que la muestra siga del estado semisólido al líquido, para lo cual se debe añadir agua en una alta cantidad, además de realizar ensayos de CBR al 100% y 95% para cada dosis, evidenciado que dicho aporte incrementa en un 34.80% un suelo arena limosa arcilla SM – SC. Se concluye que la humedad del suelo puede disminuirse según las combinaciones de material con ceniza de madera de fondo propuestas en el estudio como el SN100%, SN90% + CF10%, SN70% + CF30%, SN50% y CF50%, en la cual se menciona que aplicando 50% de ceniza de madera de fondo al terreno natural se conseguirá un contenido de humedad óptimo al 6.7%, evidenciando de esta manera que se empleó una dosis óptima, siendo lo mismo en la densidad seca, donde se consigue un valor óptimo de 2.184 gr/cm<sup>3</sup> cuando se aplica 50% de ceniza de madera de fondo al suelo natural. También **Quiroz (2019)** en la tesis “aplicación de escorias de carbón para el mejoramiento de la estabilidad de suelos arenosos, Mz. I Las Gardenias, Ancón, 2019”, el cual tuvo como propósito determinar de qué manera el aplicar residuos de carbón favorece la estabilidad de suelos arenosos. Fue un estudio aplicado, descriptivo, explicativo y cuasi-experimental, en la cual se consideró a las viviendas del asentamiento humano Las Gardenias ubicadas en el distrito de Ancón como la población de estudio, encontrándose tres composiciones de suelos en donde se adicionó cenizas de carbón a una concentración de 7%, 14% y 21% en la cual se evidenció mejorías en su comportamiento, además al agregar cemento en un 3% se pudo evidenciar una mejoría en su comportamiento, concluyendo que la aplicación de cenizas de carbón a una concentración de 7%, 14% y 21% en los suelos arenosos del distrito de Ancón mejoran la estabilidad de dichos suelos y aún más si se adiciona cemento en un 3%, continuando con **Chilcon y León (2020)**, quien planteó un estudio titulado “evaluación de estabilización de superficies arcillosos aplicando residuo de

carbón en la subrasante de la Avenida Cuzco en San Martín de Porres”, y tuvo como finalidad evaluar la estabilidad de suelos arcillosos por medio de la aplicación de ceniza de carbón para un tipo de suelo arcilloso. Estudio aplicado, descriptivo, explicativo y cuasi-experimental, en la cual se consideró a la avenida Cuzco ubicadas en el distrito de San Martín de Porres, como la población de estudio, encontrándose que el uso de ceniza de carbón en una concentración de 13%, 21% y 24% originó una disminución en el índice de plasticidad mediante el cálculo de los límites de Atterberg, concluyendo que la ceniza de carbón influye en la estabilidad de suelos arcillosos en la subrasante de la avenida Cuzco, lo cual se pone en relieve mediante las evaluaciones físicas y mecánicas al incrementar el grado de humedad, disminuir el índice de plasticidad y acrecentar la capacidad portante, prosiguiendo con **Rabanal (2020)**, en su estudio titulado “influencia del aditivo quim KD – 40 y cal hidratada para estabilidad de superficies arcillosas en la capa de subrasante los pavimentos rígidos, Pucallpa”, la cual se planteó como propósito determinar los porcentajes del aditivo quim kd-40 y la cal hidratada para mejorar la estabilización del suelo arcilloso en la capa subrasante para el pavimento rígido. Estudio aplicado, descriptivo, explicativo y cuasi-experimental, donde se consideró a 3 kilómetros de la Avenida Shirambari de la ciudad de Pucallpa como población de estudio, encontrando como resultados que al agregarse la cal hidratada en dosis de 9%, 7%, 5% y 2%, y el aditivo Quim KD40 de 10%, 6%, 3% y 1% se pudo establecer que el aditivo de Quim KD40 es el componente que brinda una mejor estabilización del suelo arcilloso en la subrasante. Se concluye que el aditivo de Quim KD40 en un 6% es el porcentaje óptimo en la estabilización de suelo arcilloso, mencionaremos también **López (2021)** en su estudio titulado: estabilidad de suelo arcilloso con la aplicación de residuo de cáscara de arroz para mejorar la subrasante, en Moyobamba - San Martín, con el propósito de establecer la estabilización de suelos arcillosos mediante la aplicación de cáscara de arroz para el mejoramiento de la subrasante. Estudio aplicado, descriptivo, explicativo y cuasi-experimental, donde la carretera de Moyobamba fue considerada como la población, encontrándose como resultado que al adicionar ceniza de cáscara de arroz se incrementan los tipos de arcillas estudiadas, siendo una adición el 15% de CCA el cual incrementa la resistencia del suelo, pero con una adición del 10% de CCA se obtiene una rasante buena. Se concluye que las cenizas de cáscara de arroz aumentan el índice de flexibilidad, partiendo que la PI del suelo natural es del 23,84%, sin embargo cuando

se incorpora el 5%, 10% y 15% de CCA el PI es 26,45%, 26,73% y 26,75%, además mediante la prueba de CBR al 95% de la densidad seca máxima se pudo obtener una resistencia mayor con la adición de cenizas de cáscara de arroz, partiendo de que en suelo natural el CBR fue 3.96%, y cuando se adiciona un 5%, 10% y 15% de CCA entonces el CBR fue de 6.90%, 9.60% y 10.5%.

En los **antecedentes internacionales** podemos citar a **Cañar (2017)**, en su estudio titulado “Análisis de comparación entre la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos donde se adicionó ceniza de carbón”, con el propósito de determinar la estabilización de dos suelos que presentan propiedades diferentes con la adición de cenizas de carbón y evaluar su capacidad de soporte y resistencia. Estudio descriptivo y explicativo, encontrándose como resultados que la adición de cenizas de carbón en un 25% con las arcillas mejoraron la resistencia del suelo desde 9.10% hasta 11.2%, además mediante la prueba de CBR al 95% de la densidad seca máxima se pudo obtener una resistencia mayor con la adición de cenizas de carbón al 25% de un 15% al 19.6%. Se concluye que la ceniza de carbón combinado con suelos arenosos y arcillosos disminuye la expansión, humedad y plasticidad de los suelos. También **Barragán y Cuervo (2019)**, en su estudio titulado análisis de los cambios físicos y mecánico en la adición de ceniza de cáscara de arroz blanco en suelos arenosos y arcillosos, con la finalidad de examinar los componentes físico-mecánicos agrupados a una firmeza del suelo areno arcilloso al agregar escoria de cáscara de arroz. Fue un estudio aplicado, descriptivo, explicativo y pre- experimental, donde se encontró en los efectos de grado líquido en relación al catálogo de flexibilidad, los delicados de la muestra tamizada en arcilla obtuvieron poca flexibilidad. En relación al CBR al 95% de compactación del muestrario con la adición de 1% de ceniza de cáscara de arroz es 30% con relación al modelo inicial, aumentado de 1 a 1.3 y el acrecentamiento en el CBR al 100% de compactación del muestrario con el aumento del 1% de ceniza de cáscara de arroz es del 19% con respecto al muestrario inicial, aumentando de 1.6 a 1.9. En las conclusiones del esparcimiento volumétrico del suelo areno arcillo se visualizó dañada por la suma de la escoria de la cáscara de arroz creando el aumento promedio del 0.09% en proporción al suelo en su etapa original, también se señaló el lucro de las escorias de este residuo agroindustrial como afianzador para suelos inestables es provechoso en el sector financiero en el momento de plantarse a la situación las trabajos de infraestructura vial comparándolo con las

técnicas de estabilidad comunes, también de ayudar al medio ambiente. Así mismo, **Camargo y Peralta (2020)**, en su estudio titulado evaluación de cómo se comporta la resistencia de un suelo arcilloso al agregar cenizas de cáscara de café en Viotá -Cundinamarca, con la finalidad de determinar la resistencia de un suelo mediante la adición de ceniza de cascarilla de café mediante compresión inconfiada. Estudio aplicado, descriptivo, explicativo y pre – experimental, donde se encontró en los resultados que se realizó el análisis para 2 muestras, la primera fue la que se adicionó la ceniza de cascarilla de café y la segunda el suelo virgen, en la cual se encontró que el límite plástico para ambas muestras fue de 14.51 y 21.75, obteniendo un índice de plasticidad de 12.99 %, es decir no hubo mucha variabilidad. Se concluye que la muestra con la adición de ceniza de cáscara de café disminuyó la densidad máxima seca y humedad óptima, sin embargo la resistencia del suelo disminuyó. En relación a las propiedades físicas y mecánicas se identificó características y especificaciones favorables en cuanto a su composición por lo que se considera como material apto para mejoras en zonas agroindustriales. Citando a **Méndez y López (2020)** en su estudio titulado evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de cal y cenizas de cascarilla de arroz en Colombia, el cual 2020, el cual se planteó como finalidad el valorar el comportamiento físico-mecánico de un suelo modificado y un suelo virgen con cal viva en polvo y escorias de cascarilla de arroz. Estudio aplicado, descriptivo, explicativo y pre- experimental, encontrando como resultados que el suelo a analizar tuvo la composición de un 100% a base de 83,1% de finos, 16,2% de arena y 0,7% de gravas, donde se obtuvo que la muestra con adición de cal y cenizas de cascarilla de arroz y virgen tuvieron una densidad de 1.76gr/cm<sup>3</sup> y 1.79gr/cm<sup>3</sup>, la humedad óptima fue de 13.8% y 16.25% y la resistencia fue de 0.01024 kg/cm<sup>2</sup> y 0.0126 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluye que dichos valores encontrados pueden mejorar la densidad del suelo sin embargo es necesario realizar más estudios, finalmente **Ramos y Lozano (2019)**, en su estudio titulado estabilización de suelo aditivos alternativos, donde se plantearon como propósito el determinar las propiedades físico-mecánicas de una subrasante, por medio del uso de agregados alternativos como las escorias de carbón y las comunes comola cal. Estudio aplicado, descriptivo, explicativo y cuasi- experimental, en el producto del ensayo de Proctor se logró como resultado un excelente estado del suelo, teniendo una densidad optima más alta que las demás, una humedad



relevantemente menor. Se visualizó que las densidades de las distintas agrupaciones no cambian exageradamente. Por otro lado, la humedad, puede ser comprobada la discrepancia entre los muestrarios con cal y las de cenizas, los muestrarios con escorias necesitan entre un 15% y menos del 19% de agua que los tipos con cal. En las conclusiones, tenemos una certeza con base a la conseguida en las pruebas analizadas para consolidar un suelo con agregados alternativos, las características físicas y mecánicas consiguieron resultados distintos entre cada una de los concentrados con los distintos agregados. Aquello permite ordenar la conducta de la mezcla de una forma más óptima para establecer cuál tiene un mejor comportamiento, así mismo estabilizar a través de la cal que es cara, dificultad que no se presenta cuando el agregado es la ceniza, por ello se confía hacer la estabilidad del suelo con la escoria, porque tiene poco precio y perfecciona el suelo de forma explicativa y en el tema de la cal, la alta mixtura para efectuar la estabilidad del suelo es S90-C10, porque es de alto esfuerzo máximo resistente, y tiene una mejor relación de calidad y precio. En el tema de las escorias una de las mejores mezclas para hacer la estabilidad del suelo es S60- CCM40, ya que la mixtura obtuvo las excelentes respuestas en todos los ensayos ejecutados y progresó elocuentemente el suelo base, asimismo posee una encantadora correspondencia calidad – precio.

En la variable independiente definimos la ceniza de carbón en la subrasante es por ello que se define **las cenizas** sueltas son originarios de la incineración en los concentrados termoeléctricos. La contextura de cada una de los géneros de escoria y la proporción de carbón hallado en éstas, se somete al proceso que sea realizado en las plantas termoeléctricas. Las escorias se denominan a aquellos granos finos que cuentan dentro de su composición al aluminio, silicato, cal libre y otros óxidos que van a producir un conjunto de reacciones con los suelos arcillosos. Una agrupación de 25% de escoria en los suelos van a afectar la granulometría, los cuales van a variar las cifras de arcilla de los suelos y minimizando el límite líquido y el registro plástico de los mencionados suelos. Las reacciones puzolánicas admiten aumentar la resistencia de soporte de la subrasante y esto va a perfeccionar las diferentes estructuras viales<sup>12</sup>, también **la Subrasante** es el área ya culminada del pavimento al grado de translación de dominios, es el lugar en el cual se posicionará y registrará la carretera terminada y se encuentra conformado formado por la agrupación de suelos con componentes que van a permitir edificar

una organización maciza optimizada. El contenido de firmeza conforma aquellos componentes que integran la consistencia de la carretera que se ubicará encima, también el Ministerio de transportes y comunicaciones menciona que “es la capa cimentada bajo la sub – base, su ocupación es la de recoger las cargas dadas por el pavimento y transferirlas de manera semejante hacia la subyacente y el cuerpo del terraplén. Si la capa es de óptima calidad, el grosor del pavimento será mínima, la cual constará de una reserva financiera, sin perder calidad en el pavimento. Se halla contemplada con suelos naturales, preferidos o cribados, resultado de cortes o de la procedencia de bancos”<sup>12</sup>.

En la variable dependiente definimos la estabilización de suelo arcilloso, y mencionamos **La estabilización** es un modo donde los suelos son subordinados a maniobras o procedimientos de forma que sea beneficiada sus caracteres o particularidades y conseguir un área con excelentes rasgos de ayuda para un adecuado tránsito o que soporte los cambios de clima. Así mismo, **El suelo** está mezclado por átomos orgánicos e inorgánicos que simboliza todo ejemplo de material polvoriento a partir de un lleno de despojos hasta areniscas o rocas sedimentarias que son denominados clastos o fragmentos del volumen de la arena (Juárez y Rico, 2011), también **los suelos arcillosos** cuentan dentro de sus componentes esenciales a las rocas sedimentarias las cuales se caracterizan por tener la capacidad de adaptarse a la humedad y a los diferentes procesos de meteorización en los que se envuelva, no obstante, los instrumentos que puedan gestionar los suelos arcillosos dependerán de los minerales que lo conforman en razón de su composición (Montejo, 2010), Cokca refiere que, “la estabilización de los suelos que son procesados mediante cenizas alternativas son el resultado de los cambios de cationes entre las moléculas de arcilla y aluminio ( $Al^{3+}$ ), calcio ( $Ca^{2+}$ ) y hierro ( $Fe^{3+}$ ) en las cenizas alternas. Es decir, dicho proceso de estabilización menciona que las cenizas alternas van a favorecer la asociación de cationes trivalentes y divalentes mediante un monitoreo de condiciones ionizadas”<sup>14</sup>, en la **dimensión de propiedades físicas** se define como una de las propiedades que se mide mediante las transformaciones que se dan de manera específica<sup>21</sup>. En ese sentido se menciona que las mencionadas propiedades son visibles y medibles en relación a su composición y conformación. Al respecto, Das menciona a la humedad como una de las propiedades de los suelos arcillosos como aquella cantidad de agua que se encuentra como parte de la composición del suelo”<sup>18</sup>.

Según Juárez, “los suelos poseen tres tipos de etapas, líquida que es la cantidad de agua, la sólida que contiene mineral y la parte gaseosa que contiene agua en el suelo”<sup>19</sup>, definimos al **límite líquido** según Crespo, como “aquella proporción de humedad relacionadas al peso seco del muestrario, encontrada en un suelo moldeado para una muestra del ejemplo en el cual se moldea una estría de dimensiones estándar, al probarla a 25 golpes precisos se cierra sin resbalar en su soporte”<sup>23</sup>, también el **límite plástico** según Crespo es definido como “el comprendido de humedad, señalado en porcentaje en el momento que se inicia al rajarse un rollo hecho con el suelo de 3 mm de diámetro, al bordearlo con la mano encima de un área absorbente y lisa”<sup>23</sup>, así mismo el **Índice de plasticidad** según Crespo, “es la medición del agua que puede ser absorbida por el suelo antes de cambiarse de disolución o solución, enfatizando en su correlación la cual indica que a mayor sea el material entonces será mucho más débil y plástico”<sup>23</sup>.

En la dimensión **propiedades mecánicas** se puede mencionar que dichas propiedades se relacionan a las diferentes aplicaciones de fuerzas ejercidas en el suelo y sus indicadores se definen como **La capacidad portante de suelos arcillosos** la cual se define con el propósito de definir los rangos de compactación, es decir, se establece una curva energética por categorías según el rango de compactación, en la cual cuenta como contenido de densidad seca y humedad para dibujar dicha curva y de ello encontramos una humedad óptima. Esta consecuencia la podemos automatizar según la cantidad de agua que se va a utilizar en el suelo de tal manera que se obtenga la máxima densidad seca y así lograr reducir los lugares venideros, incrementar la firmeza de corte y reducir la permeabilidad. La **compactación** mediante el Proctor standard debe contar con un pequeño muestrario de 3 kilogramos del suelo a estudiar, para lo cual se debe de utilizar un molde de forma cilíndrica de aproximadamente 1 litro de capacidad rellena con tres capas de suelo bien compactado mediante un mazo de 2.5 desde una altura de 305mm, enfatizando que dicho material a utilizar debe ser tamizado en un tamiz de 20mm. Este proceso de compactación producirá un suministro de energía de 593.7 kJ/m que mediante el **CBR** (California Bearing Ratio: Prueba de relación de soporte de california) se determinará posteriormente según los regímenes de los suelos AASHTO Y SUCS. El propósito del ensayo es establecer un catálogo de firmeza de los suelos, designando valía a la cantidad de soporte.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

#### 3.1.1. Tipo de investigación

La investigación de tipo **aplicada** se define como aquella que se encuentra basada en la búsqueda de conocimiento en base a una situación real, de tal manera que mediante la resolución de un problema real encontrado se contribuya a la sociedad de manera favorable. En resumen se busca solucionar un problema determinado de forma sistemática con el fin de proponer alternativas de solución beneficiosas para la sociedad (Valderrama, 2015).

Ante lo mencionado se considera que el actual estudio es de tipo aplicada en razón que la aplicación de la tecnología que se ha utilizado para recoger la información acerca de las diferentes propiedades del suelo ha permitido identificar sus diferentes aspectos tanto técnicos como económicos.

También se analizó el desarrollo de los eventos donde se puede extraer valores, que corresponden a una medida numeral y el análisis descriptivo con la finalidad de verificar pautas y tantear hipótesis (Hernández, Fernández y Baptista, 2014)

De esta forma se consideró el **enfoque cuantitativo** debido que se realiza recopilación de valores numéricos, el cual se obtiene a través de los análisis realizados al campo de estudio.

#### 3.1.2. Nivel de investigación

La exploración explicativa profundiza mejor en comparación con la representación de conocimientos, esta direccionada a manifestar los principios de los fenómenos físicos, su beneficio y se enfoca en declarar el propósito del acontecimiento del fenómeno. (Valderrama, 2015, p 45)

En la vigente exploración es de **nivel explicativo**. Por ello se analiza la estabilidad de suelos arcillosos mediante la añadidura de la ceniza de carbón en distintas proporciones.

#### 3.1.3. Diseño de investigación

En el proyecto experimental se manobra de manera proyectada una o más

variables independientes para que se pueda mirar sus instrumentos (Valderrama, 2015, p 176)

El proyecto de esta exploración será **cuasi experimental**, integrado ya que coexiste una exhibición, una respuesta y un planteamiento de hipótesis a contrastar, sin embargo no se ha aleatorizado los grupos de estudio. En ese sentido el presente estudio es considerado de diseño cuasi experimental en razón que se maniobrarán adrede los aumentos de las concentraciones de ceniza de carbón como son los valores de 15%, 20% y 30% a nivel de la subrasante con el propósito de poder determinar la influencia de sus diferentes propiedades físicas y mecánicas de la subrasante; asimismo se añade a dichas condiciones el tipo de suelo arcilloso donde se ejecutará el estudio.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **3.2.1 Variables**

Las variables son tipologías perceptibles que conserva cada individuo, objeto que al ser medidos varían cuantitativamente una en relación a la otra (Valderrama, 2015, p 157)

#### **Las variables independientes (VI): Ceniza de carbón**

**Definición conceptual:** “La ceniza de carbón se define como aquel resultado final no combustible de origen vegetal y mineral, el cual se encuentra compuesto generalmente por sílice, cal, albúmina, magnesia, trióxido férrico u óxido cálcico, además de concentraciones pequeñas de azufre o metales pesados (Pérez y Ribero, 2008).

#### **Variable dependiente (VD): Estabilización de Suelos Arcillosos**

**Definición conceptual:** La estabilidad de suelo natural arcilloso, es el proceso en el cual las bondades mecánicas y físicas del suelo son puestas a prueba con el propósito de favorecer sus cualidades como son el aumento de su resistencia y estabilidad o la disminución de su plasticidad (Badillo, 2007).

#### **3.2.2. Operacionalización**

La operacionalización de variables es aquel proceso donde se clasifica de forma

sistemática y ordenada las dimensiones, indicadores, definiciones conceptual y operacional las variables de estudio (Valderrama, 2015, p 160), la cual se plantea en una matriz. Para el actual dicha matriz se adjunta en el anexo 1.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

Se define población como “el grupo general de personas, eventos, cuerpos, situaciones quepretende ser estudiados que tienen características comunes susceptibles a seranalizados. (Valderrama, 2015, p 182).

Por lo tanto, para el presente estudio la población está constituida por la Avenida Carretera Canta en el distrito de Carabayllo, departamento de Lima-Perú.

#### 3.3.2. Muestra

Es un subconjunto específico de una localidad ya que refleja las peculiaridades del universo en estudio, por ello, se dice que la muestra solo es una parte de la población (Valderrama, 2015, p 184).

Por lo indicado anteriormente, la muestra se analizará de los 1000 metros de **la Av. Carretera Canta se tomara 200 metros** de la parte inicial donde hay mayor tránsito en la carretera, es por ello que se analizara dos calicatas de acuerdo al prototipo de calzada establecida **en la RD 037-2008-MTC/14 y el manual de pruebas de materia prima del MTC ver anexo 8.**

**D 0: muestra patrón**

**D 1:15 %**

**D 2: 20%**

**D 3: 30%**

Tabla 1: Cantidad de muestras

	Corte directo	CBR	Límites de Attenberg	Densidad máxima	total
D O: MP	2	2	2	2	8
D 1: 15%	2	2	2	2	8

D 2: 20%	2	2	2	2	8
D 3: 30%	2	2	2	2	8
Total	8	8	8	8	32

Fuente de elaboración propia

### 3.3.3. Muestreo

Es un proceso de elección específica de la localidad, el cual admite valorizar parámetros de la población (Valderrama, 2015, p 188).

Por lo indicado anteriormente la técnica de muestreo será **no probabilístico - por conveniencia**, ya que para el análisis de la carretera se ha elegido por las características representativas de transitividad y es un suelo arcilloso.

## 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### 3.4.1. Técnica

Para la ejecución de las investigaciones se dispone de varios métodos útiles para recolectar los datos de las diferentes disciplinas, como los cuestionarios y las diferentes escalas (Hernández, 2014, 251)

Por lo expuesto, la técnica que se ha utilizado en el actual estudio fue la **observación directa** en la cual el científico puede mirar y recoger información de su estudio.

### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Las herramientas de recolección de información son aquellas formas en la que el investigador recolecta sus datos y acumula información, pudiendo ser formularios, ensayos de conocimiento o grados de actitudes (Valderrama, 2015, p 195)

Por lo expuesto anteriormente, el elemento de recaudación de datos será **la ficha técnica** la cual permitió recopilar la información de las pruebas de laboratorio y de esa manera se fue comparando los resultados emitidos

En razón a ello se elaboró un listado de fichas para la recolecta de información:

Ficha N°1: Corte directo (**Anexo 3**)



Ficha N°2: CBR (**Anexo 4**)

Ficha N°3: Límites de Attenberg (**Anexo 5**)

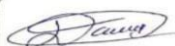


Ficha N°4: Densidad Máxima (**Anexo 6**)

### 3.4.3. Validez de instrumento

Busca que los instrumentos hechos tengan el nivel óptimo de validez para conseguir datos confiables y se realice pronósticos reales (Valderrama, 2014, p 206)

Por lo dicho anteriormente, la importancia del elemento habrá sido el **juicio de expertos**; en toda situación se consultará a profesionales con experiencia y peritos para la validez de las fichas técnicas.

Tabla 2: Listado de expertos

Experto	Nombres	CIP	Firma	Nota
N°1	David Pastor Orosco	83458		0.8
N°2	Kenny Huamani Gamarra	130033		0.81
N°3	Jonathan García Rosales	119822		0.82

Fuente: elaboración propia

### Confiabilidad

Se representa a la capacidad del elemento para recolectar información que correspondan a la situación que procura saber al dedillo, con respecto a la **medición cuantitativa**, produciendo resultados sólidos cuando se emplea en distintas ocasiones según (Valderrama, 2015, p 215). Certificado de calibración: equipo CBR, corte directo (**anexo 7**)

### 3.5. Procedimientos

Para el actual estudio se planteó en primera instancia acondicionar de forma igualitaria las muestras a analizar en relación al tipo de suelo, aditivos como la ceniza de carbón, pruebas, altitud y lugar, de tal manera que seguidamente se procedió a plantear los datos encontrados en tablas y gráficos a fin de analizarlos

de forma correlativa con el marco teórico correspondiente.

#### Etapa 1: Obtención de la muestra

- Se inició con el reconocimiento del espacio donde se recolectó la muestra ubicada en la Av. Carretera Canta, Carabayllo.
- Se realiza la excavación de las calicatas
- Se procedió a la obtención y transporte de las muestras representativas del suelo con respecto a la calicata
- Dosificación 15%C + 10%V a la cual se denominó D1.
- Dosificación 20%C + 10%V a la cual se denominó D2.
- Dosificación 30%C + 10%V a la cual se denominó D3.

#### Etapa 2: Preparación del espécimen

- Se procedió a realizar la preparación de las muestras de suelo de forma precisa a fin de realizar los ensayos de laboratorio propuestos.

#### Etapa 3: Ensayo de laboratorio suelo natural

- Se realizó el sondeo de la humedad oriunda del muestrario del suelo.
- Se realizó las pruebas de límite plástico, análisis granulométricos y límite líquido con el fin de clasificar las muestras de los suelos que se obtuvieron de la calicata
- Se realizó el sondeo para establecer el contenido de humedad y la densidad máxima.
- Se realizó el sondeo CBR para determinar la proporción del índice de la resistencia del suelo.

#### Etapa 4: Ensayo de laboratorio a la muestra tratada (ceniza de carbón)

- Para cada muestra tratada se ha efectuado el ensayo de laboratorio según la normativa vigente.
- Se inició determinando el efecto de la plasticidad al suelo mediante la determinación de los límites de Attenberg.
- Después de ello se procedió a determinar los valores de densidad seca máxima y contenido de humedad mediante la prueba de compactación ensayo.
- Seguidamente se procedió a establecer la resistencia del suelo que ha sido tratado mediante el ensayo de CBR.

- Por último se procedió a establecer la capacidad de carga del suelo que ha sido tratado mediante la prueba de corte directo.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Obtenido la averiguación, el procedimiento sucesivo es el estudio para ofrecer respuesta a la pregunta inicial y si es correspondiente aceptar o rechazar la hipótesis según Valderrama (2015), para el actual estudio se ha utilizado el **análisis estadístico descriptivo** en razón que se describió la información encontrada mediante la presentación de cuadros y gráficos en cantidades y porcentajes.

### **3.7. Aspectos éticos**

Como parte de la ética de investigación, el presente estudio se desarrolló teniendo en cuenta los valores de respeto, honradez, pudor y confianza. En ese sentido se describieron los resultados encontrados tal y como se hallaron, además de garantizar que la redacción del estudio fue propia del autor y el compromiso del desarrollo según los protocolos establecidos.

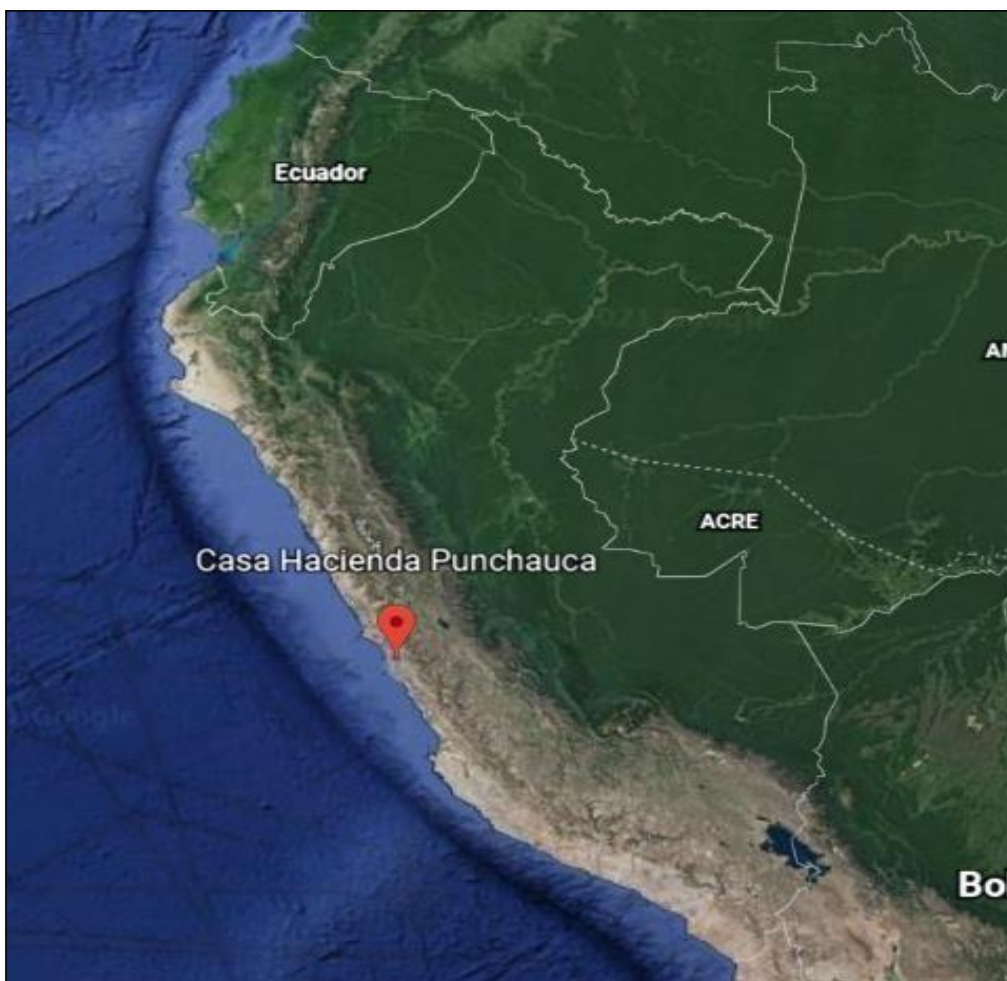
## **IV. RESULTADOS**

#### 4.1 Desarrollo del procedimiento

El actual estudio denominado “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante. Av. Carretera Canta Carabaylo, Lima- 2021.”

##### **Etapa 1: Ubicación de la zona de estudio a nivel nacional.**

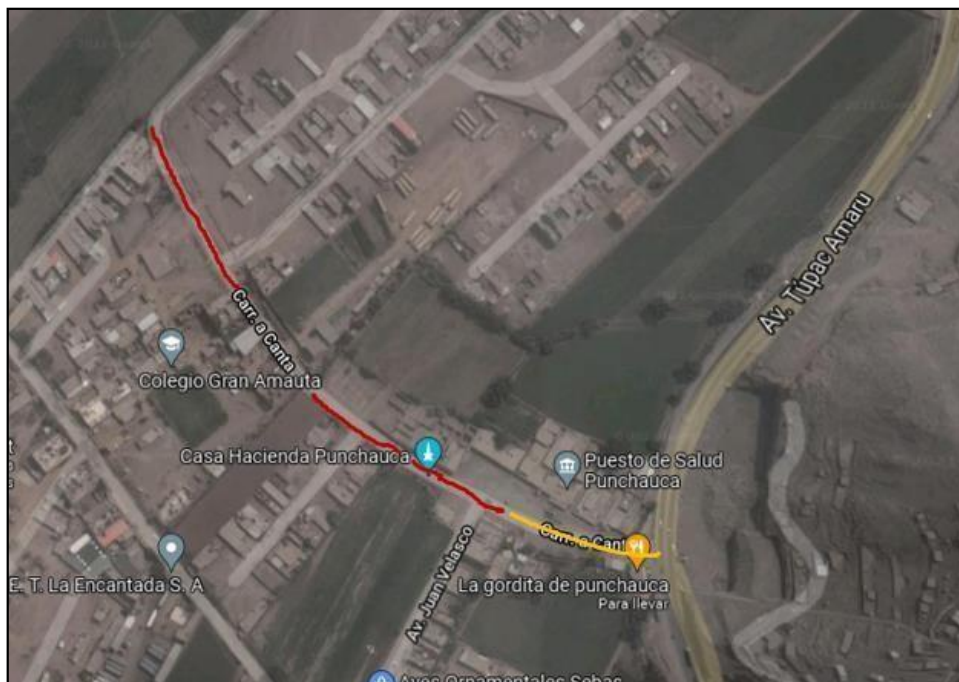
El reciente estudio se desarrolló en 200 metros de la Av. Carretera Canta con coordenada 11°50'06" S, 76°59' 58" W con una elevación de 303 msnm y ubicado en el distrito de Carabaylo.



**Figura 1** .Ubicación a nivel nacional



**Figura 2.** Ubicación a nivel Distrital Carabayllo



**Figura 3.** Zona de estudio de 200 m. Av. Carretera Canta Carabayllo



**Figura 4.** Calicata C1

## **Etapa 2. Preparación del espécimen del terreno natural (DO)**

Después de obtener la muestra de la calicata (C-1) se procedió a preparar los especímenes a utilizar en los ensayos propuestos según la norma D421.



**Figura 5.** Muestra de los especímenes.

Ensayos de laboratorio a nivel del suelo natural

- Se inició clasificando el suelo por medio de los ensayos de granulometría (ASTMD2487)
- Después se halló los resultados descritos en la figura 7
- Continuamente, con los hallazgos del ensayo para clasificar los suelos descritos en la figura 8 se puede apreciar los valores de arena, grava y finos.





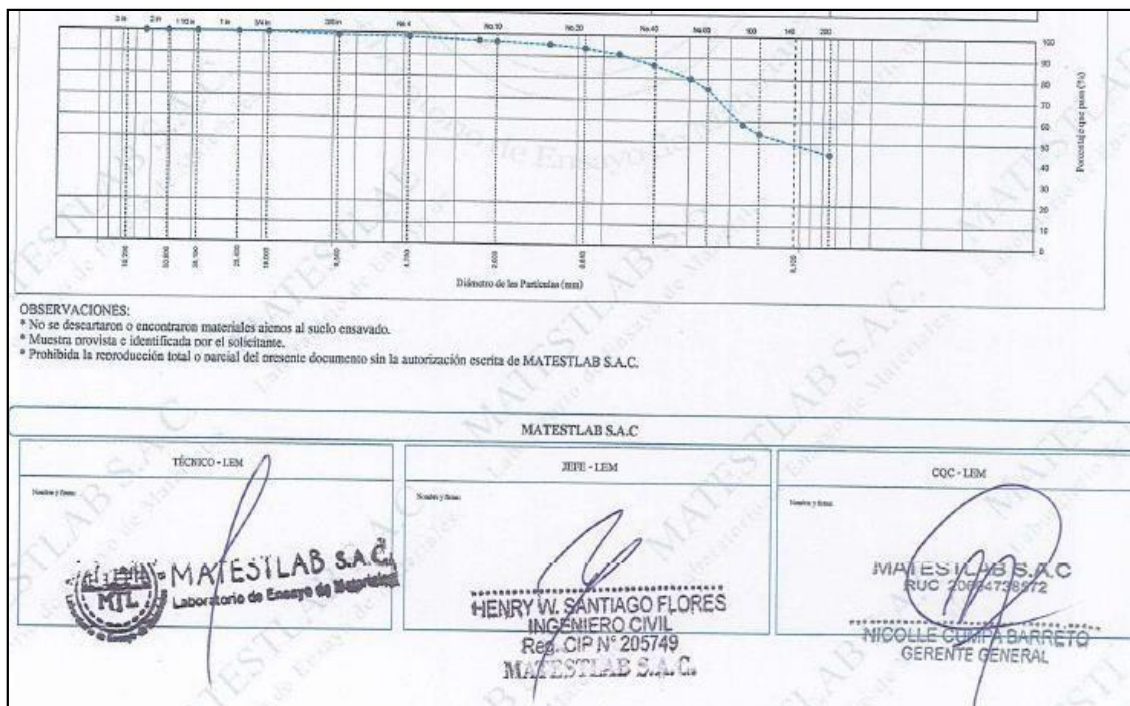
**Figura 6.** Juego de tamices

En el Análisis granulométrico se encuentra las cantidades específicas de estudio los cuales se presenta en la figura 7, que se realiza a través de la separación de las mediante medidas escalonadas, así mismo en la figura 8 observamos la curva granulométrica la tendencia que tiene los tamaños de las partículas

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			0,1376084	0,00	0,00	100,00		
2 in.	50,800	0,0			0,1376084	0,00	0,00	100,00		
1 -1/2 in.	38,100	0,0			0,1376084	0,00	0,00	100,00		
1 in.	25,400	0,0			0,1376084	0,00	0,00	100,00		
3/4 in.	19,000	0,0			0,1376084	0,00	0,00	100,00		
3/8 in.	9,500	7,6			0,1376084	0,00	0,00	100,00		
No. 4	4,750	2,9		0,0	0,1376084	1,05	1,05	98,95		
No. 8	2,380		10,80		0,1376084	0,40	1,44	98,56		
No. 10	2,000		3,10		0,1376084	1,49	2,93	97,07		
No. 16	1,190		8,90		0,1376084	0,43	3,36	96,64		
No. 20	0,840		11,30		0,1376084	1,22	4,58	95,42		
No. 30	0,600		18,90		0,1376084	1,55	6,14	93,86		
No. 40	0,425		35,80		0,1376084	2,60	8,74	91,26		
No. 50	0,297		44,70		0,1376084	4,93	13,66	86,34		
No. 60	0,250		34,60		0,1376084	6,15	19,82	80,18		
No. 80	0,177		122,30		0,1376084	4,76	24,58	75,42		
No. 100	0,150		30,60		0,1376084	16,83	41,41	58,59		
No. 200	0,075		69,90		0,1376084	4,21	45,62	54,38		
FONDO	---		325,30		0,1376084	9,62	55,24	44,76		
					0,1376084	44,76	100,00	0,00		

**Figura 7.** Resultado de laboratorio granulometrico.





**Figura 8.** Curva granulométrica.

**Tabla 3.** Distribución granulométrica

Composición física del suelo en función al tamaño de partículas	
Contenido de grava presente en el suelo %	1.4
Contenido de arena presente en el suelo %	53.8
Contenido de finos presente en el suelo %	44.8
Total	100.00

Fuente: elaboración propia.

Clasificación visual - manual: Arena arcillosa de mediana plasticidad de color marrón oscuro en condición poco húmeda. Presencia de material superficial (gramíneas raíces y restos de ella) muestra tomada en campo.

**Tabla 4.** Clasificación del suelo

CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
Nombre del grupo	Arena arcillosa
Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (2)
Clasificación sucs (ASTM D2487)	SC

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.** Densidad natural por el método de reemplazo de arena en excavación método de cono de arena ASTM D 1556 - 15

PRUEBA N°1 - ITEM		Valor encontrado
	Adición de agregado grueso reciclado	0%
	Espesor	15 CM
	PROGRESIVA / UBICACIÓN	CARABAYLLO
1	PESO DEL FRASCO + ARENA (g)	7982
2	PESO DEL FRASCO + ARENA QUE QUEDA (g)	2045
3	PESO DE ARENA EMPLEADA (1) - (2) (g)	5937
4	PESO DE ARENA EN EL CONO (g)	1747
5	PESO DE ARENA EN EXCAVACIÓN (3) - (4) (g)	4190
6	DENSIDAD DE LA ARENA (g/cm <sup>3</sup> )	1.41
7	VOLUMEN DE MATERIAL EXTRAÍDO (5) / (6) (cm <sup>3</sup> )	2972
8	PESO DEL RECIPIENTE + MATERIAL EXTRAIDO (g)	5212
9	PESO DEL RECIPIENTE (g)	113
10	PESO DEL MATERIAL EXTRAIDO (8) - (9) (g)	5099
11	DENSIDAD HÚMEDA (10) / (7) (g/cm <sup>3</sup> )	1.72
12	LECTURA CORREGIDA DE SPEEDY (ASTM D4944-18)	11.2
13	DENSIDAD SECA (11) / [ 1 + (12) / 100 ] (g/cm <sup>3</sup> )	1.543
14	MÁXIMA DENSIDAD SECA PROCTOR (g/cm <sup>3</sup> )	1.845
15	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD PRÓCTOR (%)	13.7
16	GRADO DE COMPACTACIÓN (13) / (14) * 100 (%)	<b>83.64</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6.** Los límites de consistencia ASTM D4318

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	23.53
Límite plástico	11.36
Índice de plasticidad	12.18
Índice de liquidez (IL)	-0.7

Fuente: D0 Elaboración propia

**Tabla 7.** Los límites de consistencia ASTM D4318

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	18.74
Límite plástico	12.14
Índice de plasticidad	10.33
Índice de liquidez (IL)	-1.4

Fuente: D1 Elaboración propia.

**Tabla 8. Los límites de consistencia ASTM D4318**

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	17.54
Límite plástico	11.55
Índice de plasticidad	6.6
Índice de liquidez (IL)	-1.4

Fuente: D2 Elaboración propia.

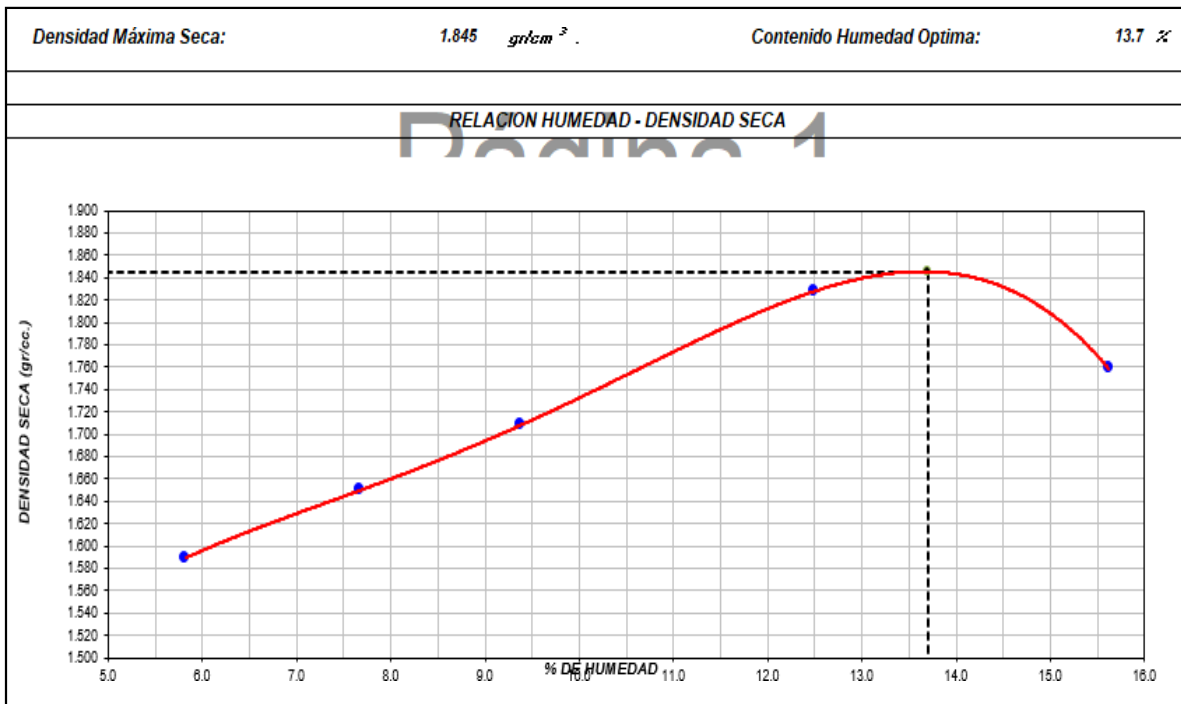
**Tabla 9. Los límites de consistencia ASTM D4318**

LIMITES DE CONSISTENCIA	
Límite líquido	11.48
Límite plástico	7.96
Índice de plasticidad	3.52
Índice de liquidez (IL)	-1.4

Fuente: D3 Elaboración propia.

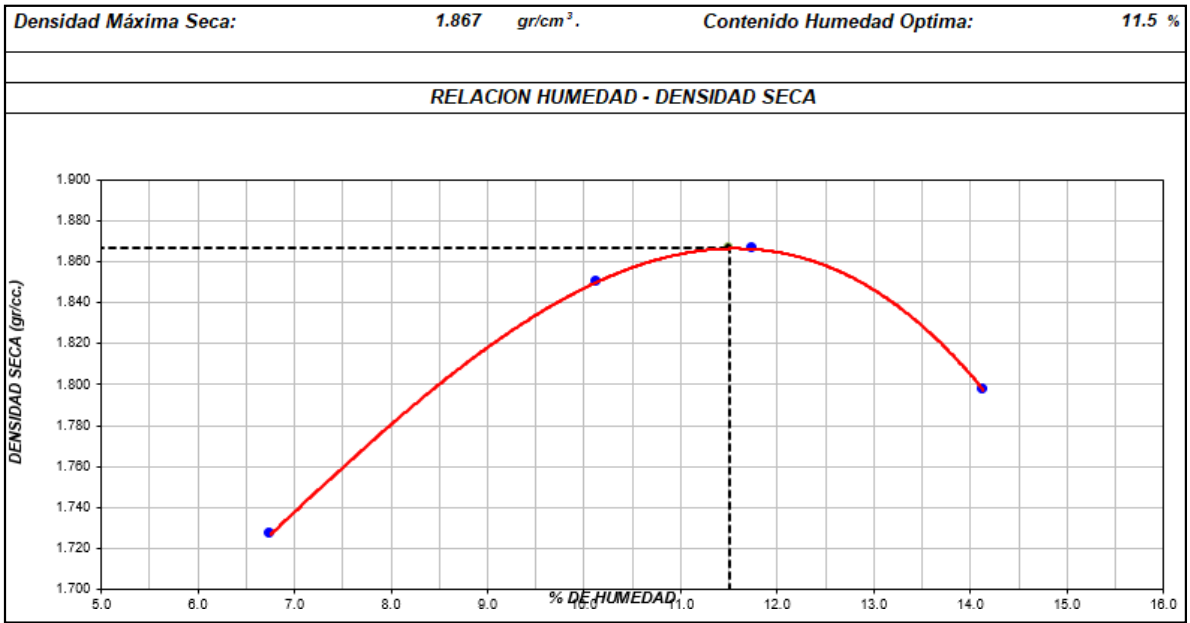
**Etapa 3. Resultados de la relación de humedad y densidad seca de los especímenes D0, D1, D2, D3.**

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



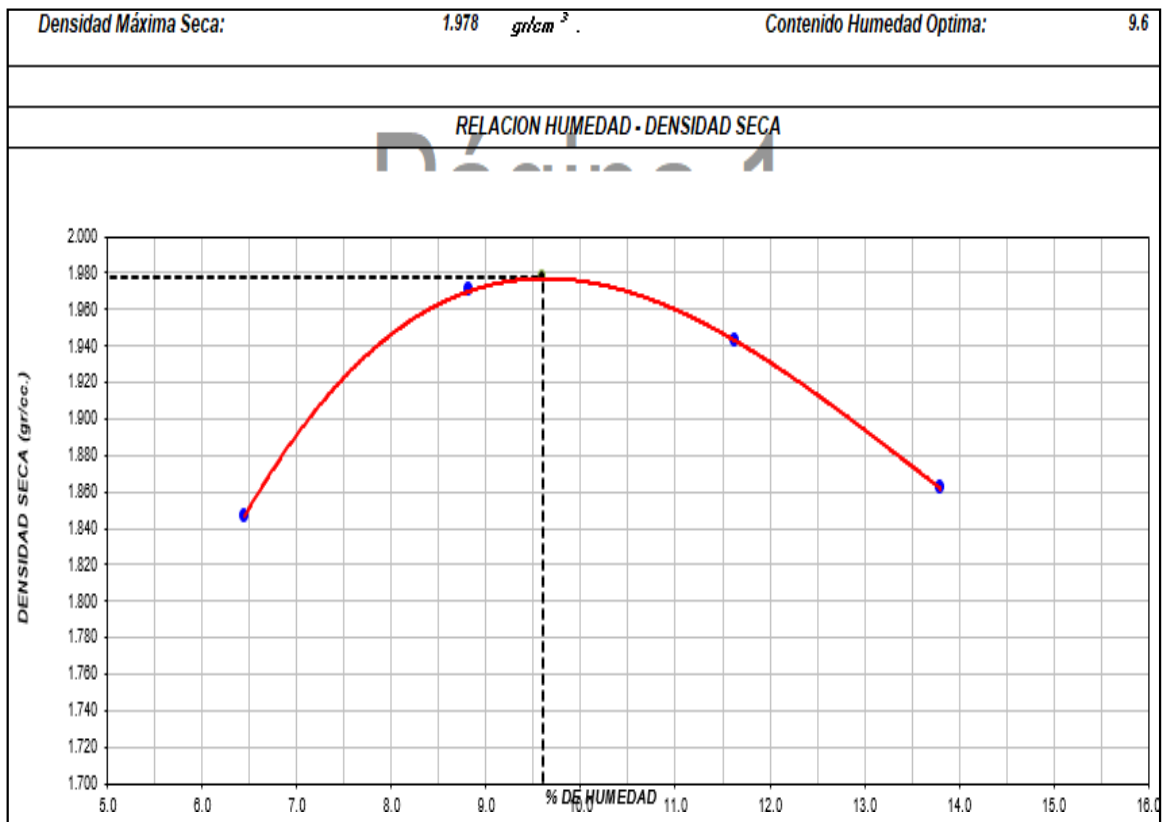
**Figura 9. D0 Relación de humedad y densidad seca**

## RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



**Figura 10.** D1 Relación de humedad y densidad seca

## RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD SECA



**Figura 11.** D2 Relación de humedad y densidad seca

## RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD SECA

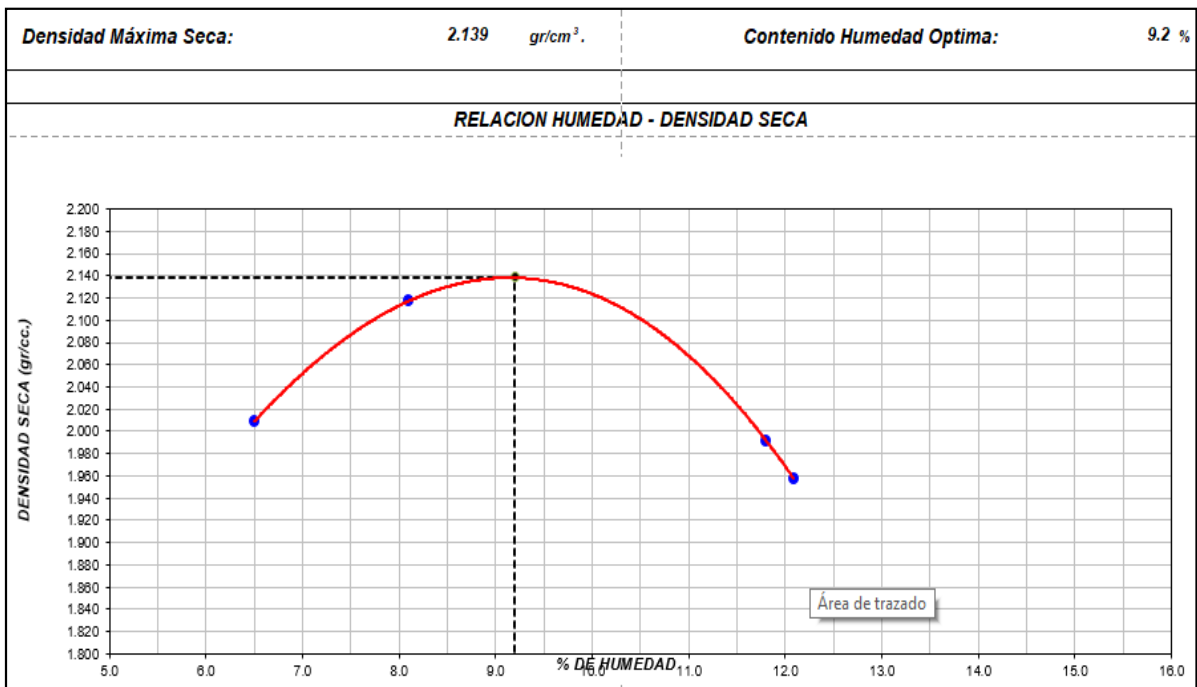


Figura 12. D3 Relación de humedad y densidad seca

Etapa 4. Presentando las evidencias de la realización de la prueba de CBR.



Figura 13. Se divide en 5 partes iguales



**Figura 14.** Compactación de capas



**Figura 15.** Emparejado con las 5 capas



**Figura 16.** Prueba de penetración (CBR)

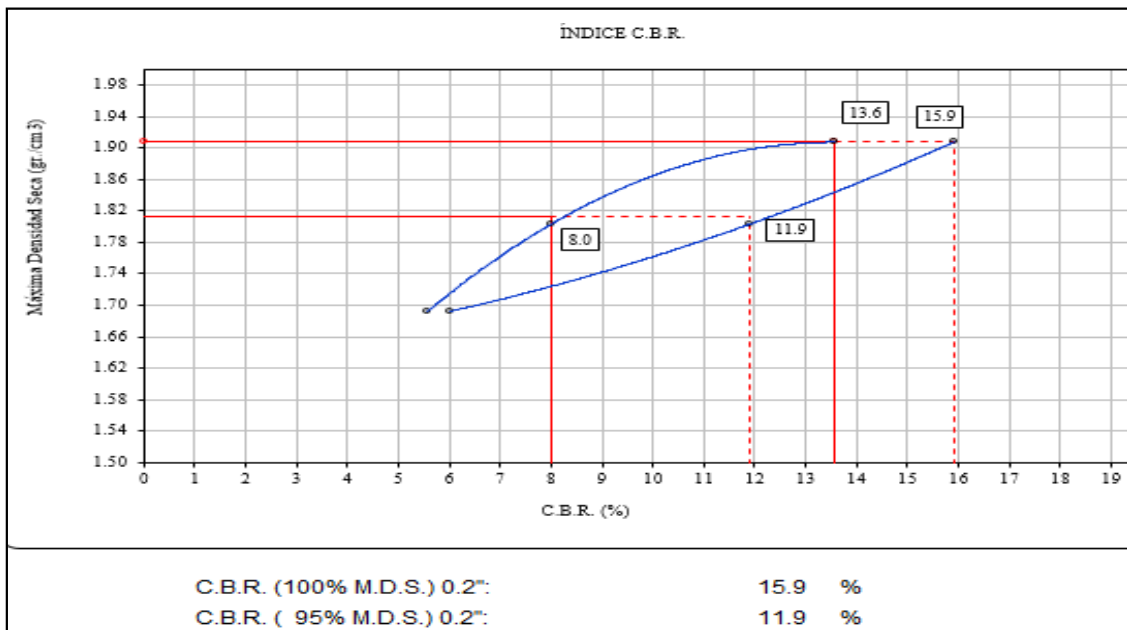
**Etapas 5. Ensayo de laboratorio a la muestra tratada (cenizas de carbón)**

**Tabla 10.** Denominación de las dosificaciones.

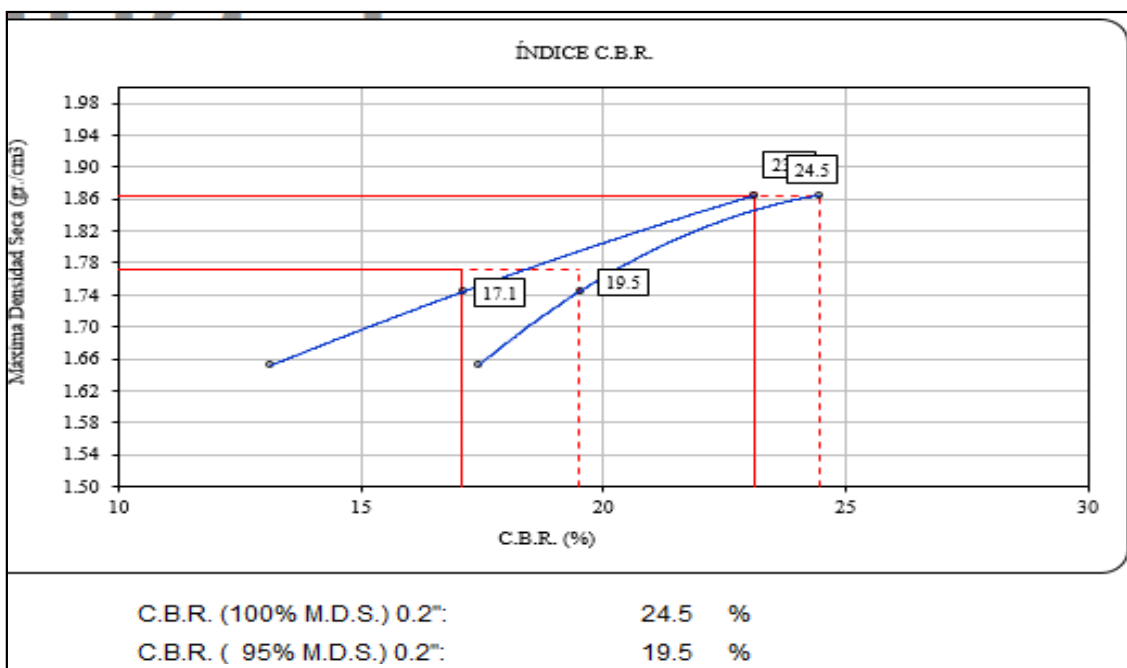
MUESTRAS	DENOMINACIONES
SN	D0
15% C	D1
20% C	D2
30% C	D3

Fuente: elaboración propia

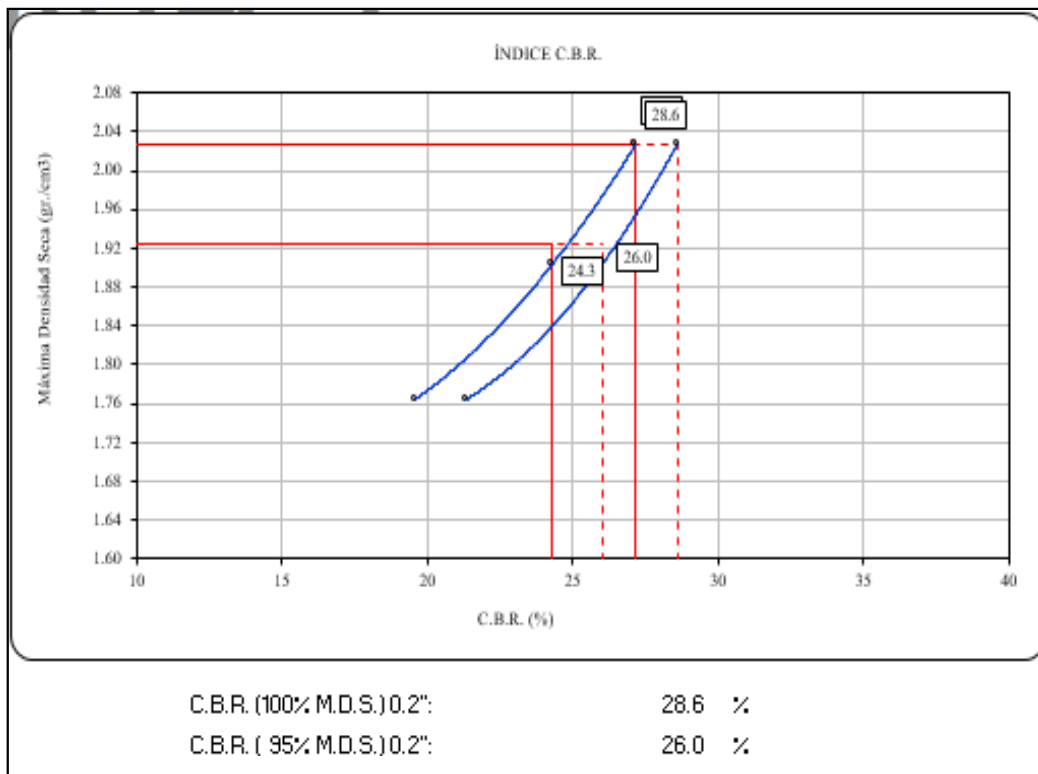
Asimismo en las siguientes figuras se identificará los resultados del ensayo CBR en DO, D1, D2, D3.



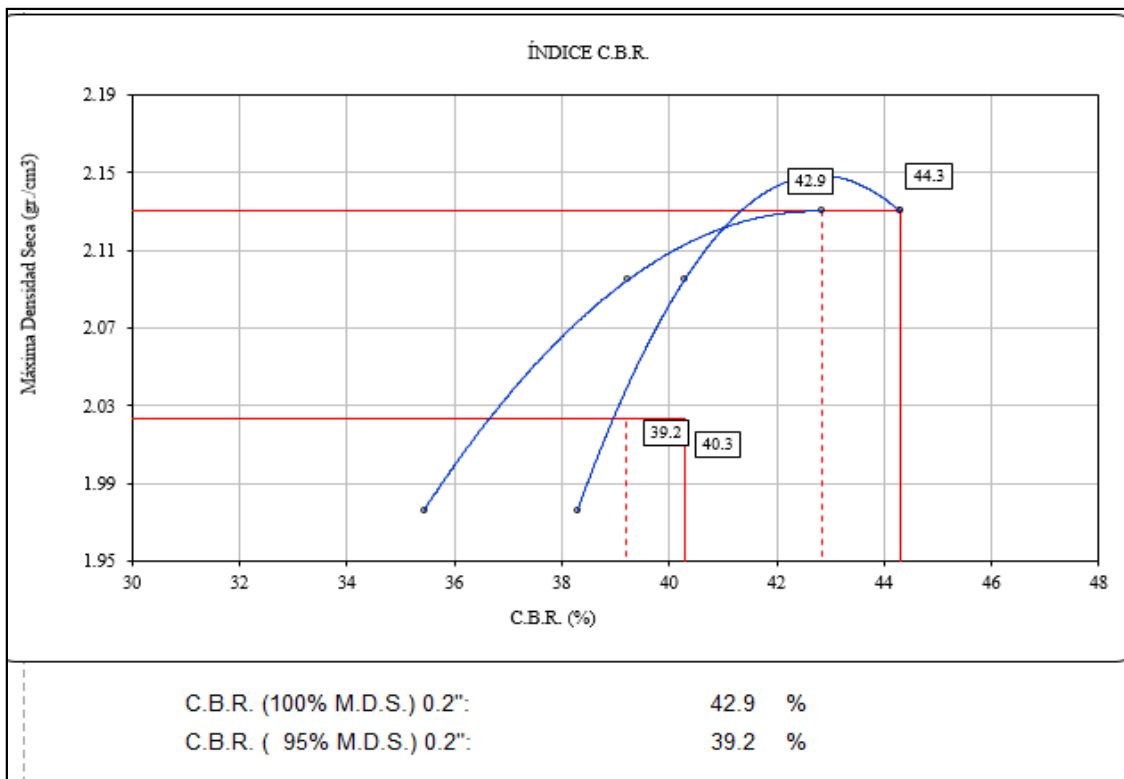
**Figura 17.** CBR-D0 curva CBR Vs Densidad seca



**Figura 18.** CBR-D1 curva CBR Vs Densidad seca



**Figura 19.** CBR -D2 curva CBR Vs Densidad seca



**Figura 20.** CBR-D3 curva CBR Vs Densidad seca



### Resultados del ensayo de compactación en D1, D2, D3.

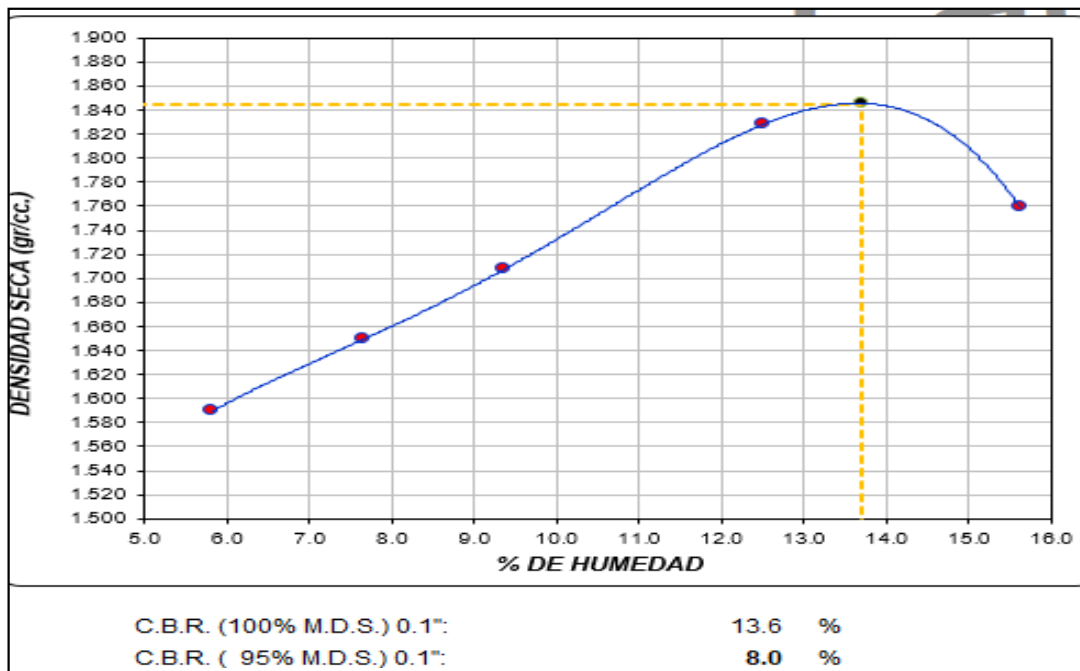


Figura 21. Curva de compactacion-D0 (ASTM D1557)

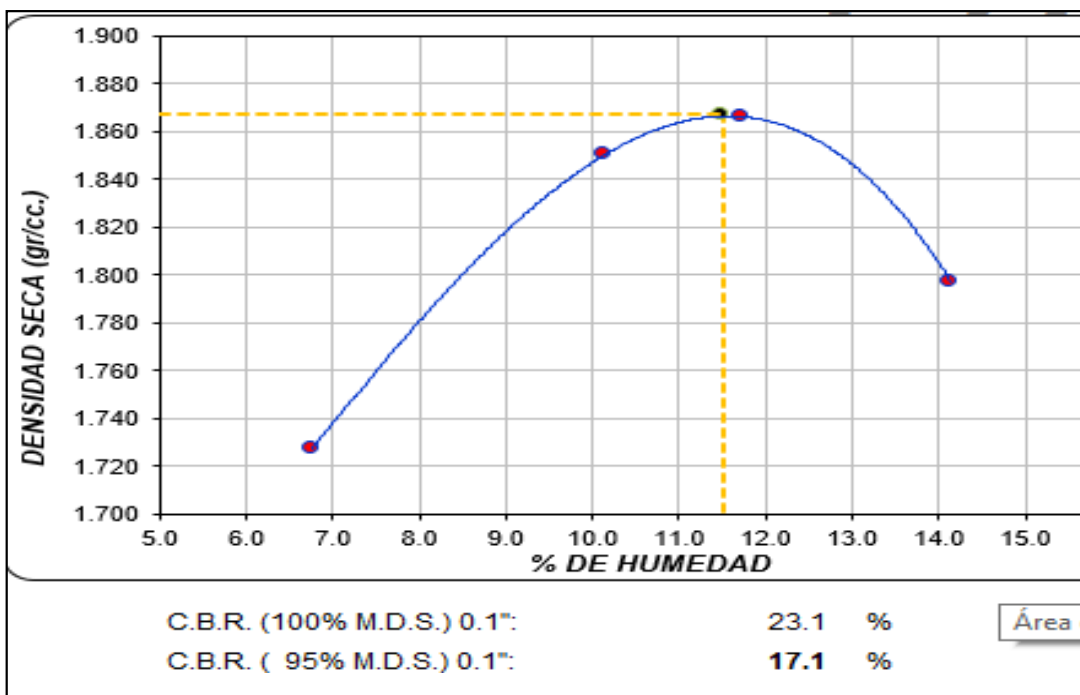
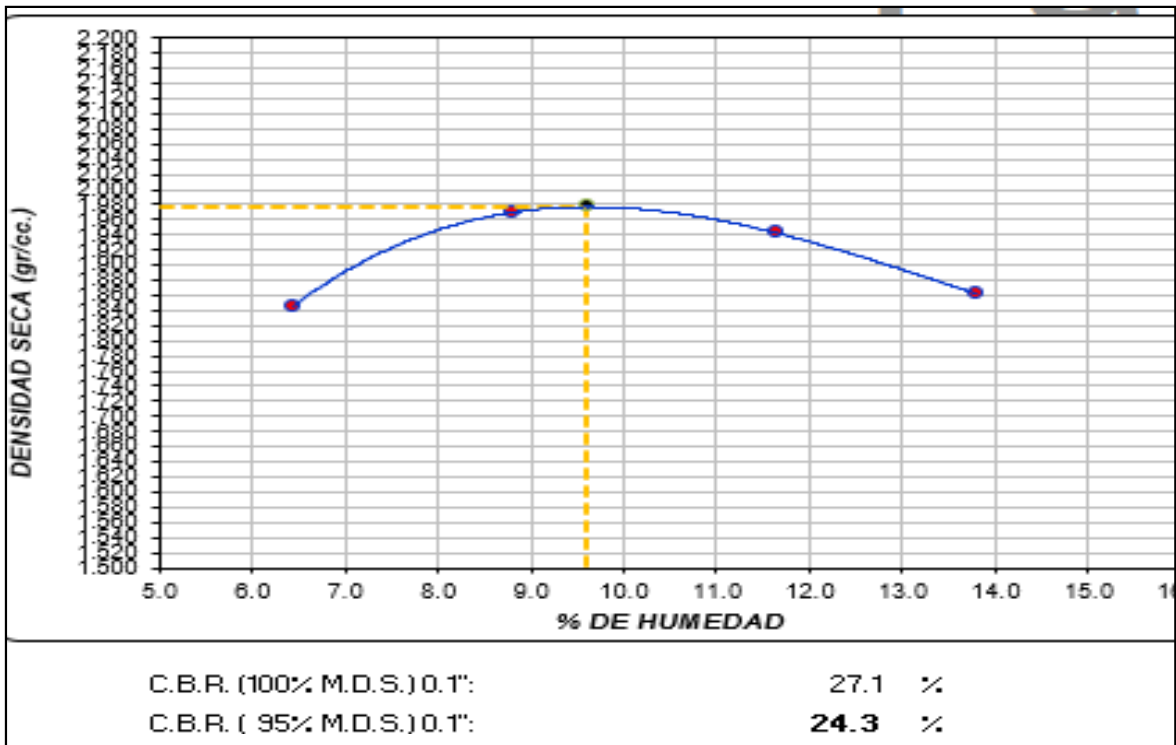
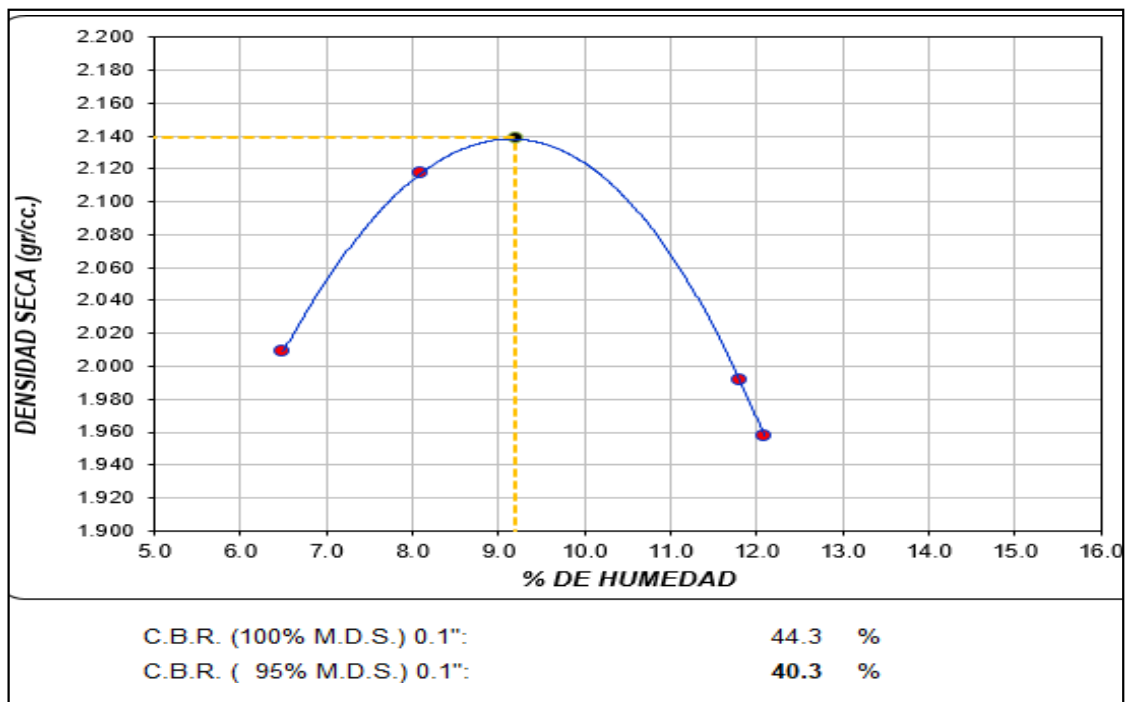


Figura 22. Curva de compactacion-D1 (ASTM D1557)



**Figura 23.** Curva de compactacion-D2 (ASTM D1557)



**Figura 24.** Curva de compactacion-D3 (ASTM D1557)

## 4.2 Resultados

### Resultados 1: CBR.

Tabla 11. Muestras CBR

Muestra	CBR	
	100%	95%
D0	15.9 %	11.9 %
D1	24.5 %	19.5 %
D2	28.6 %	26.0 %
D3	42.9 %	39.2 %

Fuente de elaboración propia

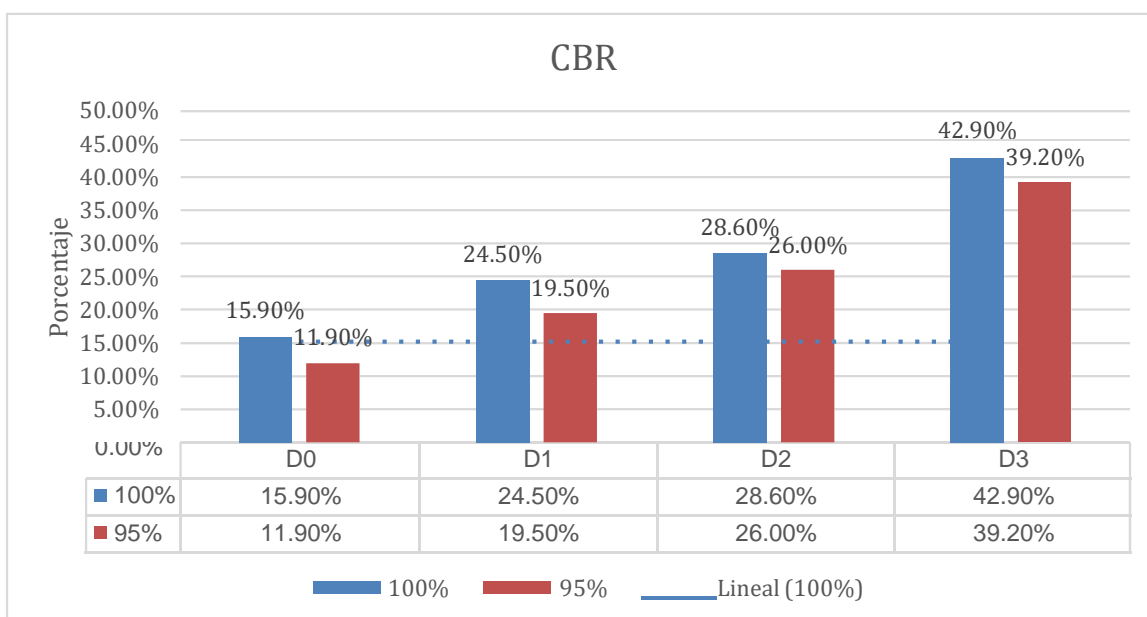


Figura 25. CBR del suelo natural con adición de ceniza de carbón.

### Interpretación:

En la tabla 11 y la figura 25 se aprecia que respecto al suelo natural (D0), el CBR se incrementa para dosificación D1 en 8.6%, para la D2 en 12.7% y la D3 en 27%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el CBR del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D1883 que especifica el CBR mínimo debe ser 20%.

### Contrastación de la hipótesis:

Se acepta la hipótesis en razón que la adición de ceniza de carbón influye positivamente en la estabilización del suelo arcilloso aumentando el CBR en todas las dosificaciones en comparación al suelo natural.

## Resultado 2: compactación.

Tabla 12. Muestras de compactación

Muestras	Compactación	
	100%	95%
D0	13.6%	8%
D1	23.1%	17.1%
D2	27.1%	24.3%
D3	44.3%	40.3%

Fuente de elaboración propia

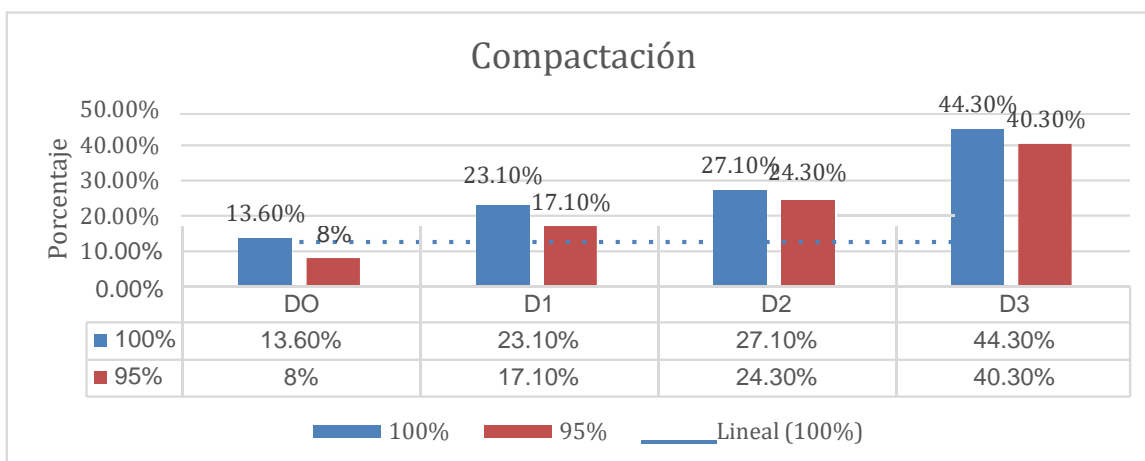


Figura 26. Compactación del suelo natural con adición de ceniza de carbón.

### Interpretación:

En la tabla 12 y la figura 26 se aprecia que las dosificaciones (D0, D1, D2 y D3) de la conducta de compactación. Con respecto a la dosificación D0 y D1 se verifica un incremento de 9.5%; también la dosificación de D0 y D2 se verifica un incremento de 13.5%; finalmente la dosificación D0 y D3 se verifica un incremento de 30.7%, de lo anterior podemos decir que en las dosificaciones D1, D2 y D3 cumplen la norma ASTM D1557.

### De la hipótesis específica

La ceniza de carbón influye de manera positiva la compactación de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabaylo, Lima-2021

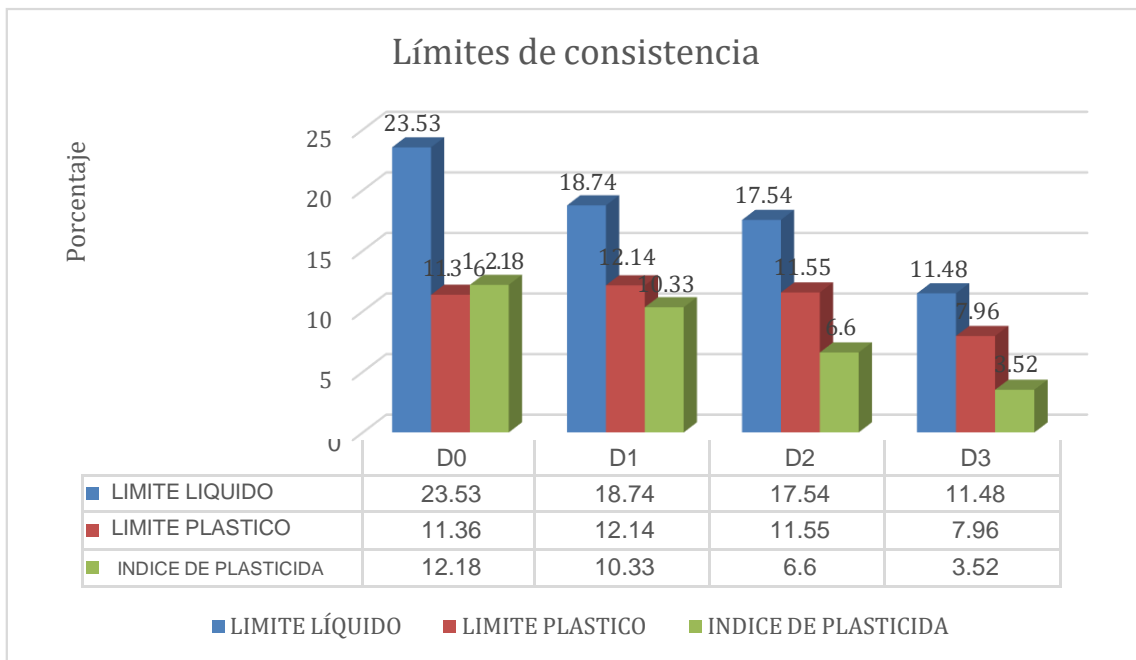
### Contrastación de la hipótesis:

Se acepta la hipótesis porque la adición de ceniza de carbón influye positivamente en la compactación del suelo arcilloso aumentando la resistencia en todas las dosificaciones en comparación al suelo natural.

**Tabla 13. Muestras de límites de consistencia**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
Muestra	Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
D0	23.53	11.36	12.18
D1	18.74	12.14	10.33
D2	17.54	11.55	6.6
D3	11.48	7.96	3.52

*Fuente de elaboración propia*



**Figura 27. Muestras de límites de consistencia**

En la tabla 13 y la figura 27 se aprecia que respecto al suelo natural (D0), el límite líquido disminuye para dosificación D1 en 4.79%, para la D2 en 5.99% y la D3 en 12.05%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el límite líquido del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D4318 que especifica el límite líquido.

### **Contrastación de la hipótesis:**

Se acepta la hipótesis en razón que la adición de ceniza de carbón influye positivamente en el límite líquido del suelo arcilloso aumentando la resistencia en todas las dosificaciones en comparación al suelo natural.

En la tabla 13 y la figura 27 se aprecia que respecto al suelo natural (D0), el límite plástico varía para dosificación D1 en 0.78%, para la D2 en 0.19% y la D3 en -3.4%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el límite plástico del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D4318 que especifica el límite plástico.

**Contrastación de la hipótesis:**

Se acepta la hipótesis en razón que la adición de ceniza de carbón influye positivamente en el límite plástico del suelo arcilloso aumentando la resistencia en todas las dosificaciones en comparación al suelo natural.

En la tabla 13 y la figura 27 se aprecia que respecto al suelo natural (D0), el índice de plasticidad se disminuye para dosificación D1 en 1.85%, para la D2 en 5.58% y la D3 en 8.66%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el índice de plasticidad del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D4318 que especifica el índice de plasticidad.

**Contrastación de la hipótesis:**

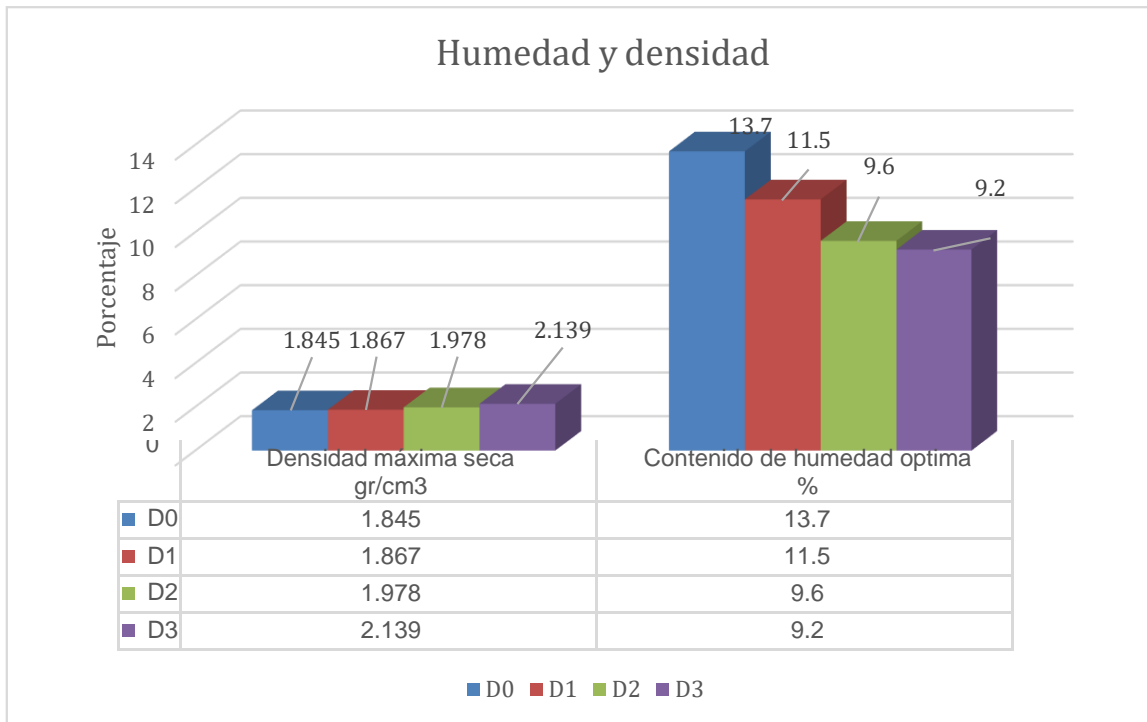
Se acepta la hipótesis en razón que la adición de ceniza de carbón influye positivamente en el índice de plasticidad del suelo arcilloso aumentando la resistencia en todas las dosificaciones en comparación al suelo natural.

**Tabla 14. Muestras de humedad y densidad**

Humedad y densidad		
Denominaciones.	Densidad máxima seca	Contenido de humedad optima
D0	1.845gr/cm3	13.7%
D1	1.867gr/cm3	11.5%
D2	1.978gr/cm3	9.6%
D3	2.139gr/cm3	9.2%

Fuente: Elaboración propia

## Resultados de la relación de humedad y densidad seca de los especímenes



**Figura 28.** Relación de humedad y densidad

En la tabla 14 y la figura 28 se aprecia que respecto al suelo natural (D0), el contenido de humedad se disminuye para dosificación D1 en 2.2%, para la D2 en 4.1% y la D3 en 4.5%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el contenido de humedad del suelo natural

### **Contrastación de la hipótesis:**

Se acepta la hipótesis porque la adición de ceniza de carbón influye positivamente en el contenido de humedad del suelo arcilloso aumentando la resistencia en todas las dosificaciones en comparación al suelo natural. Según norma ASTM D2216

## V. DISCUSIÓN



### Indicador 1: Humedad de suelos arcillosos

En el presente estudio utilizando la ceniza de carbón se determinaron los siguientes valores para la humedad de suelos arcillosos; para la dosificación D0 es 13.7%, para D1 es 11.5%, para D2 es 9.6% y para D3 es 9.2%

En relación a ello, López (2021) obtuvo para las muestras en porcentajes del suelo natural, 5%, 10% y el 15% un resultado óptimo de humedad al 100% D0 fue 19.0%, para D1 fue 21,72%, para D2 fue 24.25% y para D3 fue 27.50%, así mismo para Brandan (2020) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 10%, 30% y el 50% se obtuvo como resultado óptimo de humedad al 100% D0 6.0%, para D1 fue 6.7%, para D2 fue 6.5% y para D3 fue 6.7%.

Los resultados obtenidos donde se emplean agregados de ceniza de carbón en diferente medida, en el trabajo de investigación de López se emplearon porcentajes que si se parecen porque las medidas analizadas se incrementan. Así mismo con el trabajo de investigación de Brandan ocurre lo mismo porque incrementan los porcentajes favorablemente.

### Indicador 2: Límite líquido

En el actual estudio utilizando la ceniza de carbón se determinaron los siguientes valores para el límite líquido; para la dosificación D0 es 23.53%, para D1 es 18.74%, para D2 es 17.54% y para D3 es 11.48%

Al respecto Chilcon y León (2020) obtuvo para las muestras en porcentajes del suelo natural, 13%, 21% y el 24% como resultado límite líquido al 100% D0 fue 51.0%, para D1 fue 51,87%, para D2 fue 45.4% y para D3 fue 52.60%, así mismo para López (2021) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 5%, 10% y el 15% se obtuvo como resultado límite líquido al 100% D0 fue 51.01%, para D1 fue 53.20%, para D2 fue 53.67% y para D3 fue 55.19%.

Los resultados obtenidos donde se emplean agregados de ceniza de carbón en diferente medida, en el trabajo de investigación de Chilcon y León no se parecen debido a que en su análisis es variado y en la investigación disminuye. En comparación con el trabajo de investigación de López que empleó porcentajes que

tuvieron una variación mínima de crecimiento tampoco se parece al análisis de la investigación ya que disminuye.

#### Indicador 3: Límite plástico

En el actual estudio utilizando la ceniza de carbón se obtuvo los siguientes valores para el límite plástico; para la dosificación D0 es 11.36%, para D1 es 12.14%, para D2 es 11.55% y para D3 es 7.96%

En ese sentido, Chilcon y León (2020) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 13%, 21% y el 24% se obtuvo como resultado límite plástico al 100% D0 fue 27.0%, para D1 fue 30.47%, para D2 fue 35.0% y para D3 fue 38.0%, así mismo para López (2021) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 5%, 10% y el 15% se obtuvo como resultado límite plástico al 100% D0 fue 27.17%, para D1 fue 26.75%, para D2 fue 26.94% y para D3 fue 28.44%.

Los resultados obtenidos donde se emplean agregados de ceniza de carbón en diferente medida, en el trabajo de investigación de Chilcon y León no se parecen porque sus resultados son diferentes ya que los porcentajes son variados. En comparación con el trabajo de investigación de López no se parecen y son opuestos

#### Indicador 4: Índice de plasticidad

En el actual estudio utilizando la ceniza de carbón se determinó los siguientes valores para el índice de plasticidad; para la dosificación D0 es 12.18%, para D1 es 10.33%, para D2 es 6.6% y para D3 es 3.52%

Al respecto, Chilcon y León (2020) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 13%, 21% y el 24% se obtuvo como resultado índice de plasticidad al 100% D0 24.0%, para D1 es 21.4%, para D2 es 18.4% y para D3 es 16.60%, así para López (2021) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 5%, 10% y el 15% se obtuvo como resultado índice de plasticidad al 100% D0 fue 23.84%, para D1 fue 26.45%, para D2 fue 26.73% y para D3 fue 26.75%.

Los resultados obtenidos donde se emplean agregados de ceniza de carbón en diferente medida, en el trabajo de investigación de Chilcon y León si se parecen porque ambas investigaciones disminuyen sus porcentajes. En comparación con el

trabajo de investigación de López que empleó porcentajes que no se parecen porque para López se mantiene el porcentaje y no decrece.

#### Indicador 5: Compactación

En el actual estudio utilizando la ceniza de carbón se determinó los siguientes valores para la compactación; para la dosificación D0 es 8%, para D1 es 17.1%, para D2 es 24.3% y para D3 es 40.3%

En relación a ello, Cañar (2017) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 20%, 23% y el 25% obtuvo como resultado de compactación al 100% D0 fue 13.4%, para D1 fue 13,08%, para D2 fue 13.00% y para D3 fue 14.90%.

Los resultados obtenidos donde se emplean agregados de ceniza de carbón en diferente medida, en el trabajo de investigación de Cañar no se parecen debido a que los porcentajes de estudio de Cañar se mantienen y el trabajo investigado incrementa el porcentaje.

#### Indicador 6: CBR

En el presente estudio utilizando la ceniza de carbón de determinaron los siguientes valores para el CBR al 100%; para la dosificación D0 es 15.9%, para D1 es 24.5%, para D2 es 28.6% y para D3 es 42.9%

Al respecto Brandan (2020) obtuvo para las muestras en porcentajes del suelo natural, 10%, 30% y el 50% como resultado CBR al 100% D0 fue 34.8%, para D1 fue 42,6%, para D2 fue 50.1% y para D3 fue 58.1%, así mismo para Chilcón y León (2020) para las muestras en porcentajes del suelo natural, 13%, 21% y el 24% se obtuvo como resultado CBR al 100% D0 fue 9.1%, para D1 fue 10,2%, para D2 fue 10.2% y para D3 fue 11.2%.

Los resultados obtenidos varia dado que se emplean agregados de ceniza de carbón en diferente medida a contraste del trabajo de investigación de Brandan si se parecen debido al incremento de sus porcentajes. En comparación con el trabajo de investigación de Chilcón y León también se parecen debido a su crecimiento en los porcentajes.

## **VI. CONCLUSIONES**

En el trabajo efectuado se determinó que la influencia es positiva, se observa que respecto al suelo natural (D0), el contenido de humedad se disminuye para dosificación D1 en 2.2%, para la D2 en 4.1% y la D3 en 4.5%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran la cantidad de humedad del suelo natural según la tabla 14 y la figura 28

En el desarrollo se encontró que la influencia es positiva. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el límite líquido del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D4318 que especifica el límite líquido, según la tabla 13 y la figura 27

Se estableció que la influencia es positiva. Así mismo se observa que respecto al suelo natural (D0), el límite plástico varía para dosificación D1 en 0.78%, para la D2 en 0.19% y la D3 en -3.4%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el límite plástico del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D4318 que especifica el límite plástico. Según la tabla 13 y la figura 27.

Se resolvió la influencia positiva y se observó que respecto al suelo natural (D0), el índice de plasticidad se disminuye para dosificación D1 en 1.85%, para la D2 en 5.58% y la D3 en 8.66%. Todas las dosificaciones propuestas mejoran el índice de plasticidad del suelo natural alcanzando con todas cumplir con el requiriendo mínimo establecido la norma ASTM D4318 que especifica el índice de plasticidad, según la tabla 13 y la figura 27

Se estableció la influencia positiva en el comportamiento de compactación las cuales cumplen la norma ASTM D1557 en los 15%, 20% y 30% de ceniza de carbón, según la tabla 12 y la figura 26

Se precisó la influencia positiva en los porcentajes del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón cumplen la normativa ASTM D1883 que especifica el CBR que mínimo debese 20%. Y que todos los porcentajes sobrepasan el límite establecido. De la tabla 11 y la figura 25.

Al realizar el estudio se obtiene que la influencia de la ceniza de carbón en la estabilidad de suelos arcillosos es positiva según los hallazgos encontrados; respecto

a la humedad del suelo todas las dosificaciones propuestas mejoran la cantidad de humedad, respecto al límite líquido también todas las dosificaciones cumplen con el requerimiento, para el índice de plástico también todas las dosificaciones cumplen con el límite permitido, así mismo con el índice de plasticidad, en la compactación también los porcentajes propuestos también cumplen lo establecido en las normas y para el CBR todas sobrepasan el límite establecido. Finalmente se obtiene que se pueda trabajar con las tres dosificaciones para la estabilización de suelos arcillosos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda en relación al contenido de humedad de los suelos arcillosos, que la dosificación que D3 tiene mayor influencia en la subrasante por lo tanto se puede incrementar el porcentaje de análisis para futuras investigaciones.

En el actual estudio según los porcentajes de 15%, 20% y 30% de ceniza de carbón que se establecieron se pudo verificar el óptimo contenido de humedad, por lo que se encomienda evaluar otros estudios con diferentes especímenes para encontrar otras posibilidades de mejora.

En el actual estudio según los porcentajes de 15%, 20% y 30% de ceniza de carbón que se establecieron se pudo verificar el límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad para continuar la investigación se encomienda evaluar otros estudios con diferentes porcentajes para encontrar otras posibilidades de mejora.

En el actual estudio según los porcentajes de 15%, 20% y 30% de ceniza de carbón que se establecieron se pudo verificar el CBR para continuar la investigación se encomienda evaluar otros estudios con diferentes porcentajes para encontrar otras posibilidades de mejora.



## REFERENCIAS

1. MORENO, Karen; FORERO, Brian. *Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con cenizas de cascarilla de arroz*. 2020. Tesis Doctoral. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
2. CHILCON, Ronaldinio; LEON, Guillermo. Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de de la Av. Cuzco, Distrito de San Martin de Porres, 2020.
3. Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2018). Norma Técnica de Edificación E.050 Suelos y cimentaciones. Lima, Perú.
4. BRANDAN, Yoselin. Aplicación de ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020.
5. QUIROZ, Dorcas. Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilidad de suelos arenosos, Mz. I Las Gardenias, Ancón, 2019. 2019.
6. CHILCON, Ronaldinio; LEON, Guillermo. Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de de la Av. Cuzco, Distrito de San Martin de Porres, 2020.
7. RABANAL, Aaron. Influencia del aditivo quim KD-40 y cal hidratada para estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos rígidos, Pucallpa, 2020. 2020.
8. LÓPEZ, Junior. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba–departamento de San Martín. 2021.
9. CAÑAR, Edwin. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. 2017. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.
10. CUERVO, Harold; BARRAGÁN, Camilo. *Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso*. 2019. Tesis Doctoral.
11. CAMARGO, Evelyn; PERALTA, Miguel. *Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de ceniza de cascarilla de café en el municipio de Viota Cundinamarca*. 2020. Tesis Doctoral.

12. MÉNDEZ, Juan; LÓPEZ, Carlos. *Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de cal y cenizas de cascarilla de arroz*. 2020. Tesis Doctoral.
13. LOZANO, Juan, et al. Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. 2019.
14. Rivas Ortiz, Bayardo Geovanny, and Kevin Uriel Mercado Espinoza. Propuesta de diseño de estructura de pavimento flexible del tramo comprendido del Km 2.3 al Km 2.8 de la carretera Panamericana Sur, aplicando el método de la AASHTO 93. Diss. Universidad Centroamericana, 2015.
15. Ministerio de transportes y comunicaciones (2013). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4955.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4955.pdf)
16. Juárez E. y Rico R. (2015). Fundamentos de la mecánica de suelos. Limusa: México.
17. Villalaz, Carlos Crespo. Mecánica de suelos y cimentaciones. Editorial Limusa, 2004.
18. Badillo, Eulalio Juárez. Mecánica de suelos. Vol. 2. Editorial Limusa, 2001
19. Juárez, E. y Rico, A. (2011). Mecánica de suelos. Editorial: Limusa. México
20. Crespo, C. (2004) Mecánica de suelos y cimentaciones. 5. a ed. Limusa: México, 2004.
21. JUAREZ, Badillo, Mecánica de suelos [en línea]. Impreso en México, 1974. [fecha de consulta 16 mayo 2020] Disponible en: [https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica\\_de\\_suelos\\_Tomo\\_I\\_-\\_Eulalio\\_Ju%C3%A1rez\\_Badillo\\_y\\_Alfonso\\_Rico\\_Rodr%C3%ADguez](https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_I_-_Eulalio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez)
22. Pérez, A. (2014) “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada”. Tesis para optar título profesional, FIC-UNI, Lima, Perú.
23. Rodríguez, A. La ingeniería de los suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Limusa: México, 2005. 460 pp.
24. Rondón, H. y Reyes, F. (2015). Pavimentos, materiales, construcción y diseño. Primera edición. Lima
25. HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación, 6 ta Ed. Mc Graw-Hill. México 2010. ISBN 968-422-931-3.
26. VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar Proyectos de Investigación

- Científica, 1era Ed. Lima 2014. ISBN: 978-612-302-878-7
27. M.T.C. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) Manual de Ensayo de Materiales.
  28. Rico, A. y Del Castillo, H. (1978). La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/164716790/La-ingenieri-a-de-suelos-en-lasvi-as-terrestres-pdf>
  29. MONTERO, D. (2017) Uso de la ceniza de cascarilla de arroz como reemplazo parcial del Cemento en la fabricación de hormigones convencionales en el Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6412>
  30. 30.MORALES, D. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas.
  31. SERGIO Feliciano. (2019). *Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas*. LIMA.
  32. MOALE Quispe, Alexandra Brigitte Y Rivera Justo, Eddy Josías. (2019). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como*. LIMA.
  33. MTC. (2014). *Manual de diseño de carreteras*. Lima.
  34. . MTC. (2016). *MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES*. LIMA: 1272. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3729.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf)
  35. MVCS. (2015). *Reglamento nacional de edificaciones*. lima.
  36. PARDINAS, F. (2005). *Metodología y técnicas de investigación en Ciencia Sociales, Siglo XXI*.
  37. . PARRA Gómez, M. G. (2018). *Mejoramiento de las propiedades físico - mecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio- 2016-2017*. Junín.
  38. . RUSQUE, A. M. (2003). *De La Diversidad A La Unidad En La Investigación Cualitativa*. Caracas.
  39. TAMAYO y Tamayo, M. (1998). *El Proceso De La Investigación Científica*. MEXICO: Limusa Noriega
  40. YADAV, 2. (2017). *Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. International*.

Obtenido de <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

## **ANEXOS**

Anexo 1

**Matriz de Operacionalización**

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
<p>VI</p> <p>Ceniza de carbón en la subrasante</p>	<p>“Las cenizas vienen a representar una fracción no combustible de todo este material, que puede ser leña, carbón vegetal, carbón mineral, donde los componentes principales son la magnesia, la sílice, el trióxido férrico, la albúmina, la cal u óxido cálcico, así como proporción menor pocas concentraciones de trazas de metales pesados y azufre. (Pérez y Ribero, 2008).</p>	<p>La ceniza de carbón se utilizará para la estabilización mediante la mezcla con el suelo adicionando la ceniza en un 15%, 20% y 30% y se realizará especímenes que posteriormente será sometida a los ensayos</p>	<p>Ceniza de carbón en porcentajes (%)</p>	<p>ceniza de carbón al 15%</p>	<p>Numérico</p>
				<p>ceniza de carbón al 20%</p>	
				<p>ceniza de carbón al 30%</p>	
			<p>Especificaciones técnicas de la ceniza de carbón</p>	<p>Cenizas volantes de carbón</p>	<p>Numérico</p>
				<p>Ceniza de hogar</p>	<p>Numérico</p>
<p>VD</p> <p>estabilización de suelos arcillosos</p>	<p>la estabilización de suelos naturales arcillosos, es un proceso en las cuales las propiedades físicas y mecánicas del es suelo son sometidas para mejorar sus cualidades: reducir su plasticidad, aumentar su resistencia y estabilidad (Badillo, 2007)</p>	<p>Los especímenes serán sometidos a ensayos Para determinar su propiedades físicas y propiedades mecánicas a fin de evaluar la mejora de la estabilización del suelo arcilloso</p>	<p>Propiedades físicas</p>	<p>Humedad de suelos arcillosos</p>	<p>Numérico</p>
				<p>Limite liquido</p>	
				<p>Limite plástico</p>	
				<p>Índice de plasticidad</p>	
			<p>Propiedades mecánicas</p>	<p>compactación</p>	<p>Numérico</p>
	<p>CBR</p>				

## Anexo 2: Matriz de consistencia

### Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021

Problema	Objetivos	Hipotesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
<p>PG=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p>	<p>OG=</p> <p>Determinar la influencia de la ceniza carbón en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p>	<p>HG=</p> <p>La ceniza de carbón influye positivamente en la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p>	<p>VI=</p> <p>Ceniza de carbón en la subrasante</p>	<p>Ceniza de carbón en porcentajes (%)</p>	<p>ceniza de carbón al 15%</p> <p>ceniza de carbón al 20%</p> <p>Ceniza de carbón al 30%</p> <p>Cenizas volantes de carbón</p> <p>Ceniza de hogar</p>
<p>PE1=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en Humedad de de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p> <p>PE2=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en el Limite líquido de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p> <p>PE3=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p> <p>PE4=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en las propiedades físicas de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p>	<p>OE1=</p> <p>Determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en el contenido de Humedad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>OE2=</p> <p>Determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en el limite líquido de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>OE3=</p> <p>Determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en el limite plástico de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>OE4=</p> <p>Determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en el indice de plasticidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p>	<p>HE1=</p> <p>La ceniza de carbón influye positivamente en el contenido de la humedad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>HE2=</p> <p>La ceniza de carbón influye positivamente en el limite líquido de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>HE3=</p> <p>La ceniza de carbón influye positivamente en el limite de plástico de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>HE4=</p> <p>La ceniza de carbón influye positivamente en el indice de plasticidad de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p>	<p>VD=</p> <p>estabilización de suelos arcillosos</p>	<p>Propiedades físicas</p>	<p>Humedad de suelos arcillosos</p> <p>Limite líquido</p> <p>Limite plástico</p> <p>Índice de plasticidad</p>
<p>PE5=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la compactación de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p> <p>PE6=</p> <p>¿Cuánto influye la ceniza de carbón en la CBR de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021?</p>	<p>OE5=</p> <p>Determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en la compactación de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>OE6=</p> <p>Determinar la influencia del 15%, 20% y 30% de la ceniza de carbón en la CBR de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p>	<p>HE6=</p> <p>La ceniza de carbón influye de manera positiva la compactación de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p> <p>HE6=</p> <p>La ceniza de carbón influye de manera positiva la CBR de suelos arcillosos en la subrasante de la Av. Carretera Canta, Carabayllo, Lima-2021</p>		<p>Propiedades mecánicas</p>	<p>Compactación</p> <p>CBR</p>

### Anexo 3

FICHA N°1

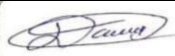


INDICADOR: CBR

TESIS	Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante. Av. Carretera Canta Carabayllo, Lima- 2021.
-------	--

RESPONSABLE	Marcelo Mallqui Jesús
-------------	-----------------------

Código	Dosificación	CBR al 100%		Promedio	CBR al 95%		promedio	Penetración		Promedio
		1	2		1	2		1	2	
D0		15.9	17.2	16.1	11.9	13.1	12.5	19.9	15.6	17.75
D1	15%	24.5	25.3	24.9	19.5	21.1	20.3	24.5	19.5	22
D2	20%	28.6	27.8	28.2	26.0	27.8	26.9	26.0	21.3	23.65
D3	30%	42.9	44.1	43.5	39.2	40.7	39.95	39.2	42.9	41.05

#### Validez de Experto

Experto	Nombres	CIP	Firma	Nota
N°1	David Pastor Orosco	83458		0.8
N°2	Kenny Huamaní Gamarra	130033		0.81
N°3	Jonathan García Rosales	119822		0.82



Anexo 4

FICHA N°2



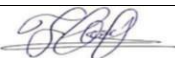
INDICADOR: LIMITE DE ATTERBERG

TESIS	Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante. Av. Carretera Canta Carabayllo, Lima- 2021.
-------	--

RESPONSABLE	Marcelo Mallqui Jesús
-------------	-----------------------

Código	Dosificación	Limite liquido		Promedio	Limite plástico		promedio
		1	2		1	2	
D0		23.53	21.9	22.72	11.36	10.5	10.93
D1	15%	18.74	17.1	17.92	12.14	11.9	12.02
D2	20%	17.54	16.5	17.2	11.55	10.11	10.83
D3	30%	11.48	10.7	11.09	7.96	6.7	7.33

Validez de Experto

Experto	Nombres	CIP	Firma	Nota
N°1	David Pastor Orosco	83458		0.8
N°2	Kenny Huamaní Gamarra	130033		0.81
N°3	Jonathan García Rosales	119822		0.82

## Anexo 5

FICHA N°3
-----------




INDICADOR: DENSIDAD MAXIMA Y CONTENIDO DEHUMEDAD
--

TESIS	Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante. Av. Carretera Canta Carabayllo, Lima- 2021.
-------	--

RESPONSABLE	Marcelo Mallqui Jesús
-------------	-----------------------

Código	Dosificación	Máxima densidad (grs/cm3)			Humedad Optima		
		1	2	Promedio	1	2	promedio
D0		1.845	1.79	1.81	13.7%	12.9%	13.3
D1	15%	1.867	1.8	1.83	11.5%	11%	11.3
D2	20%	1.978	1.89	1.934	9.6%	9.58%	9.59
D3	30%	2.139	2.1	2.11	9.2%	8.9%	

### Validez de Experto

Experto	Nombres	CIP	Firma	Nota
N°1	David Pastor Orosco	83458		0.8
N°2	Kenny Huamaní Gamarra	130033		0.81
N°3	Jonathan García Rosales	119822		0.82

# Anexo 6

## Certificado de Compactación

Proyecto	: Ejecución de suelo arcilloso aplicando técnica de compactación en la subcarretera An. Carretera Costa Castañeda, Lnea- 001.	Registro N°	MFL - LBR / TE - 88
Colaborador	: MATESTLAB S.A.C.	Elaborado por	MATESTLAB S.A.C.
Dirección de Proyecto	: MARIO MATELA JIMENEZ	Elaborado por	D. CASTILLO
Ubicación	: An. Carretera Costa Castañeda	Fecha de Emisión	28/02/2021
Identificación	: MATESTLAB S.A.C.	Turno	DURO
Señales / Señalización	: CALICATA I	Prefectura	---
N° de Muestra	: 01 PROPO	Municipio	---
Problemas		Provincia	---
		Cantón	---

MUESTRO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR						
ASTM D1557 / ASTM D1585						
	Volúmenes de agua	100	100	100	100	100
	Peso húmedo	g	g	g	g	g
<b>NUMERO DE ENVAYES</b>						
Peso Suelto + Molde	g	5,024	5,014	5,120	5,250	5,260
Peso Suelto Humedo + Compactado	g	1,800	1,888	1,788	1,908	1,848
Peso Volumétrico Humedo	g	1,882	1,776	1,808	2,040	2,032
Problemas Humedo	g	01	01	01	01	01
Peso de la Tara	g	70,3	60,2	64,1	61,8	70,2
Peso Suelto Humedo + Tara	g	249,8	254,2	260,4	266,2	255,1
Peso Suelto Seco + Tara	g	287,2	277,2	281,0	272,8	260,3
Peso del agua	g	17,3	17,2	18,4	22,8	22,8
Peso del suelo seco	g	287	294	297	261	237
Contenido de agua	%	6,0	5,7	6,2	8,7	9,6
Densidad Seca	g/cm <sup>3</sup>	1,888	1,820	1,780	1,828	1,758

Densidad Máxima Seca	1,888 g/cm <sup>3</sup>	Coeficiente de Variación	13,7 %
----------------------	-------------------------	--------------------------	--------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**

**OBSERVACIONES:**

- Muestra tomada en campo por el solicitante y entregada por el personal de MATESTLAB S.A.C.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de MATESTLAB S.A.C.

MATESTLAB S.A.C.		
TECNICO LBR	JEFE LBR	DOC - LBR
  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayos de Suelos	 <b>HENRY W. SANTIAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 203149 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> RUC 1909000000 <b>NICOLAS SANCHEZ BARRERO</b> GERENTE GENERAL







# Valor e soporte de california

<b>INFORME</b>		
<b>VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - OBR</b>		
Proyecto	Establecimiento de sustrato arcilloso aislado sobre el terreno en la subparcela. An. Cemento Carta Carabayán, Lirio- 2021.	Registro N°: MTL - LBR - TS - 66
Cliente	Mamelo Melro, José	Elaborado por: MATESTLAB S.A.C.
Ubicación de Proyecto	An. Cemento Carta Carabayán	Analizado por: D. CASTILLO
Material	Material propio	Fecha de Emisión: 26/06/2021
		Turno: Diurno
Verificación	MATERIAL PROPIO CON ADICIÓN DE 10% DE ADICIÓN DE CENizas DE CARBÓN	Profundidad: ---
Procedimiento	CALICATA 1	Norma: ---
N° de Muestra	MIXCARBON	Esca: ---
Propietario	---	Cole: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1585**

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.S.R.)**

Ítem N°	Muestra A		Muestra B		Muestra C	
	1	2	1	2	1	2
Gravación de la muestra	30	30	30	30	30	30
Peso seco (g)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Peso húmedo (g)	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200
Peso agua (g)	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Contenido de agua (%)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Peso de arena (g)	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800	9.800
Peso de arena húmeda (g)	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
Peso de agua (g)	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Peso de arena seca (g)	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600	9.600
Gravidad (g)	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6

Espesor	Hueco	Tiempo	Carga	Esfuerzo		Esfuerzo		Carga	Esfuerzo	
				mm	%	mm	%		mm	%
10 mm	11.00	5	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
20 mm	11.00	24	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
30 mm	11.00	44	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
40 mm	11.00	70	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
50 mm	11.00	95	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Penetración	Carga Standard (kg/cm²)	Módulo N° 10				Módulo N° 5				Módulo N° 15			
		Carga		Compresión		Carga		Compresión		Carga		Compresión	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CSR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CSR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CSR %
0.025	200	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
0.050	400	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	
0.100	800	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	
0.200	1600	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2	
0.300	2400	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	31.2	
0.400	3200	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	38.3	
0.500	4000	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	45.4	

**OBSERVACIONES:**  
 1. Revisar tomada en campo por el evaluador y emendada por el personal de MATESTLAB S.A.C.  
 2. Permitir la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de MATESTLAB S.A.C.  
 3. ---

<b>MATESTLAB S.A.C.</b>		
TECNICO LBR  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayos de Materiales	INPE LBR  <b>HENRY VL BAHUAGO FLORES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 203749 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	OBR - LBR  <b>MATESTLAB S.A.C.</b> INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 203749

	<b>FORMATO</b> <b>ENSAYOS QUÍMICOS EN SUELOS, ROCAS Y AGUA ASTM D 1588</b>	Código	EQ-04
		Version	01
		Fecha	27/04/2021
		Página	1 de 1

<b>PROYECTO</b>	Rehabilitación de red de alcantarillado pluvial 2000 de Cobayla en la intersección Av. Carmen Costa	<b>REGISTRO Nº:</b>	MTL - LBA - 00 - 01
<b>SOLICITANTE</b>	Cobayla, Lima 2001 - Muestra M001, 100g	<b>HUESTRADO POR:</b>	J. LEO
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b>	Av. Carmen Costa Cobayla	<b>ENVIADO POR:</b>	D. CASTELLAN
<b>MATERIAL</b>	RESIDUA DE SUELO	<b>FECHA DE MUESTRO:</b>	17-03-21
<b>CÓDIGO DE MUESTRA</b>	---	<b>TUBO:</b>	3000
<b>SONDAS / CALICATA</b>	CO1	<b>PROFUNDIDAD:</b>	---
<b>Nº DE MUESTRA</b>	001	<b>MOIST:</b>	---
<b>PROXIMA</b>	---	<b>EST:</b>	---
		<b>COSTA:</b>	---

BASES SOLUBLES TOTALES			
RELACION DE MUELA PASA 75 - MUELA PASA 425	---	---	---
VOLUMEN DE MUESTRA	---	---	---
PERO DE BEAAS	50	21.11	20.11
PERO DE BEAAS + RESIDUO DE SALAS	50	21.11	21.11
PERO DE RESIDUO DE SALAS	50	4.888	4.887
POLARIDAD DE SOLUCION TOMADA	50	---	---
CONSTITUYENTES DE SALAS SOLUBLES EN LECHEA	(g/g)	39.888	ITS
CONSTITUYENTES DE SALAS SOLUBLES EN MUESTRA	(g/g)	49.888	20.11
CONSTITUYENTES DE S.E EN PISO SACO	(%)	0.88	1.00

Número de preparación: Serie:  Fecha:   
 Método de ensayo: Serie:  1180°C Fecha:

**CONSERVACIONES**

Clasificación visual: estado: SC - Agua oscura, sin evidencia pluvial, de color oscuro

modo de conservación: pasivamente seco

Según procedimientos de ensayo en Protocolo de ensayos de campo 9710

Muestra identificada y enviada al campo por personal de MATESTLAB S.A.C.

EQ (Nº)	CODIGO	F. CALIBRACION	Nº CERT. CALIBRACION
Balanza Digital Nova Class 400g x 0.1g	LS-26	2019/02/05	LM-01-2019
Balanza Digital Ohaus 3000g x 1g	LS-01	2019/02/05	LM-01-2019
Balanza Digital Ohaus 100g x 0.1g	LS-04	2019/02/05	LM-02-2019
Termo Digital THERMO 100L 0°C a 300°C	LS-02	2019/02/05	LM-03-2019

 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> Laboratorio de Ensayos de Suelos	 <b>HENRY W. SANTOAGO PLDRES</b> INGENIERO CIVIL Reg. CP N° 295143 <b>MATESTLAB S.A.C.</b>	 <b>MATESTLAB S.A.C.</b> YICOLANDREA P. BARRETO GERENTE GENERAL
--	---	---

## Anexo 8

### Número 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"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	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"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
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"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	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"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
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"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrazante. Av. Carretera Canta Carabayllo, Lima- 2021.", cuyo autor es MARCELO MALLQUI JESUS, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Diciembre del 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO <b>DNI:</b> 08644876 <b>ORCID</b> 0000-0002-5043-6510	Firmado digitalmente por: OTELLOM el 01-01-2022 18:22:59

Código documento Trilce: TRI - 0238290