



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autor:

Jhonalber Torres Goicochea

Asesor:

Mg. Ing. Enrique Mendoza Lau

Cajamarca - Perú

JURADO CALIFICADOR

Jurado 1	Felix Alejandra Velásquez Huayta	71821724
Presidente(a)	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Henry Josue Villanueva Bazán	46486085
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Mario Rene Carranza Liza	26602358
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mis padres, pues sin ellos no lo hubiera logrado. Sus bendiciones a diario a lo largo de mi vida me protegen y me llevan por el camino del bien.

Por ello les doy mi trabajo en ofrenda de su paciencia y amor padres míos, los amo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mis padres por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis, gracias por creer en mí y gracias a

Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

Agradecer a la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, por contribuir a la mejor enseñanza de los profesionales de Ingeniería Civil.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	23
1.3. Objetivos	23
1.4. Hipótesis	24
1.5. Justificación	25
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	26
Análisis granulométrico	28
Límites de Atterberg	28
Contenido de humedad.....	28
Proctor modificado.....	29
California Bearing Ratio	29
CAPÍTULO III. RESULTADOS	33
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	58
REFERENCIAS	63
ANEXOS	72
ANEXO 01. Matriz de consistencia.....	72
ANEXO 02. Constancia de revisión de proyecto.....	74

ANEXO 03. Resultados de estudio de tráfico.....	75
ANEXO 04. Formatos de laboratorio	76
ANEXO 05. Panel fotográfico	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Propiedades de la CCA.....	22
Tabla 2	Composición química de la CCA.....	22
Tabla 3	Técnicas e instrumentos para recopilación de datos.....	27
Tabla 4	Características granulométricas de la muestra de suelo en estado natural.	34
Tabla 5	Porcentaje de la muestra de suelo C-01.....	35
Tabla 6	Características de la muestra de suelo C-01.....	35
Tabla 7	Características granulométricas de la muestra de suelo C-01+7.5% CCA. ...	37
Tabla 8	Porcentaje de la muestra de suelo C-01 +7.5% CCA.....	38
Tabla 9	Características de la muestra de suelo C-01+7.5% CCA.	38
Tabla 10	Características granulométricas de la muestra de suelo C-01+8.5% CCA. ..	39
Tabla 11	Porcentaje de la muestra de suelo C-01 +8.5% CCA.....	40
Tabla 12	Características de la muestra de suelo C-01+8.5% CCA.	40
Tabla 13	Límite líquido y plástico del suelo patrón.	41
Tabla 14	Índice de plasticidad del suelo patrón.	42
Tabla 15	Límite líquido y plástico del suelo patrón +7.5% CCA.	43
Tabla 16	Índice de plasticidad del suelo patrón +7.5% CCA.....	44
Tabla 17	Límite líquido y plástico del suelo patrón +8.5% CCA.	45
Tabla 18	Índice de plasticidad del suelo patrón +8.5% CCA.....	46
Tabla 19	Contenido de humedad de la muestra de suelo C-01.	47
Tabla 20	Resultados de proctor modificado de la muestra de suelo C-01.	48
Tabla 21	Resultados CBR de la muestra de suelo C-01.....	50
Tabla 22	Resultados de proctor modificado del suelo+ 7.5% CCA.....	50

Tabla 23	Resultados CBR del suelo+ 7.5% CCA.	52
Tabla 24	Resultados de proctor modificado del suelo+ 8.5% CCA.....	52
Tabla 25	Resultados CBR del suelo+ 8.5% CCA.	54
Tabla 26	Resultados de propiedades mecánicas de las muestras de estudio.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Proceso de identificación de suelos</i>	20
Figura 2. <i>Perfil estratigráfico del suelo</i>	36
Figura 3. <i>Curva de proctor modificado de muestra patrón</i>	49
Figura 4. <i>Curva de proctor modificado de muestra suelo + 7.5% CCA</i>	51
Figura 5. <i>Curva de proctor modificado de muestra suelo + 8.5% CCA</i>	53
Figura 6. <i>Consolidado de Curvas de Compactación</i>	56

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general determinar la influencia de la adición de ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021. En cuanto a la metodología, se consideró un enfoque cuantitativo con diseño experimental, la cual estuvo constituida de una población de 10 km que conformaron la Carretera Santa Rosa de Combayo y como muestra de estudio se analizó una calicata en relación a 1 km de tramo en la zona de estudio. Se obtuvo como resultados, de la muestra de suelo de la C-01, tanto para la correspondiente al estado natural como a las adicionadas, una clasificación de suelo CL por SUCS y A-7-6 (12) por AASHTO. La muestra de suelo arcilloso patrón obtuvo un CBR al 95% de la Máxima Densidad Seca, un valor de 16.40% y con adición de 7.5% y 8.5% de ceniza de cascarilla de arroz, se logró obtener valores de CBR de 36% y 34% respectivamente. Finalmente, se concluyó que, el porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz fue del 7.5% en suelos arcillosos de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.

Palabras clave: Ceniza de cascarilla de arroz; suelos arcillosos; pavimentación, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the influence of the addition of rice husk ash on the mechanical properties of clayey soils for paving the Santa Rosa de Combayo highway, Cajamarca, 2021. Regarding the methodology, an approach was considered quantitative with experimental design, which was made up of a population of 10 km that made up the Santa Rosa de Combayo Highway and as a study sample, a test pit was analyzed in relation to a 1 km section in the study area. As a result, from the soil sample of C-01, both for the one corresponding to the natural state and the added ones, a CL soil classification by SUCS and A-7-6 (12) by AASHTO. The standard clay soil sample obtained a CBR at 95% of the Maximum Dry Density, a value of 16.40% and with the addition of 7.5% and 8.5% rice husk ash, CBR values of 36 and 34% were obtained. respectively. Finally, it was concluded that the optimum percentage of rice husk ash incorporation was 7.5% in clay soils of the Santa Rosa de Combayo highway, Cajamarca.

Keywords: Rice husk ash; clay soils; paving; mechanical properties.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

A nivel internacional, existe una gran problemática relacionada con la cantidad de desechos de alimentos expuestos en nuestro medio ambiente, convirtiéndose en una alerta preocupante para la sociedad. Dentro de estos desechos se pueden identificar al polvo de sierra como subproducto de la madera, ceniza de cáscara de coco, cenizas de cáscara de mijo, ceniza de mazorca de maíz, ceniza de bagazo, ceniza de vaina de algarrobo y ceniza de cascarilla de arroz, de los cuales, se ha podido comprobar que pueden convertirse en grandes aditivos que permiten la mejora de materiales en el sector de la construcción (Adedokun & Oluremi, 2019).

Según Amir, Ebrahim & Abdolhosein (2020), los suelos finos, como limos y arcillas, son aquellos tipos de suelos que presentan características o propiedades negativas ante la presencia del agua, representando así menor resistencia y durabilidad, por lo que, se considera esencial la estabilización de estos mismos para obtener así una mayor capacidad de soporte.

En algunos casos, los posibles problemas del suelo pueden evitarse optando por otra zona para una construcción, eliminando el suelo no deseado y reemplazando por un material de préstamo o mediante la estabilización utilizando materiales aditivos que brinden la resistencia que se requiere un suelo (Oluyemi- Ayibiowu, 2019).

En los últimos años, se viene innovando diversas tecnologías de remediación de suelos que están basadas en estabilizadores, evidenciando así muy buenos resultados en

aplicación práctica de ingeniería (Shengyan et al., 2019). Por ello, la innovación de reutilizar materiales residuos como la ceniza de cáscara de arroz.

Según Quispe, Navia y Ramzy (2019), la producción de arroz en todo el mundo se incrementó en un 2.9 millones de toneladas, por lo que, la cáscara es incinerada y eliminada por ser la cubierta exterior con menor valor nutricional de este cereal.

Esta ceniza se considera como un residuo agrícola obtenido de la molienda del arroz, siendo aquel que se genera en gran cantidad anualmente en Nigeria y en muchos países alrededor del mundo (Akeke, Ewa, & Okafor, 2016). Este material se obtiene de la cascarilla de arroz quemada a una temperatura de 400°C a 700°C, pasándolo después por el tamiz de 75 µmm, siendo así considera un material puzolánico con un contenido de sílice en un 67% a 69% aproximadamente y óxidos de hierro en un 0.68% a 0.95%, convirtiéndose este en un indicador de poder convertirse en un buen material puzolánico.

El Perú no es ajeno a esta realidad, ya que, se caracteriza por presentar a la misma vez un crecimiento de la producción industrial y agrícola; por ende, un gran aumento de residuos, convirtiéndose en un foco de contaminación preocupante por no presentar un tratamiento sustentable o un buen tratamiento de su disposición final (Clavería, Triana y Varon, 2018). La producción de arroz es una industria muy significativa en Perú, alcanzando aproximadamente 507 mil 10 toneladas en el año 2018, evidenciando así un incremento en 95.20% al año anterior (INEI, 2018).

La eliminación de esta CCA ceniza de cascarilla de arroz genera efectos nocivos significativos en nuestro medio ambiente, perjudicando significativamente a la tierra, polución y contaminación en cuerpos de agua, la cual afecta incluso la salud humana de los pobladores (Jittin, Bahurudeen, & Ajinkya, 2020).

Cury, Aguas, Martínez, Olivero y Chams (2017) afirman que, la reutilización de CCA no solo permite la reducción de este residuo, sino también la reducción de los efectos negativos a nuestro medio ambiente al evitar el incremento de disposición final sin tratamiento de estas cenizas.

Por ello, surge la iniciativa de reutilizar estos residuos en la mejora de las propiedades de un suelo, siendo aquel proceso relacionado con la adición de materiales o aditivos estabilizadores que permitan influir de manera positiva en el proceso de compactación y así directamente en el control de la calidad de las capas de un suelo (Ojeda, Mendoza y Baltazar, 2018).

Para el sustento de esta investigación, es importante citar a los siguientes antecedentes que se consideran de gran importancia, como Mohd et al. (2020), tuvo como objetivo determinar la influencia del CCA en suelos, obteniendo así un CBR de 7.60% para la muestra de suelo natural, mientras a la adición de cáscara de arroz, se obtuvo un CBR con valores de 15.73% al 17.59% con adición del 8% de CCA. Concluyendo así que, a mayor incremento de adición de ceniza de cascarilla de arroz, se obtiene un CBR mayor. De esta manera, la CCA mejora considerablemente permitiendo el incremento de su resistencia CBR mediante un proceso de mezcla para estabilización.

Hu et al. (2020), tuvo como objetivo general determinar el porcentaje de uso sostenible de las cenizas de cascarilla de arroz como opción ambiental. Obteniendo como resultados que, la CCA mediante la utilización de una técnica de combustión mejorada tuvo una alta actividad puzolánica, presentando mayor resistencia a la compresión de la ceniza de cal, así como una rápida capacidad de consumo entre diferentes aditivos minerales. Los resultados de la aplicación de sulfato indicaron que la pasta con 15% de CCA mejoró la

resistencia a los sulfatos mediante la estabilización de C – S – H y el refinamiento de la estructura de los poros. Finalmente, se llegó a concluir que el porcentaje óptimo de adición fue la adición del 15% de CCA.

Anjani et al. (2017), tuvieron como objetivo general estabilizar la subrasante mediante el empleo de CCA y otros materiales residuos, resaltando como resultados la determinación de su CBR óptimo con 92.5% del suelo con adición del 7.5% de ceniza de composición. El valor de este CBR estabilizado con las cenizas incrementó en un 134%, 79.81% y 48.92% respectivamente frente a un suelo no estabilizado. De esta manera, se concluye, que esta opción de estabilización de la adición de la ceniza de cáscara de arroz resultó ser eficiente para su empleo en proyectos aplicativos reales de la ingeniería.

Finalmente, Setyo y Hantoro (2016), presentaron como finalidad evaluar la influencia en suelos arcillosos con la adición de CCA, de esta manera obtuvieron de sus muestras de estudio un CBR de 3.03%, 6.39%, 5.18% y 5.86% para las muestras patrón y muestras con 7.50%, 10% y 12.50% CCA respectivamente. A diferencia de la adición de 12% limo con un CBR de 9.27% y 12% limo con 7.50%, 10% y 12.50% CCA obteniendo para cada muestra un valor de CBR de 6.48%, 12% y 9.54%, evidenciando un comportamiento no usual al incrementar mucho la cantidad de limos.

Cajaleon y Mondragón (2018), presentó como objetivo evaluar el uso de cenizas de arroz en suelos arcillosos, empleando la metodología experimental. Obteniendo como resultados de suelos arcillosos con la adición del 10% y 15% CCA, se logró obtener valores de CBR de 8.5% y 10.3% clasificándose, como un suelo regular para subrasante. Además, se logró obtener un índice de plasticidad de 13%, un contenido de humedad de 9.4% y una máxima densidad seca del terreno de 2.006 gr / cm³. Finalmente, se concluyó que la

dosificación óptima fue aquella que obtuvo un valor de 10.3% en su CBR, la cual fue el suelo con adición del 15% de cenizas de cascarilla de arroz.

Salas (2017), tuvo como objetivo el estabilizar suelos con cemento portland ASTM P y aditivo Terrasil con la finalidad de mejorar la base de los kilómetros elegidos de estudio de la carretera, empleando la metodología descriptiva. Obteniendo como resultados, que la adición de cemento en 4% brindó valores óptimos cumpliendo los recomendados por el MTC, mientras que la incorporación del aditivo terrasil, obtuvo resultados mayores a los sugeridos por el MTC. Llegando a la conclusión que la incorporación del aditivo terrasil brinda mejores propiedades al suelo en comparación al suelo, pese a ellos, ambos métodos de estabilización resultan exitosos por cumplir los parámetros recomendados para obtener un suelo de buena calidad.

Asimismo, se podrá determinar aquellas bases teóricas de gran relevancia relacionadas al tema de investigación, como se detalla a continuación en función principalmente de lo descrito en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2013).

El pavimento se considera a una estructura que se encuentra conformada por un grupo o conjunto de subcapas de materiales que tienen como finalidad recibir las cargas de tránsito transferido desde aquellas capas superiores hasta las inferiores. (Medina, 2019).

Esta estructura se considera al elemento de una vía que descansa sobre la subrasante de un terreno, se trata de un conjunto de capas de asfalto o concreto y otros materiales, de diferentes espesores durante un tiempo determinado. (Alvarado y Freile, 2015).

El suelo se considera uno de los parámetros más importantes que han sido considerados en estudios geotécnicos específicamente para estructuras en agua, al ser significativamente influenciado por su distribución de poros entre otras características propias del suelo (Manoochehr, Mohammad, & Mohammad, 2019)

Según Cañar (2017), el suelo es todo aquello generado por la meteorización de las rocas; es decir, la descomposición física y química de estas dan como resultado lo que llamamos suelo.

Los suelos arcillosos conformados en su mayoría por fracciones finas de minerales de arcilla de tamaño menores a 0.002mm (Das, 2013). Los suelos arcillosos cuentan con diferentes propiedades que son de utilidad ingenieril, sin embargo, algunas de estas pueden afectar negativamente el comportamiento para el cual sea requerido. Basándose en los estudios de Karl Terzaghi, se tienen entre las propiedades más importantes:

Plasticidad: Los suelos arcillosos presentan una alta capacidad para deformarse irreversiblemente sin mostrar agrietamiento ni cambios considerables de volumen (MTC, 2013).

Capacidad de retención de agua: Los suelos arcillosos al tener una gran superficie específica y un porcentaje elevado de porosidad presentan una alta capacidad de retención de agua (MTC, 2013).

Hinchamiento: Debido a la alta capacidad de retención de agua, las láminas de las partículas presentes en los suelos arcillosos tienden a separarse generando el hinchamiento (MTC, 2013).

La estabilización de suelos es un proceso que permite el mejoramiento de características que presenta un suelo determinado, siendo manipulados sus índices de plasticidad, resistencias del terreno, entre otros (Sani et al., 2020).

Esta estabilización se utiliza con productos químicos convencionales, en las que, se puede adicionar algún material convencional o nuevo material de adición, con el fin de beneficiar en resistencia, entre otras propiedades mecánicas (Liu, Su, Namdar, Zhou, & She, 2019). Además de ello, se determina que la adición de nuevos materiales para la estabilización puede llenar vacíos dentro del suelo mejorando la estructura del suelo.

La estabilización de suelos es un procedimiento que se encarga de realizar la mejora de las propiedades de los suelos con respecto al tiempo, al influir de manera positiva en estos mismos (Ulate, 2017). El diseño de esta propuesta va a estar en función de la clasificación del suelo, la dosificación de estabilizante para obtener el efecto deseado en los suelos (Bada, 2016).

Esta es una técnica que tiene como fin la generación de modificaciones en las características o propiedades de un suelo, agregando un conglomerante sea cemento, cal u otros materiales que produzcan un efecto específico para su mejora (Becerra y Herrera, 2019).

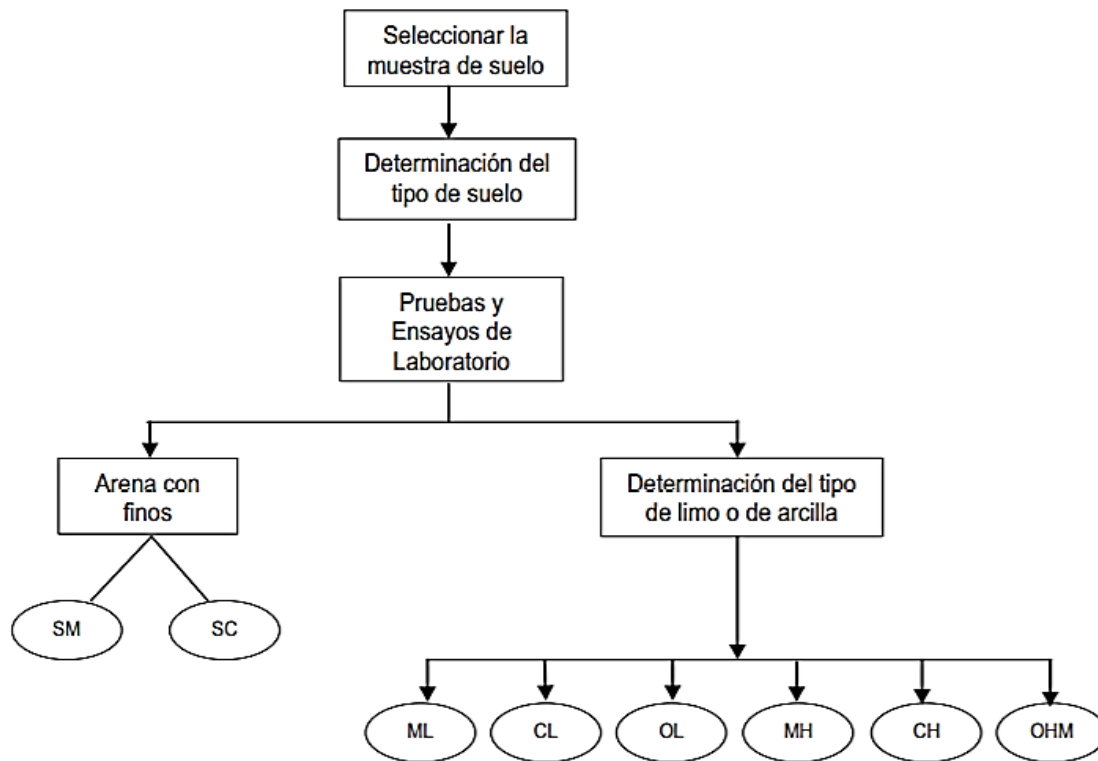
La estabilización permite la mejora de un suelo específico que está relacionado con la adición de materiales o aditivos estabilizadores que permitan influir de manera positiva en el proceso de compactación y así directamente en el control de la calidad de las capas de un suelo (Sani, Yohanna, & Chukwujana, 2020) .

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013), considera relevante detallar los criterios geotécnicos necesarios para llevar a cabo una estabilización. Los criterios determinados son los siguientes:

1. Para suelos que presenten un valor CBR menor al 6%, se considera una subrasante pobre o inadecuada para la construcción (MTC, 2013).
2. La capa de la subrasante sea limosa o arcillosa, presenta una característica que puede perjudicar a las capas granulares del pavimento (MTC, 2013).
3. En caso de tratarse de una subrasante pobre e inadecuada, se requiere 1.00 m. y 1.20 m. respectivamente. A diferencia de tratarse de una subrasante muy buena y buena, se requiere como mínimo 0.60 m. y 0.80 m (MTC, 2013).
4. El tipo de estabilización debe determinarse según el tipo suelo a estabilizar, pueden ser suelos arcillosos, arenas arcillosas o limosas y suelos limosos (MTC, 2013).

Figura 1.

Proceso de identificación de suelos



Fuente: (MTC, 2013)

En cuanto a la estabilización, una subrasante estabilizada es aquel procedimiento esencial o de gran importancia para la construcción de buenas carreteras, existen suelos con naturaleza expansiva con hinchazón, degradando la calidad de los pavimentos (Arrieta et. al, 2020).

La ceniza de cascarilla de arroz, según Castro (2017) afirma que “es el material producto de la incineración de la cascarilla de arroz, considerándose como un residuo

agroindustrial" (p.54). Esta ceniza se encuentra en forma de polvo y parte de esta, se puede evidenciar de manera expulsada en forma de humo.

Según Jafer, Majeed & Dulaimi (2020), realizó un estudio de la composición química de la cascarilla de arroz, obteniendo así SiO₂ en un 84.31%, Al₂O₃ en un 1.33%, Fe₂O₃ en un 1.25%, CaO en un 8.47% y MgO en un 1.18%, entre otros componentes pero en porcentajes mínimos. Debido a su alto contenido de sílice, se considera como material sustituto del cemento.

Asimismo, Anjani, Kumar, & Kishor (2017) afirman que, estas cenizas de CCA presentaron en un 95.6% de sílice, 1.20% de óxido de hierro, 0.30% de óxido de calcio y óxido de aluminio en el mismo porcentaje anterior, y 0.20% de magnesio. En la investigación de Brahmachary, Ahsan, & Rokonzaman (2019) afirman que, la temperatura de calcinación para obtener un residuo agroindustrial de mejor calidad con mayor cantidad de sílice es de 500°C a 700°C.

La ceniza de cascarilla de arroz se puede considerar como un material estabilizador no tradicional, que en bajas dosificaciones permiten reaccionar favorablemente en el comportamiento de un suelo (Ulate, 2017).

Tabla 1
Propiedades de la CCA

Propiedades	Valor
Densidad (kg/m ³)	2665
Masa unitaria compactada (kg/m ³)	452
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	181
Superficie específica (m ³ /kg)	2000

Fuente: (Jittin et al., 2020).

Tabla 2
Composición química de la CCA

Componentes	%
Ceniza de sílice (SiO ₂)	94.10
Oxido de calcio (CaO)	0.55
Oxido de magnesio (MgO)	0.95
Oxido de potasio (K ₂ O)	2.10
Oxido de sodio (Na ₂ O)	0.11
Sulfato	0.06
Cloro	0.05
Oxido de titanio (TiO ₂)	0.05
Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	0.12
Otros componentes	1.82

Fuente: (Jittin et al., 2020).

1.2. Formulación del problema

Ante la problemática presente, se genera la siguiente pregunta de investigación ¿Cómo influye la adición de cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021?, y como problemas específicos a los siguientes puntos:

- ✓ ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca?
- ✓ ¿De qué manera influye la ceniza de cascarilla de arroz en el CBR del suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca?
- ✓ ¿Cuál es el porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz en suelos arcillosos de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca?
- ✓ ¿El suelo arcilloso con adición de cenizas de cascarilla de arroz presenta variaciones en sus propiedades mecánicas con respecto al suelo arcilloso natural?

1.3. Objetivos

Esta propuesta de tesis considera como objetivo general determinar la influencia de la adición de cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021; considerando también una problemática identificada, se puede tomar en cuenta aquellos objetivos específicos a los siguientes:

- ✓ Determinar las propiedades físicas del suelo arcilloso en la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.

- ✓ Determinar cómo influye la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en el CBR del suelo arcilloso en la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.
- ✓ Establecer el porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz en suelos de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.
- ✓ Realizar un análisis comparativo de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso natural y el suelo arcilloso con diferentes adiciones de ceniza de cascarilla de arroz.

1.4. Hipótesis

Mientras que, como hipótesis general, responde a su primera pregunta al siguiente enunciado, como se detalla "Las cenizas de cascarilla de arroz influyen en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021", y como hipótesis específicas a las siguientes:

- ✓ Las propiedades físicas que presentó el suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo corresponde a una clasificación de baja plasticidad.
- ✓ La ceniza de cascarilla de arroz incrementa el CBR del suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo.
- ✓ El porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz es del 7.5% en suelos arcillosos de la carretera Santa Rosa de Combayo.
- ✓ El suelo arcilloso con diferentes adiciones de ceniza de cascarilla de arroz presenta mejoras en sus propiedades mecánicas en relación al suelo arcilloso natural.

1.5. Justificación

Esta investigación se justifica, al necesitar suelos aptos para la construcción que presenten buenas características y propiedades mecánicas con fines de pavimentación, en busca de una vida óptima de servicio. Para llegar a obtener dichos resultados, es necesario cumplir con la normativa existente y vigentes, las cuales nos brindan las especificaciones mínimas que debe cumplir el suelo para ser utilizado como subrasante para una construcción tanto para carreteras como pavimentos.

Además de ello, esta investigación se considera de gran importancia, ya que, existe una gran preocupación debido a la gran cantidad de generación de materiales residuos agroindustriales como la ceniza de cáscara de arroz, no siendo esta ajena a la realidad problemática del país. Por ello, nace la iniciativa de reutilizar estos residuos como adición en suelos para su mejoramiento de sus propiedades mecánicas y de esta manera, proponer una propuesta de solución como alternativa económica y ambiental que permita la mejora de la resistencia en suelos arcillosos mediante la utilización de residuos agroindustriales como la CCA con fines de pavimentación de la Carretera Santa Rosa de Combayo en Cajamarca.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Una investigación de tipo cuantitativa, ya que, se considera este tipo a las investigaciones que permite obtener resultados de grupos representativos de estudio, teniendo en consideración la recolección de datos numéricos mediante experimentos o pruebas. En el caso de la presente propuesta, se sustentó la viabilidad mediante la obtención de las propiedades de los suelos tanto en su estado natural como muestras de suelo modificado por ensayos realizados en laboratorio bajo el cumplimiento de las Normas Técnicas Peruanas vigentes.

Asimismo, se consideró experimental, ya que, en esta investigación manipuló sus variables, al tener como finalidad descubrir el efecto e influencia que presenta la adición de CCA en dosificaciones del 7.5 y 8.5%, en el suelo para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo en Cajamarca. Se debe tener en cuenta que, para la obtención de dichos residuos agroindustriales, se realizó un proceso que inicial desde la cosecha de la cáscara de arroz en los arrozales, hasta su etapa de combustión.

La población considerada en la presente investigación fueron los 10 km que conforman la Carretera Santa Rosa de Combayo, provincia de Cajamarca.

El tipo de muestreo es no probabilístico o intencional, por lo que, el investigador selecciona las cantidades de muestra de estudio a juicio propio y elección a criterio del mismo. Por lo tanto, se consideró como muestra de estudio a 1 km de todo el tramo de la carretera en mención. Según el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013, pág. 28) , la cantidad de calicatas requeridas por cada kilómetro de estudio depende del IMDA de la vía,

para este caso su IMDA es 60 veh/día (**ANEXO N°3**), es decir menor a 200 veh/día de bajo volumen de tránsito, por lo que se consideró el mínimo valor de requerimiento según norma de realizar una sola calicata con denominación de "C-01" con una profundidad de 1.80 m con respecto al nivel de la subrasante; cumpliendo con ser mayor a la profundidad mínimo de 1.50 m requerida, localizada en coordenadas UTM 775,613.72E y 9,210,927.18N.

El método de análisis de datos es descriptivo, ya que, se basa en realizar la caracterización de las muestras de estudio.

Para la recopilación de información, fue necesario considerar las siguientes técnicas e instrumentos:

Tabla 3

Técnicas e instrumentos para recopilación de datos

Técnicas	Instrumentos
Observación	Ficha de observación
Ensayos de laboratorio	Fichas de laboratorio de cada ensayo normado.
- Análisis granulométrico: N.T.P 339.128.	
- Límites de Atterberg: N.T.P 339.129.	Instrumentos y herramientas para cada ensayo (balanza, tamices, recipientes, probetas, etc) *
- Contenido de humedad: N.T.P 339.127.	
- Proctor modificado: N.T.P 399.141.	
- C.B.R: N.T.P 399.145.	
Análisis de contenido	Ficha bibliográfica

Fuente: Elaboración propia.

(*) Para ello, se detalla cada instrumento o herramienta que fue necesario utilizar para el cumplimiento de las Normas Técnicas Peruanas.

Análisis granulométrico

1. Balanza.
2. Horno.
3. Tamices de malla cuadrada.
4. Bandejas, cepillos.

Límites de Atterberg

1. Recipientes.
2. Tamiz N°40.
3. Balanza.
4. Copa de Casagrande.
5. Placa de vidrio esmerilado.
6. Espátula de hoja flexible.
7. Pipeta con agua.
8. Horno de secado.

Contenido de humedad

1. Balanza.
2. Bandejas.
3. Cepillos.
4. Homo.

Proctor modificado

1. Pisón o Martillo.
2. Tamices de 3/4", 3/8" y N°4.
3. Molde de 4" o 6".
4. Regla metálica rígida.
5. Balanza.
6. Horno de Secado.

California Bearing Ratio

1. Molde de metal cilíndrico
2. Una placa de metal perforada.
3. Tanque de agua.
4. Prensa de compresión.
5. Pisón de compactación.
6. Tamices.
7. Pistón de penetración metálico de sección transversal circular.
8. Espátula y enrasador.
9. Papel filtro.
10. Horno de secado

Dentro de los procedimientos de la presente investigación, se consideraron específicas lo siguiente:

1. Recopilación y revisión de la normativa de laboratorio que se encuentre vigente, relacionada a las Normas Técnicas Peruanas de Suelos.

2. Realizar una inspección de la carretera a nivel general con el fin de realizar un reconocimiento de terreno.
3. Selección de la muestra de estudio, dentro del total de longitud de la carretera.
4. Elección del lugar de extracción de calicatas en la zona de estudio.
5. Obtención de la muestra de suelo natural elegido para su respectiva evaluación.
6. Transporte del material en bolsas herméticas y de manera adecuada de las muestras a laboratorio.
7. Se realiza el estudio de las propiedades físicas del suelo como el análisis granulométrico de muestra patrón y muestra modificada bajo la normativa vigente N.T.P 339.128 para su clasificación según SUCS y AASHTO. Asimismo, se realiza el ensayo del contenido de humedad bajo la N.T.P 339.127 y los límites de Atterberg bajo la N.T.P 339.129
8. Se realiza la obtención de las propiedades mecánicas del suelo con y sin adición de ceniza de cascara de arroz como proctor modificado bajo la N.T.P 399.141 y el ensayo C.B.R bajo el cumplimiento de la N.T.P 399.145.
9. Se realiza el análisis e interpretación de todos los resultados considerados para obtener las propiedades tanto físicas y mecánicas comparadas de las muestras de suelo natural y muestras de suelo modificada con ceniza de cáscara de arroz. De esta manera, con el análisis del C.B.R se podrá comprobar si ha logrado estabilizar dicho material, mediante el mejoramiento de sus propiedades mecánicas.
10. Se procesan los resultados obtenidos en laboratorio, con el fin de analizar e interpretar estos mismos.
11. Redacción de los resultados y desarrollar la discusión de los resultados propios de la investigación frente a resultados de otras tesis o artículos.

12. Finalmente, se redactan conclusiones y recomendaciones con la finalidad de obtener los resultados más resaltantes, obteniendo así la dosificación óptima de adición de ceniza de cáscara de arroz en suelos para subrasante en carreteras.

La validez y confiabilidad de la información obtenida en esta investigación, se realiza un juicio de expertos, quienes son especialistas en el área dentro de la carrera profesional de Ingeniería Civil, para la verificación de todos los datos obtenidos junto a su correcto procesamiento. En el caso específicamente de validez, se encarga de evaluar los resultados obtenidos y la confiabilidad de los errores cometidos en las mediciones u obtención de los resultados de la investigación.

Después de haber realizado la aplicación de cada ensayo normado, cumpliendo con sus especificaciones en procedimiento de laboratorio, se procedió a organizar toda la información en Microsoft Office Excel, con el fin de elaborar tablas y gráficos que permitan la descripción de manera detallada. Finalmente, para la redacción del informe en general, será necesario utilizar el paquete de Microsoft Office Word y Microsoft Office Power Point.

En la presente investigación recaen en los valores del investigador hacia lo desarrollado en busca de obtener la información sin alteración alguna para brindar un aporte eficiente y real para la sociedad. Para esta investigación también fue necesario citar algunos autores que cuentan con información relevante y sirven de guía para la investigación, por lo que, ha sido necesario citar a cada uno de manera correcta, sin alterar sus datos originales de cada aporte. De la misma forma, se ha cumplido con las políticas antiplagio que nos solicita la Universidad Privada del Norte, con el fin que, este trabajo sea académicamente aceptable. Para el buen desarrollo de una investigación única y confiable, es importante considerar el

respeto de las normativas de citado internacional como normas APA, la cual protege la información de otras investigaciones, con el fin de rescatar opiniones importantes sin tomarlo como información propia.

Asimismo, en el aspecto técnico, se ha llevado a cabo un cumplimiento de toda la normativa existente en cada ensayo realizado, respetando sus procedimientos y cálculos detallados para la obtención de información totalmente válida, por ello, es importante mencionar aquellas Normas Técnicas Peruanas, de las cuales serán cumplidas en su totalidad para la correcta obtención de datos, para el análisis granulométrico bajo la N.T.P 339.128., el contenido de humedad bajo la N.T.P 339.127, los límites de Atterberg bajo la N.T.P 339.129, así como proctor modificado bajo la N.T.P 399.141 y finalmente el ensayo C.B.R bajo el cumplimiento de la N.T.P 399.145.

Finalmente, sin dejar de lado el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú, quienes toman como principios fundamentales necesarios para cada profesional, como la lealtad, la honestidad, honor profesional, responsabilidad, respeto y justicia, las cuales son principios que serán aplicados por el investigador en el desarrollo de la presente propuesta de tesis.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados de las propiedades físicas del suelo en su estado natural y con adición de CCA

Se realizó la calicata C-01 con una localización con coordenadas UTM 775,613.72E y 9,210,927.18N de la carretera Santa Rosa de Combayo en Cajamarca. Por lo que, se realizó la obtención de su muestra de manera cuidadosa, así como su transporte en laboratorio de manera adecuada para la obtención de sus propiedades reales de esta misma.

De esta manera, se procedió a realizar su ensayo de granulometría según la normativa ASTM D 422 / C136, para la obtención de su clasificación según AASHTO y según SUCS, como se muestra en la siguiente tabla, son los pesos retenidos acumulados en laboratorio por cada tamiz considerado para el ensayo, así como el cálculo de sus porcentajes retenidos y que pasa.

-Granulometría y Clasificación del suelo

-Suelo patrón

Tabla 4

Características granulométricas de la muestra de suelo en estado natural.

Tamaño Tamiz	Peso Acumulado	Reten. % Retenido	% Pasa
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
1/4"	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.0	0.0	100.0
No. 8			
No. 10	4.70	1.4	98.6
No. 16	10.54	3.1	96.9
No. 20	14.07	4.1	95.9
No. 30	26.36	7.6	92.4
No. 40	54.14	15.7	84.3
No. 50	55.17	16.0	84.0
No. 60	56.41	16.3	83.7
No. 100	88.80	25.7	74.3
No. 140	101.39	29.3	70.7
No. 200	113.98	33.0	67.0
Platillo	114.06		

Fuente. Pesos y porcentajes retenidos en cada tamiz granulométrico. Elaboración propia, 2021.

En el anexo N° 04 en el formato de laboratorio 1, se puede visualizar la curva granulométrica de la muestra del suelo C-01, identificando el tipo de suelo según su porcentaje que pasa por cada tamiz durante su evaluación granulométrica. Con ello, se puede

evidenciar; en la tabla N° 05, la caracterización granulométrica de la muestra del suelo en porcentajes.

Tabla 5

Porcentaje de la muestra de suelo C-01.

Descripción	Porcentaje
Grava	0.00 %
Arena	33.00 %
Finos	67.00 %

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Esta misma muestra de suelo ha sido determinada una clasificación según SUCS y según clasificación AASHTO, considerándose de manera general como un suelo arcilloso.

Tabla 6

Características de la muestra de suelo C-01.

Características de la muestra de suelo C-01	
Color	Marrón
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)
Tipo de suelo	Arcilla de baja plasticidad

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Por ello, a continuación, se puede visualizar el perfil estratigráfico, donde se evidenció los porcentajes de grava, arena y finos que fue estimado de manera visual. Asimismo, se identificó tratarse de presentar una plasticidad “baja”.

Figura 2.

Perfil estratigráfico del suelo

Estimación Visual										
PROF. (m)	MUESTRA No.	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	% SOBRETAMAÑO ¹	% GRAVA ²	% ARENA ²	% FINOS ²	COLOR	CONSISTENCIA ³ O CEMENTACIÓN ⁴	PLASTICIDAD (np, l, m, h)	OTRAS PRUEBAS ⁵
0.0		MATERIAL ORGANICO								
1.0		MATERIAL ARCILLOSO GRAVOSO								
		Arcilla de plasticidad bajaa (CL), en un 0.0% grava, arena 33%, finos 67%, no presenta bolonería, material de color marron	0.0 %	0 %	33 %	67 %	MARRON		BAJA	

Fuente. Elaboración propia, 2021.

-Suelo patrón+7.5% CCA

Tabla 7

Características granulométricas de la muestra de suelo C-01+7.5% CCA.

Tamaño Tamiz	Peso Acumulado	Reten. % Retenido	% Pasa
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
1/4"	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.0	0.0	100.0
No. 8			
No. 10	4.54	1.3	98.7
No. 16	11.14	3.2	96.8
No. 20	14.24	4.1	95.9
No. 30	26.54	7.7	92.3
No. 40	56.24	16.3	83.7
No. 50	57.12	16.5	83.5
No. 60	58.12	16.8	83.2
No. 100	89.54	25.9	74.1
No. 140	101.12	29.3	70.7
No. 200	114.50	32.8	67.2
Platillo	116.90		

Fuente. Pesos y porcentajes retenidos en cada tamiz granulométrico. Elaboración propia, 2021.

En el anexo N° 04 en el formato de laboratorio 2, se puede visualizar la curva granulométrica de la muestra del suelo C-01 + 7.5%CCA, identificando el tipo de suelo según su porcentaje que pasa por cada tamiz durante su evaluación granulométrica. Con ello, se puede evidenciar; en la tabla N° 08, la caracterización granulométrica de la muestra del suelo en porcentajes.

Tabla 8

Porcentaje de la muestra de suelo C-01 +7.5% CCA.

Descripción	Porcentaje
Grava	0.00 %
Arena	32.8 %
Finos	67.2 %

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Esta misma muestra de suelo ha sido determinada una clasificación según SUCS y según clasificación AASHTO, considerándose de manera general como un suelo arcilloso.

Tabla 9

Características de la muestra de suelo C-01+7.5% CCA.

Características de la muestra de suelo C-01	
Color	Marrón
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)
Tipo de suelo	Arcilla de baja plasticidad

Fuente. Elaboración propia, 2021.

-Suelo patrón+8.5% CCA

Tabla 10

Características granulométricas de la muestra de suelo C-01+8.5% CCA.

Tamaño Tamiz	Peso Acumulado	Reten. % Retenido	% Pasa
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
1/4"	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.0	0.0	100.0
No. 8			
No. 10	4.95	1.4	98.6
No. 16	11.12	3.2	96.8
No. 20	14.20	4.1	95.9
No. 30	26.50	7.7	92.3
No. 40	55.56	16.1	83.9
No. 50	56.02	16.2	83.8
No. 60	56.85	16.5	83.5
No. 100	89.45	25.9	74.1
No. 140	101.85	29.5	70.5
No. 200	112.95	32.7	67.3
Platillo	112.98		

Fuente. Pesos y porcentajes retenidos en cada tamiz granulométrico. Elaboración propia, 2021.

En el anexo N° 04 en el formato de laboratorio 3, se puede visualizar la curva granulométrica de la muestra del suelo C-01 + 8.5% CCA, identificando el tipo de suelo según su porcentaje que pasa por cada tamiz durante su evaluación granulométrica. Con ello, se puede evidenciar; en la tabla N° 11, la caracterización granulométrica de la muestra del suelo en porcentajes.

Tabla 11

Porcentaje de la muestra de suelo C-01 +8.5% CCA.

Descripción	Porcentaje
Grava	0.00 %
Arena	32.7 %
Finos	67.3 %

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Esta misma muestra de suelo ha sido determinada una clasificación según SUCS y según clasificación AASHTO, considerándose de manera general como un suelo arcilloso.

Tabla 12

Características de la muestra de suelo C-01+8.5% CCA.

Características de la muestra de suelo C-01	
Color	Marrón
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (12)
Tipo de suelo	Arcilla de baja plasticidad

Fuente. Elaboración propia, 2021.

-Límites de consistencia

En cuanto a los límites de consistencia o límites de Atterberg para tres muestras diferentes de estudio de la calicata C-01 realizada en la carretera Santa Rosa, bajo el

cumplimiento de la normativa ASTM D 4318, obteniendo los siguientes valores que permite la obtención de su índice de plasticidad, obteniendo su límite líquido y límite plástico.

-Suelo patrón

Tabla 13

Límite líquido y plástico del suelo patrón.

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
LÍMITE LÍQUIDO			
Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	15	25	35
RECIPIENTE No	MT-01	MT-02	MT-03
Pr + Ph	64.74	66.30	70.41
Pr + Ps	59.19	61.39	63.84
P. AGUA	5.55	4.91	6.57
Pr	46.37	49.71	47.65
Ps	12.82	11.68	16.19
% DE HUMEDAD	43.29	42.04	40.58
LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No	MT-01	MT-02	MT-03
Pr + Ph	27.33	27.16	27.13
Pr + Ps	26.43	26.25	26.42
P. AGUA	0.90	0.91	0.71
Pr	22.13	21.88	22.29
Ps	4.30	4.37	4.13
% DE HUMEDAD	20.93	20.82	17.19
Promedio		19.6%	

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Sin embargo, a continuación, se especifica los límites promedios tanto líquido y plástico, para así obtener su índice de plasticidad, con la diferencia del límite líquido (LL) con el límite plástico (LP).

Tabla 14

Índice de plasticidad del suelo patrón.

Descripción	Valor
<i>Límite líquido %</i>	<i>41.90 %</i>
<i>Límite plástico %</i>	<i>19.60 %</i>
<i>Índice de plasticidad %</i>	<i>22.30 %</i>

Fuente. Elaboración propia, 2021.

En el anexo N° 04 en el formato del laboratorio 4, se realizó el diagrama de fluidez o de consistencia con la finalidad de identificar su comportamiento en cuanto a su consistencia.

-Suelo patrón +7.5% CCA

Tabla 15

Límite líquido y plástico del suelo patrón +7.5% CCA.

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
LÍMITE LÍQUIDO			
Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	15	25	35
RECIPIENTE No	MT-01	MT-02	MT-03
Pr + Ph	65.13	66.42	70.50
Pr + Ps	59.33	61.37	63.81
P. AGUA	5.80	5.05	6.69
Pr	46.50	49.75	47.68
Ps	12.83	11.62	16.13
% DE HUMEDAD	45.21	43.46	41.48
LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No	MT-01	MT-02	MT-03
Pr + Ph	27.15	27.60	27.13
Pr + Ps	26.22	26.61	26.19
P. AGUA	0.93	0.99	0.94
Pr	22.02	21.20	21.9
Ps	4.20	5.41	4.29
% DE HUMEDAD	22.14	18.30	21.91
Promedio		20.8%	

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Sin embargo, a continuación, se especifica los límites promedios tanto líquido y plástico, para así obtener su índice de plasticidad, con la diferencia del límite líquido (LL) con el límite plástico (LP).

Tabla 16

Índice de plasticidad del suelo patrón +7.5%CCA.

Descripción	Valor
<i>Límite líquido %</i>	<i>43.20 %</i>
<i>Límite plástico %</i>	<i>20.80 %</i>
<i>Índice de plasticidad %</i>	<i>22.40 %</i>

Fuente. Elaboración propia, 2021.

En el anexo N°4 en el formato del laboratorio 5, se realizó el diagrama de fluidez o de consistencia con la finalidad de identificar su comportamiento en cuanto a su consistencia.

-Suelo patrón +8.5% CCA

Tabla 17

Límite líquido y plástico del suelo patrón +8.5% CCA.

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
LÍMITE LÍQUIDO			
Muestra o ensayo	1	2	3
No DE GOLPES	15	25	35
RECIPIENTE No	MT-01	MT-02	MT-03
Pr + Ph	64.13	63.42	68.49
Pr + Ps	58.31	58.34	61.81
P. AGUA	5.82	5.08	6.68
Pr	45.49	46.72	45.66
Ps	12.82	11.62	16.15
% DE HUMEDAD	45.40	43.72	41.36
LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE No	MT-01	MT-02	MT-03
Pr + Ph	26.13	25.59	26.1
Pr + Ps	25.21	24.63	25.08
P. AGUA	0.92	0.96	1.02
Pr	21.00	19.19	20.60
Ps	4.21	5.44	4.48
% DE HUMEDAD	21.85	17.65	22.77
Promedio		20.8%	

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Sin embargo, a continuación, se especifica los límites promedios tanto líquido y plástico, para así obtener su índice de plasticidad, con la diferencia del límite líquido (LL) con el límite plástico (LP).

Tabla 18

Índice de plasticidad del suelo patrón +8.5%CCA.

Descripción	Valor
<i>Límite líquido %</i>	<i>43.30 %</i>
<i>Límite plástico %</i>	<i>20.80 %</i>
<i>Índice de plasticidad %</i>	<i>22.50 %</i>

Fuente. Elaboración propia, 2021.

En el anexo N°4 en el formato de laboratorio 6, se realizó el diagrama de fluidez o de consistencia con la finalidad de identificar su comportamiento en cuanto a su consistencia.

-Contenido de Humedad

Se realizó el ensayo de contenido de humedad mediante la normativa N.T.P ASTM D 4643 / D 2216, para la obtención del porcentaje de contenido de humedad, presentado así un valor promedio de 16.72% para el suelo patrón.

Tabla 19

Contenido de humedad de la muestra de suelo C-01.

Muestra o ensayo	1	2	3	4	5
RECIPIENTE No	M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Pr + Ph A	350.17	363.04	384.36	335.57	535.76
Pr + Ps B	309.87	316.65	334.02	394.26	308.63
Pr C	43.76	38.10	37.89	38.51	37.61
P. agua D					
	40.30	46.39	50.34	50.34	45.13
= A - B					
Ps					
	266.11	278.55	296.13	278.55	271.02
E = B - C					
% humedad (D/E)					
	15.14	16.65	17.00	18.07	16.65
* 100					
% humedad promedio			16.72 %		

Fuente. Elaboración propia, 2021.

3.2. Resultados de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso con adición de CCA

Se realizó la evaluación de las propiedades mecánicas como Proctor modificado y CBR del suelo arcillosos natural y suelo arcilloso con adición de 7.5% CCA y 8.5% CCA.

3.2.1. Suelo arcilloso patrón

Se realizó el proctor modificado según normativa vigente ASTM D 653, para la obtención de su máxima densidad seca y su contenido óptimo de humedad de la muestra patrón de suelo arcilloso, obteniendo así valores de 1.760 gr/cm^3 y 11.60% respectivamente.

Tabla 20

Resultados de proctor modificado de la muestra de suelo C-01.

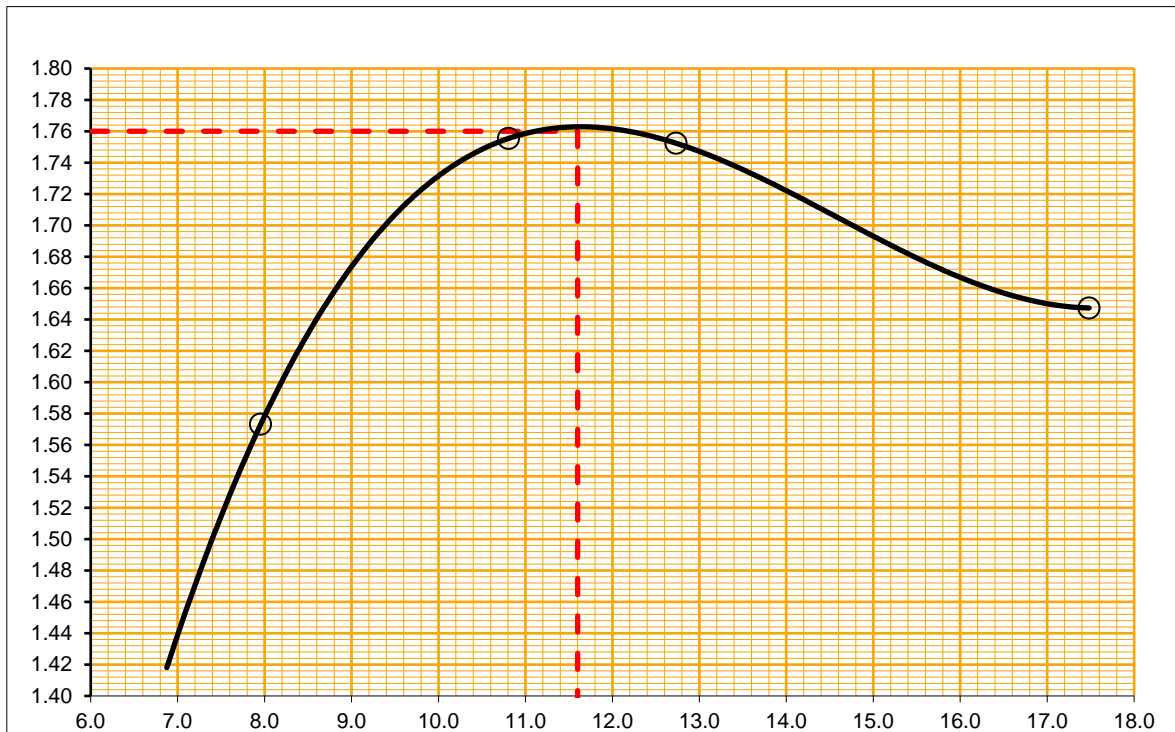
Descripción	Valor
Máxima densidad seca (gr/cm^3)	1.760
Contenido de humedad óptimo (%)	11.60

Fuente. Elaboración propia, 2021.

A continuación, se podrá visualizar la curva del proctor modificado de la muestra de suelo en su estado natural denominado "patrón", la cual relaciona mediante una curva la máxima densidad seca obtenida de 1.76 gr/cm^3 y su contenido de humedad óptimo de 11.60% .

Figura 3.

Curva de proctor modificado de muestra patrón



Fuente. Elaboración propia, 2021.

Mientras que, para el ensayo de California Bearing Ratio (CBR), se realizó bajo la normativa vigente ASTM D1883, obteniendo así sus densidades y C.B.R para el 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S, obteniendo así los siguientes resultados.

De esta manera, para la muestra de suelo en su estado natural sin adición de ceniza de cascarilla de arroz, se logró obtener un CBR al 100% de la MDS, un valor de 10.00% y 16.40% como CBR al 95% de la MDS.

Tabla 21

Resultados CBR de la muestra de suelo C-01.

Descripción	Valor
CBR al 100% de la MDS	10.00%
CBR al 95% de la MDS	16.40%

Fuente. Elaboración propia, 2021.

3.2.2. Suelo arcilloso + 7.5% CCA

Se realizó el proctor modificado según normativa vigente ASTM D 653, para la obtención de su máxima densidad seca y su contenido óptimo de humedad de la muestra de suelo de suelo arcilloso con adición 7.5% de ceniza de cascarilla de arroz, obteniendo así valores de 1.628 gr/cm³ y 13.30% respectivamente.

Tabla 22

Resultados de proctor modificado del suelo+ 7.5% CCA.

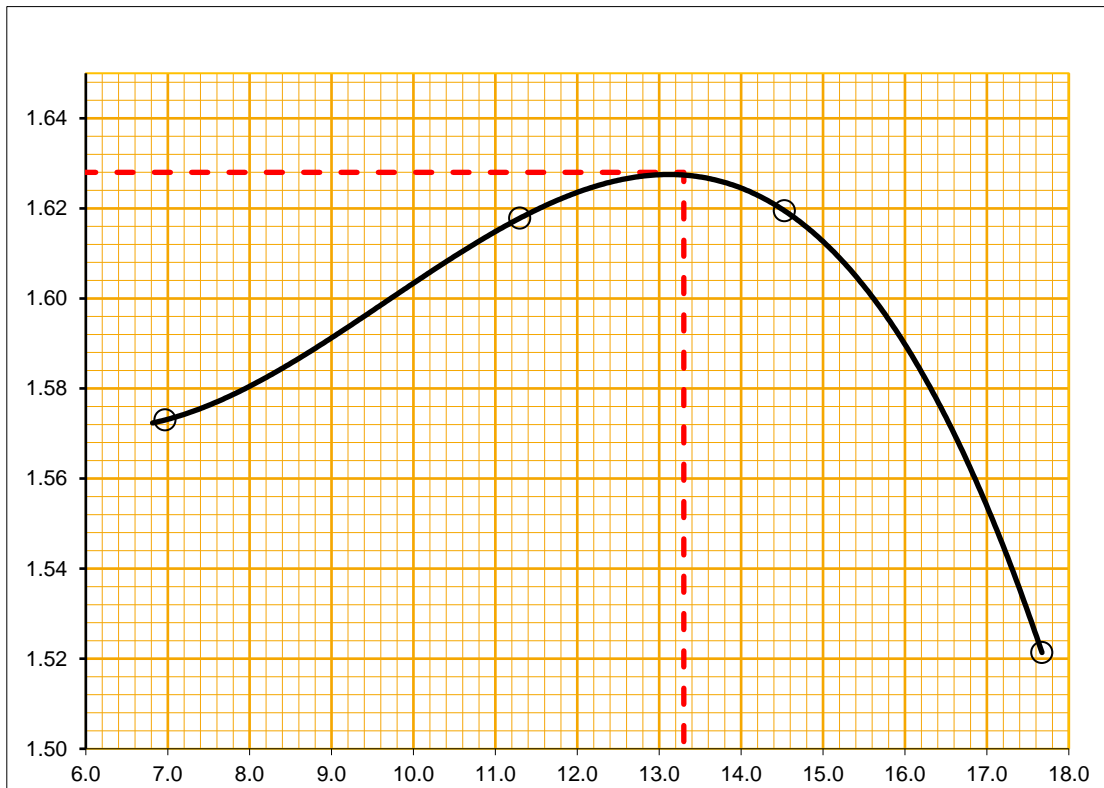
Descripción	Valor
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.628
Contenido de humedad óptimo (%)	13.30

Fuente. Elaboración propia, 2021.

A continuación, se podrá visualizar la curva del proctor modificado de la muestra de suelo en su estado natural con adición de 7.5% CCA, la cual relaciona mediante una curva la máxima densidad seca obtenida de 1.628 gr/cm³ y su contenido de humedad óptimo de 13.30%.

Figura 4.

Curva de proctor modificado de muestra suelo + 7.5% CCA



Fuente. Elaboración propia, 2021.

Asimismo, se realizó el ensayo de CBR para la muestra de suelo en su estado natural con adición de 7.5% de ceniza de cascarilla de arroz sin adición de ceniza de cascarilla de arroz, se logró obtener un CBR al 100% de la MDS, un valor de 22.00% y 36.00% como CBR al 95% de la MDS.

Tabla 23

Resultados CBR del suelo+ 7.5% CCA.

Descripción	Valor
CBR al 100% de la MDS	22.00%
CBR al 95% de la MDS	36.00%

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Como se puede visualizar a continuación en la siguiente figura, se muestra la relación de la densidad seca con el CBR obtenido para la misma muestra de estudio.

3.2.3. Suelo arcilloso + 8.5% CCA

Se realizó el proctor modificado según normativa vigente ASTM D 653, para la obtención de su máxima densidad seca y su contenido óptimo de humedad de la muestra de suelo de suelo arcilloso con adición 8.5% de ceniza de cascarilla de arroz, obteniendo así valores de 1.598 gr/m³ y 15.50% *respectivamente*.

Tabla 24

Resultados de proctor modificado del suelo+ 8.5% CCA.

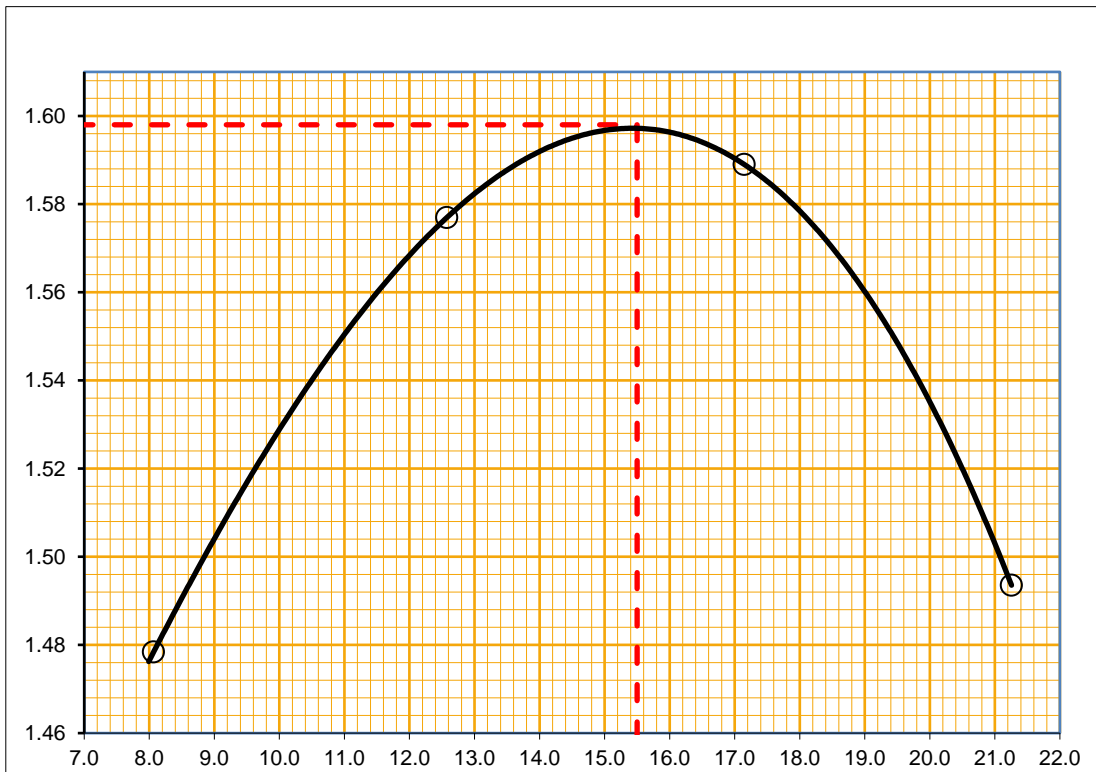
Descripción	Valor
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.598
Contenido de humedad óptimo (%)	15.50

Fuente. Elaboración propia, 2021.

A continuación, se podrá visualizar la curva del proctor modificado de la muestra de suelo en su estado natural con adición de 8.5% CCA, la cual relaciona mediante una curva la máxima densidad seca obtenida de 1.598 gr/m³ y su contenido de humedad óptimo de 15.50%

Figura 5.

Curva de proctor modificado de muestra suelo + 8.5% CCA



Fuente. Elaboración propia, 2021.

Asimismo, se realizó el ensayo de CBR para la muestra de suelo en su estado natural con adición de 8.5% de ceniza de cascarilla de arroz sin adición de ceniza de cascarilla de arroz, se logró obtener un CBR al 100% de la MDS, un valor de 19.00% y 34.00% como CBR al 95% de la MDS.

Tabla 25

Resultados CBR del suelo+ 8.5% CCA.

Descripción	Valor
CBR al 100% de la MDS	19.00%
CBR al 95% de la MDS	34.00%

Fuente. Elaboración propia, 2021.

Como se puede visualizar a continuación en la siguiente figura, se muestra la relación de la densidad seca con el CBR obtenido para la misma muestra de estudio.

3.3. Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del suelo sin y con adición de CCA.

A continuación, se podrá visualizar los resultados que se obtuvieron de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos con adición de ceniza de cascarilla de arroz frente a las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos en su estado natural.

Tabla 26

Resultados de propiedades mecánicas de las muestras de estudio.

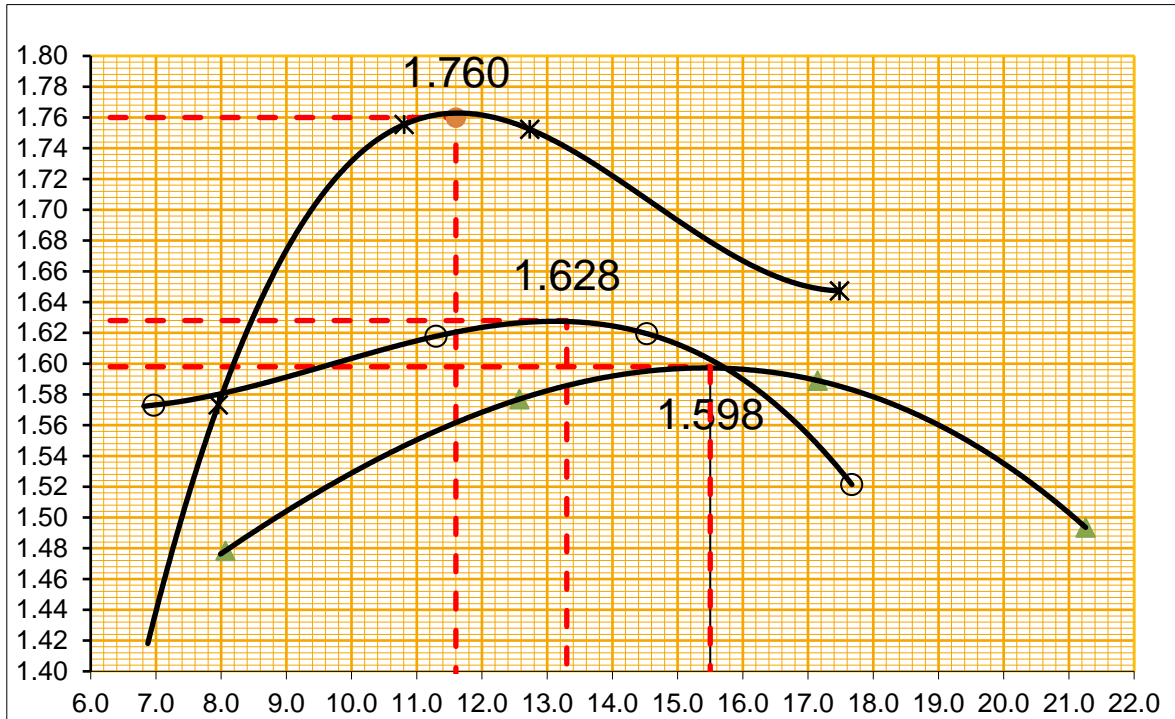
Descripción	Suelo natural	Suelo + 7.5%	Suelo+ 8.5%
		CCA	CCA
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.760	1.628	1.598
Contenido de humedad óptimo (%)	11.60	13.30	15.50
CBR al 100% de la MDS (%)	11.00%	22.00%	19.00%
CBR al 95% de la MDS (%)	16.40%	36.00%	34.00%

Fuente. Elaboración propia, 2021.

En la tabla anterior, se puede evidenciar que la adición de ceniza de cascarilla de arroz reduce la máxima densidad seca a mayor incremento de este residuo agroindustrial, mientras que en cuanto a su contenido de humedad óptimo incrementa a la adición de ceniza de cascarilla de arroz. Asimismo, en cuanto a su CBR, se evidencia un incremento significativo en su adición de ceniza, determinando así que el porcentaje de adición óptimo fue del 7.5% de ceniza de cascarilla de arroz en el suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo en Cajamarca.

Figura 6.

Consolidado de Curvas de Compactación



Fuente. Elaboración propia, 2021.

Determinación del espesor capa de afirmado (Método NAASRA)

Para el dimensionamiento del espesor de la capa de afirmado se adoptó como representativa la ecuación del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTRROADS) que relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado, expresada en número de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

e= Espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR= Valor del CBR de la subrasante.

Nrep= Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

-Utilizando los parámetros:

CBR (95%) para dosificación de 7.5 % CCA = 36.00 %

Nrep = 300,000 EE

-Tenemos un espesor de pavimento:

Valor teórico

$e = 105.70 \text{ mm} = 10.57 \text{ cm}$

Valor práctico: **e = 15 cm**

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Mediante el desarrollo de la presente investigación se pudo comprobar que las cenizas de cascarilla de arroz influyen las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para la pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021; por el hecho de que se encontraron mejoras con las dosificaciones empleadas en relación con la muestra en estado natural sin adiciones. En cuanto a las limitaciones, esta investigación se hizo solamente con dos porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz, por motivo de distancia para poder conseguir dicha ceniza, también por motivo de que la empresa no vende en pequeñas cantidades. En el caso de la realización de la calicata hubo inconvenientes por motivos de las lluvias presentes. Por motivo de emergencia sanitaria se hizo difícil conseguir el laboratorio ya que por un alto índice de contagios no contábamos con la disponibilidad de laboratorios de la universidad, es por ello, que opté por un laboratorio particular. Otra limitación resaltante fue la accesibilidad a la ceniza de cascarilla de arroz en la ciudad de Cajamarca, por ello, se contó solo con una cantidad limitada de ceniza de cascarilla de arroz, siendo así utilizado solo para dos muestras de adición como 7.5% y 8.5%.

Para verificar lo anteriormente mencionado, se realizó el estudio de las propiedades físicas de suelos arcillosos proveniente de la carretera Santa Rosa de Combayo en Cajamarca en función de las muestras de suelo en su estado natural y con adición de CCA. Para el suelo natural, de la calicata-01, se identificó 0% de grava, 33% de arena y 67% de finos, clasificándose como un material arcilloso de plasticidad baja, según SUCS como un suelo

CL y según AASHTO como un suelo A-7-6 (12). Asimismo, se obtuvo un contenido de humedad promedio de 16.72%, un límite líquido de 41.90%, un límite plástico de 19.60% y un índice de plasticidad de 22.25%. Con respecto a las muestras adicionadas con CCA, se obtuvieron valores prácticamente idénticos que la muestra natural, dado que la clasificación tanto para SUCS y AASHTO fue la misma, así como el contenido de humedad; diferenciándose en una proporción menor con respecto a los límites de consistencia, dado que se obtuvieron 43.20 y 43.30% de límites líquidos. 20.80% de límite plástico para ambos y 22.40 y 22.50% como índice de plasticidad para 7.5% y 8.5% de adición respectivamente. En relación a ello, Mohd et al. (2020), concuerda con lo obtenido, dado determinaron un contenido de humedad del 16%, un índice de plasticidad de 19.06%, clasificación de tipo de suelo arcilloso, un CBR superior, al sentido de duplicar el obtenido inicialmente, considerando el CCA como estabilizante. Asimismo, Anjani (2017) obtuvo un suelo de estudio tipo arcilla plástica intermedia que permite la reducción de su densidad seca e incremento del contenido óptimo de humedad. Con ello se puede evidenciar que en las investigaciones se trabajó con un suelo natural con propiedades similares, al obtener un contenido de humedad e índice de plasticidad similar, tratándose así de un suelo arcilloso, en el cual se obtuvo resultados para el CBR pasando de 7.5% hasta 17.55%, 13.49% y 11.17% en sus ensayos, para todos los casos el resultado es considerablemente positivo. La misma deducción presenta Setyo y Hantoro (2016), donde delimita que hay mejoras ascendentes con el CBR hasta el incremento del 10% de CCA, ya que obtuvo 3.03% para la muestra guía, 6.39% para el 7.5% de adición de CCA, 5.18% para el 10% de adición de CCA y 5.86% para el 12.5% de adición de CCA.

Se evidencia mejoras en el suelo natural dado a que, por los resultados de la muestra

natural, adición del 7.5% y 8.5% se obtuvo en contenido de humedad valores de 11.6%, 13.3% y 15.5% respectivamente, deduciendo un incrementa mínimo, mientras que para su máxima densidad seca se afirma que disminuye porque se obtuvo 1.75 gr/cm³, 1.628 gr/cm³ y 1.598 gr/cm³ respectivamente. Para Cajaleon y Mondragón (2018), la conclusión es favorable obteniendo resultados para el índice de plasticidad de 13%, contenido de humedad de 9.4% y una máxima densidad seca del terreno de 2.006 gr/cm³, así mismo según Sarapu (2017), el suelo en su estado natural obtuvo un contenido máximo de humedad de 18.38% antes de su estabilización, este contenido de humedad óptima incrementa al aumentar el contenido de ceniza de cáscara de arroz, mientras su densidad máxima seca disminuye. En relación al CBR, esta investigación considera como muestra en su estado natural que se alcanzó un valor al 100% y al 95% de su MDS, obteniendo valores de 11% y 16.40% con un valor de su máxima densidad seca de 1.628 gr/cm³ y el contenido de humedad de 13.30%, y para la muestra con 7.5% CCA se obtuvieron valores de 22% y 36% para cada CBR realizado. Finalmente, para el suelo con 8.5% CCA logró alcanzar un CBR de 19% y 34% respectivamente para un CBR al 100% y al 95%. De esta manera, se evidencia el incremento de CBR de la muestra con adición de 7.5% de CCA es mayor a la muestra de suelo convencional, logrando así evidenciar una diferencia de 19.60%.

Asimismo, se logra identificar que la adición de ceniza de cascarilla de arroz logra un incremento de su capacidad de soporte CBR en las muestras de suelo arcilloso, determinando así un porcentaje óptimo de adición del 7.5%. Mientras que, Montejo, Raymundo y Chávez (2020) afirman que, la dosificación del 7% de ceniza de cáscara de arroz, incrementaron su capacidad de soporte CBR, al evidenciar la muestra de suelo natural con un CBR de 2.85%, con la adición de CCA se logró obtener un valor de 7.8% respectivamente.

Tal como se ha mencionado, el suelo arcilloso con diferentes adiciones de cascarilla de arroz presenta mejoras en sus propiedades mecánicas en relación al suelo arcilloso natural dado que se ha demostrado que el CBR de las adiciones es muy superior al obtenido con la muestra natural, llegando a obtener un espesor de capa de afirmado por el método NAASRA de 150 mm (15cm) por medio de la relación de dicho valor del CBR al 95% de la máxima densidad seca de la dosificación que más óptima resultó, la cual fue la de 7.5% de CCA y del número de repeticiones expresada en ejes equivalentes.

4.2. Conclusiones

- ✓ El desarrollo de la presente investigación permitió comprobar que las cenizas de cascarilla de arroz influyen las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021; por el hecho de que se encontraron mejoras con las dosificaciones empleadas en relación con la muestra en estado natural sin adiciones.
- ✓ El suelo natural obtenido de la calicata-01 con una localización con coordenadas UTM 775,613.72E y 9,210,927.18N de la carretera Santa Rosa de Combayo en Cajamarca, se obtuvo de su ensayo granulométrico, se identificó un suelo con 0% de grava, 33% de arena y 67% de finos, clasificándose como un material arcilloso de plasticidad baja, según SUCS como un suelo CL y según AASHTO como un suelo A-7-6 (12). Asimismo, se obtuvo un contenido de humedad promedio de 16.72%, un límite líquido de 41.90%, un límite plástico de 19.60% y un índice de plasticidad de 22.25%. Con respecto a las muestras adicionadas con CCA, se obtuvieron valores prácticamente idénticos que la muestra natural, dado que la clasificación tanto para SUCS y AASHTO

fue la misma, así como el contenido de humedad; diferenciándose en una proporción menor con respecto a los límites de consistencia, dado que se obtuvieron 43.20% y 43.30% de límites líquidos. 20.80% de límite plástico para ambos y 22.40% y 22.50% como índice de plasticidad para 7.5% y 8.5% de adición respectivamente.

- ✓ La muestra de suelo arcilloso patrón o en su estado natural, realizó el estudio de su CBR al 95% de la MDS, un valor de 16.40%, mientras que, el suelo con adición de 7.5% de ceniza de cascarilla de arroz, alcanzó un valor CBR de 36% y con adición de 8.5% de ceniza de cascarilla de arroz, se logró obtener un valor CBR de 34%, evidenciando así un incremento significativo, la adición de este residuo agroindustrial.
- ✓ El porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz como adición en suelos de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, se consideró al porcentaje de 7.5%, debido al presentar un CBR mayor en un 19.60% frente a la muestra de suelo patrón o en su estado natural.
- ✓ El suelo arcilloso con diferentes adiciones de cascarilla de arroz presenta mejoras en sus propiedades mecánicas en relación al suelo arcilloso natural dado que se ha demostrado que el CBR de las adiciones es muy superior al obtenido con la muestra natural, llegando a obtener un espesor de capa de afirmado por el método NAASRA de 150 mm (15cm) por medio de la relación de dicho valor del CBR al 95% de la máxima densidad seca de la dosificación que más óptima resultó, la cual fue la de 7.5% de CCA y del número de repeticiones para un carril de diseño expresada en ejes equivalentes.

REFERENCIAS

- Adedokun, S., & Oluremi, J. (02 de Mayo de 2019). A review of the stabilization of lateritic soils with some agricultural waste products. *International Journal of Engineering*, 63- 74.
- Akeke, G., Ewa, D., & Okafor, F. (2016). Effects of variability in the pozzolanic properties of Rice husk ash (RHA) on the compressive strength of concrete. *Nigerian Journal of Technology*, 35(4). doi:10.4314/njt.v35i4.1
- Amir, H., Ebrahim, N., & Abdolhosein, H. (2020). Mechanical and Durability Properties of Poorly Graded Sandy Soil Stabilized with Activated Slag. *American Society of Civil Engineers*, 1-14.
- Anjani, Y., Kumar, R., & Kishor, S. S. (Febrero de 2017). Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *ScienceDirect*, 10, 254- 261.
- Bada, D. (2016). *Aplicación del aditivo químico Conaid para atenuar la plasticidad del material granular del tramo de la carretera tauca - bambas (km73 + 514 - km132 + 537) de la ruta nacional pe - 3na. Universidad Privada Antenor Orrego.*, Trujillo.
- Becerra, C., & Herrera, A. (2019). *Estabilización de arcillas, arenas y afirmados, empleados los cementos Pacasmayo Víaforte, Mochica y Qhuna; Lambayeque, 2018.* Universidad Señor de Sipán. Pimentel: USS.
- Behak, L., & Peres, W. (Abril de 2008). Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. *Revista Ingeniería de Construcción*, 34-41.

- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Brahmachary, T., Ahsan, M., & Rokonzaman, M. (2019). Impact of rice husk ash (RHA) and nylon fiber on the bearing capacity of organic soil. *SN Applied Sciences*, 1(3). doi:<https://doi.org/10.1007/s42452-019-0275-0>
- Cajaleon, O., & Mondragon, D. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018*. Universidad César Vallejo. Lima: UCV.
- Cajaleon, O., & Mondragon, D. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos agregando cenizas de cáscaras de arroz para la subrasante en el km+ 17 Pimpingos, Choros 2018*. Universidad César Vallejo, Lima. Lima: UCV.
- Cañar, E. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con cenizas de carbón*. Universidad Técnica de Ambato. UTA. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>
- Castro, A. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de cáscaras de arroz para el mejoramiento de la subrasante*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Lima: UNI.
- Castro, A. (2017). *Estabilización de suelos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. Universidad Nacional de Ingeniería . Lima: UNI.
- Clavería, P., Triana, D., & Varon, Y. (2018). *Caracterización del comportamiento geotécnico de los comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico*

- estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña de azúcar como material para subrasante*. Universidad Cooperativa de Colombia. Ibagué: UCC.
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. (e. a. Cury, Ed.) *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 9(530), 122-132. doi:10.24188
- Das, B. (2013). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. México: Cengage Learning.
- Dávalos, J., Bonilla, A., Villaquiran, M., Gutierrez, R., & Rincón, J. (2020). Preparation of glass–ceramic materials from coal ash and rice husk ash: Microstructural, physical and mechanical properties. *Boletín de la sociedad española de Cerámico y Vidrio*, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2020.02.002>
- Depaa, R., Priyadarshini, V., Hemamalinie, A., Francis, J., & Surendrababu, K. (2021). Assessment of strength properties of concrete made with rice husk ash. *Materials today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.605>
- Habeed, G., & Bin, H. (21 de Marzo de 2010). Study on Properties of Rice Husk Ash and Its Use as Cement Replacement Material. *Revista Materials Research*, 185-190.
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hidalgo, F., & Saavedra, J. (2020). *Análisis de la adición de cáscara de arroz y bagazo de caña de azúcar en la subrasante de pavimentos para la estabilización de suelos arcillosos en el departamento de San Martín*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: UPC.

- Hu, L., He, Z., & Zhang, S. (2020). Sustainable use of rice husk ash in cement-based materials: Environmental evaluation and performance improvement. *Journal of Cleaner Production*, 264. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121744>
- INEI, I. N. (2018). *Producción de arroz cáscara se incrementó en 95,2% durante*. Lima: INEI.
- Jafer, Majeed, & Dulaimi. (2020). Incorporación de dos materiales de desecho para su uso en la estabilización de suelos de grano fino. *Revista de ingeniería civil*, 6(6), 1114-1123. doi:<https://doi.org/10.28991/cej-2020-03091533>
- Jaiswal, M., & Lal, B. (2017). Stabilization of clayey soil with garlic skin and rice husk ash for flexible pavement construction. *Geotechnical Testing Journal*, 40(6), 1071-1082. doi:[10.1520/GTJ20160227](https://doi.org/10.1520/GTJ20160227)
- Jittin, V., Bahurudeen, A., & Ajinkya, S. (2020). Utilisation of rice husk ash for cleaner production of different construction products. *Journal of Cleaner Production*, 263. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121578>
- Lakshmi, M., Geetha, S., Selvakumar, M., & Divya, K. (2021). Strength enhancement of Clayey Sand subgrade using lime and rice husk ash. *Materials today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.039>
- Liang, G., Zhu, H., Li, H., Liu, T., & Guo, H. (2021). Comparative study on the effects of rice husk ash and silica fume on the freezing resistance of metakaolin-based geopolymer. *Construction and Building Materials*, 293. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123486>

- Liu, Y., Su, Y., Namdar, A., Zhou, G., & She, Y. (2019). Utilization of Cementitious Material from Residual Rice Husk Ash and Lime in Stabilization of Expansive Soil. *Advances in Civil Engineering*. doi:10.1155/2019/5205276
- Llamoga, L. (2017). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz , Cajamarca 2016*. Universidad Privada del Norte. Universidad Privada del Norte: UPN.
- López, J. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: UPC.
- Lujan, I., & Vizcarra, S. (2020). *Análisis experimental de la adición de ceniza de cáscara de arroz a la subrasante arcillosa de un camino estabilizado con cal*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: UPC.
- Maguiña, G. (2018). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av.Aija, Huarmey, Ancash - 2018*. Universidad César Vallejo. Lima: UCV.
- Manoochehr, F., Mohammad, T., & Mohammad, T. (2019). Lime and Rice Husk Ash on Horizontal Saturated Hydraulic Conductivity of Sandy Loam Soils. *Geotechnical and Geological Engineering*, 38(1). doi:<https://doi.org/10.1007/s10706-019-01146>
- Manoochehr, F.-M., & Mohammad, T. (14 de Diciembre de 2019). Effect of Lime and Rice Husk Ash on Horizontal Saturated Hydraulic Conductivity of Sandy Loam Soils. *Geotech Geol Eng*, 1-11.

- Mittal, A. (2021). Effect of rice husk ash and stone dust on selecting engineering properties of poor subgrade soil. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 15(1), 133-141. Obtenido de <https://www.proquest.com/openview/74039e9c1ab515f6e2ac7f7f0efb56f8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035891>
- Mohd, R. J., Malik, I., & Tangri, A. (2020). Influence of Lime, Rice Husk Ash and Coconut Fibre on Strength Properties of Subgrade. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(8), 767-772.
- MTC, M. d. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Ministerio de Transporte y Comunicacione. Lima: MTC. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- NTP 339.127, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Lima. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.128, N. T. (2014). *SUELOS: Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.129, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. Lima. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.141, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía*. Lima. Lima: INDECOPI.
- NTP 339.145, N. T. (2014). *SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*. Lima. Lima: INDECOPI.
- Ojeda, O., Mendoza, J., & Baltazar, M. (30 de Abril de 2018). Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la

- compresión simple de un material granular tipo subrasante. *ALCONPAT, Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 8(2), 1-15.
- Oluyemi- Ayibiowu, B. (Julio de 2019). Stabilization of lateritic soils with asphalt- emulsion. *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, 38(3), 603-608.
- Onyelowe, K., Onyia, M., Nguyen-Thi, D., Bui, D., Onukwugha, E., Baykara, H., . . . Ugwu, H. (2021). Swelling Potential of Clayey Soil Modified with Rice Husk Ash Activated by Calcination for Pavement Underlay by Plasticity Index Method (PIM). *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021(6688519), 1-10.
doi:10.1155/2021/6688519
- Ormeño, E., & Rivas, N. (2020). *Estudio experimental para determinar la influencia de la aplicación de Cenizas de Cáscara de Arroz (RHA) en la estabilización de una subrasante de suelo arcilloso de baja plasticidad en Chota- Cajamarca*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima: UPC.
- Quispe, I., Navia, R., & Ramzy, K. (February de 2019). Life Cycle Assessment of rice husk as an energy source. A Peruvian case study. *Journal of Cleaner Production*, 209(1), 1235-1244. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.312>
- Romero, V., & Solar, H. (2020). *Influencia del porcentaje de ceniza de cáscaras de arroz y residuos de conchas de abanico sobre el índice de CBR en la estabilización de un suelo arcilloso, en el distrito de San Pedro de Lloc*. Universidad Privada del Norte. Trujillo: UPN.

- Salas, M. (2017). *Estabilización de suelos con adición de cemento y aditivo terrasil para el mejoramiento de la base del km 11+000 al km 9+000 de la carretera Puno – Tiquillaca – Mañazo*. Universidad Andina “Nestor Cáceres Velasquez”. Juliaca: UANCV.
- Sánchez, D., Vargas, M., Ortega, R., & Piñeros, Y. (Septiembre de 2018). Extracción y encapsulación de compuestos fenólicos provenientes de cascarilla de arroz. *Revista Colombiana Ciencia Química Farm,* 410-423. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rcciquifa.v47n3.77373>
- Sani, J., Yohanna, P., & Chukwujana, I. (2020). Effect of rice husk ash admixed with treated sisal fibre on properties of lateritic soil as a road construction material. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100464>
- Setyo, A., & Hantoro, G. (2016). Influence of the Rice Husk Ash and Lime on Engineering Properties of Clayey Sub-grade. *Revista EJGE*, 1-14.
- Shengyan, P., Yaqi, H., Jin, M., Yan, Z., Liu, X., Qingqing, S., . . . Xiangjun, P. (Mayo de 2019). Stabilization Behavior and Performance of Loess Using a Novel Biomass-based Polymeric Soil Stabilizer. (E. & Geoscience, Ed.) *The geological society of America*, 25(2), 103- 114.
- Syahida, Z., Farhayu, N., Syed, S., & Shukor, N. (2021). Review paper: Performance of rice husk ash as a material for partial cement replacement in concrete. *Materials today: proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.400>

Ulate, A. (2017). Estabilización de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de tránsito, empleando productos no tradicionales. *Revista PITRA-LanammeUCR*, 8(2).

Zhua, H., Zhai, M., Liang, G., Li, H., Wu, Q., Zhang, C., & Hu, S. (2021). Experimental study on the freezing resistance and microstructure of alkali-activated slag in the presence of rice husk ash. *Journal of Building Engineering*, 38. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102173>

ANEXOS

ANEXO 01. Matriz de consistencia

Formulación del problema	Hipótesis	Objetivos	Variables	Metodología	Población y muestra
General	General	General	Variable independiente	Tipo	Población
¿Cómo influyen la adición de cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021?	Las cenizas de cascarilla de arroz influyen positivamente en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021.	Determinar cómo influye la adición de cenizas de cascarilla de arroz en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021.	Ceniza de cascarilla de arroz	Investigación cuantitativa	La población considerada en la presente investigación fueron los 10 km que conforman la Carretera Santa Rosa de Combayo, provincia de Cajamarca.
Específicos	Específicos	Específicos	Variable dependiente	Diseño	
1. ¿De qué manera influye la ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades físicas del suelo arcilloso	1. La ceniza de cascarilla de arroz no influye en las propiedades físicas del suelo arcilloso de la carretera	1. Determinar cómo influye la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades	Propiedades mecánicas de suelos arcillosos	No experimental	

<p>de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca?</p>	<p>Santa Rosa de Combayo.</p>	<p>físicas del suelo arcilloso en la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.</p>	<p>Técnicas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observación - Ensayos de laboratorio - Análisis de contenido 	<p>Muestra</p> <p>Se consideró como muestra de estudio a 1 km de la Carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.</p>
<p>2. ¿De qué manera influye la ceniza de cascarilla de arroz en el CBR del suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca?</p>	<p>2. La ceniza de cascarilla de arroz influye en el incremento de su CBR del suelo arcilloso de la carretera Santa Rosa de Combayo.</p>	<p>2. Determinar cómo influye la adición de la ceniza de cascarilla de arroz en el CBR del suelo arcilloso en la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.</p>	<p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ficha de observación - Instrumentos y herramientas para cada ensayo. - Fichas de laboratorio. - Ficha bibliográfica 	<p></p>
<p>3. ¿Cuál es el porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz en suelos arcillosos de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca?</p>	<p>3. El porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz es del 7.5% en suelos arcillosos de la carretera Santa Rosa de Combayo.</p>	<p>3. Establecer el porcentaje óptimo de incorporación de ceniza de cascarilla de arroz en suelos de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca.</p>	<p></p>	<p></p>

ANEXO 02. Constancia de revisión de proyecto

CONSTANCIA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

El asesor Enrique Mendoza Lau, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de Ingeniería Civil, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del(os) estudiante(s):




- Jhonalber Torres Goicochea

Por cuanto, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado: "Mejoramiento de propiedades mecánicas de suelos arcillosos mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz para pavimentación de la carretera Santa Rosa de Combayo, Cajamarca, 2021", para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

Ing. Enrique Mendoza Lau

Asesor


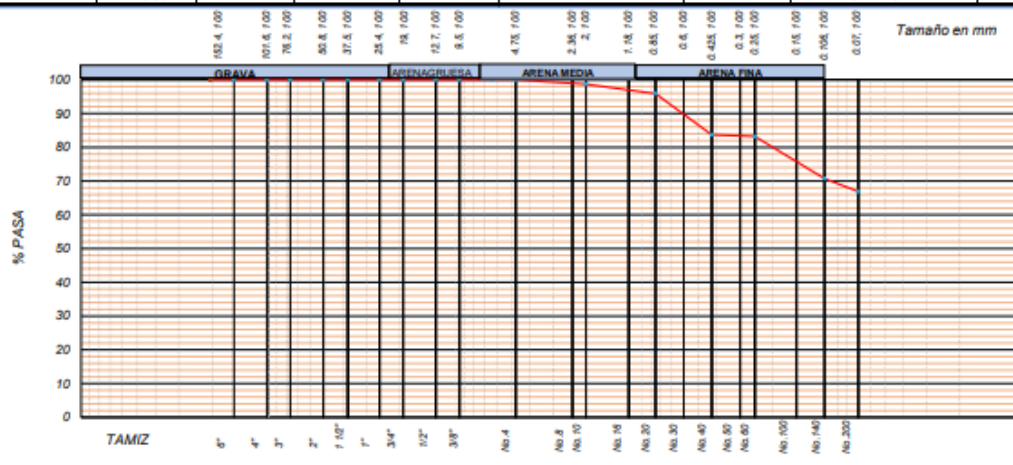

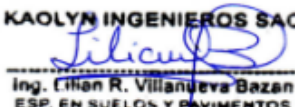
ANEXO 03. Resultados de estudio de tráfico

Carretera		SANTA ROSA DE COMBAYO										Año de estudio		2022																			
Cod Estación		E-1										TIPO DE PAVIMENTO		Pavimento flexible																			
		Estación:		San Juan de Dios										Sentido		Ambos																	
		Factor de corrección estacional		Veh. Livianos					fe:					1.0271					Veh. Pesados					fe:					1.0522				
Dia		Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitrailers						Trailers													
				Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3										
Lunes	Total	15	6	8	0	13	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										
Martes	Total	19	11	9	0	12	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Miércoles	Total	18	6	0	0	14	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Jueves	Total	19	8	0	0	15	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Viernes	Total	15	6	4	0	13	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Sábado	Total	25	6	15	0	13	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Domingo	Total	23	6	19	0	17	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
Total semanal (veh)		134	49	55	0	97	0	0	0	0	73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
IMDs (veh/día)		19	7	8	0	14	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
IMDa (veh/día)		20	7	8	0	14	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0											
ImDa Total (veh/día)		60																															

ANEXO 04. Formatos de laboratorio

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PARAÍSO N° 120- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909446 CLARO: 984336450																																																																																																																														
Título: ANALISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422 / C136		Código de control Nro. F3C-10-OC																																																																																																																														
Nro de revisión: 1		Página 1 de 1																																																																																																																														
Obras: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"		Fecha muestreo: 01-Oct-21	Muestra No. KISAC-EMS-1033-2021																																																																																																																													
Localización X = 775613.72	Y = 9210927.18	Cota: 2726 m.s.n.m	Capa: -																																																																																																																													
Descripción: CALICATA N° 01		Curva No. -																																																																																																																														
Muestreado por: JHONALBER TORRES GOICOCHEA																																																																																																																																
Solicitado por:																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tamaño Tamiz</th> <th>Peso Reten. Acumulado</th> <th>% Retenido</th> <th>% Pasa</th> <th>Especif. Nivel</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td>100</td></tr> <tr><td>6"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>0.0</td><td>0.0</td><td>100.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 8</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>4.70</td><td>1.4</td><td>98.6</td><td></td></tr> <tr><td>No. 16</td><td>10.54</td><td>3.1</td><td>96.9</td><td></td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>14.07</td><td>4.1</td><td>95.9</td><td></td></tr> <tr><td>No. 30</td><td>26.36</td><td>7.6</td><td>92.4</td><td></td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>54.14</td><td>15.7</td><td>84.3</td><td></td></tr> <tr><td>No. 50</td><td>55.17</td><td>16.0</td><td>84.0</td><td></td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>56.41</td><td>16.3</td><td>83.7</td><td></td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>88.80</td><td>25.7</td><td>74.3</td><td></td></tr> <tr><td>No. 140</td><td>101.39</td><td>29.3</td><td>70.7</td><td></td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>113.98</td><td>33.0</td><td>67.0</td><td></td></tr> <tr><td>Plástico</td><td>114.06</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Especif. Nivel	8"	0.0	0.0	100.0	100	6"	0.0	0.0	100.0		4"	0.0	0.0	100.0		3"	0.0	0.0	100.0		2"	0.0	0.0	100.0		1 1/2"	0.0	0.0	100.0		1"	0.0	0.0	100.0		3/4"	0.0	0.0	100.0		1/2"	0.0	0.0	100.0		3/8"	0.0	0.0	100.0		1/4"	0.0	0.0	100.0		No. 4	0.0	0.0	100.0		No. 8					No. 10	4.70	1.4	98.6		No. 16	10.54	3.1	96.9		No. 20	14.07	4.1	95.9		No. 30	26.36	7.6	92.4		No. 40	54.14	15.7	84.3		No. 50	55.17	16.0	84.0		No. 60	56.41	16.3	83.7		No. 100	88.80	25.7	74.3		No. 140	101.39	29.3	70.7		No. 200	113.98	33.0	67.0		Plástico	114.06				Cantidad de suelo que pasa el tamiz No. 4 (Compactación AASHTO): [(1-cantidad de humedad (-No. 4)/(100))8000g ó 13.231 lb](-No. 4)(1-2%) Cantidad de suelo entre los tamices 3/4" y N°4 (Compactación AASHTO): 1.01*(8000 ó 13.231 lb)(1-2%)(No. 4)(1-2%) Condiciones de Secado y Lavado del suelo Retenido en la malla N° 4 Secado a 110°C sin lavar.		
Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa	Especif. Nivel																																																																																																																												
8"	0.0	0.0	100.0	100																																																																																																																												
6"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
2"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1 1/2"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3/4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1/2"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
3/8"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
1/4"	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
No. 4	0.0	0.0	100.0																																																																																																																													
No. 8																																																																																																																																
No. 10	4.70	1.4	98.6																																																																																																																													
No. 16	10.54	3.1	96.9																																																																																																																													
No. 20	14.07	4.1	95.9																																																																																																																													
No. 30	26.36	7.6	92.4																																																																																																																													
No. 40	54.14	15.7	84.3																																																																																																																													
No. 50	55.17	16.0	84.0																																																																																																																													
No. 60	56.41	16.3	83.7																																																																																																																													
No. 100	88.80	25.7	74.3																																																																																																																													
No. 140	101.39	29.3	70.7																																																																																																																													
No. 200	113.98	33.0	67.0																																																																																																																													
Plástico	114.06																																																																																																																															
		Paso suelo Húmedo que pasa (g) 640.0																																																																																																																														
		Paso suelo seco que pasa (g) 552.7																																																																																																																														
		Paso suelo seco retenido (g) 0.0																																																																																																																														
		Paso suelo seco total (g) 552.7																																																																																																																														
		OVER= 0.0 %	CLASIFICACIÓN SUCS: Cu= -																																																																																																																													
		GRAVA= 0 %	CL																																																																																																																													
		ARENA= 33 %	CLASIFICACIÓN AASHTO: COLOR:																																																																																																																													
		FINOS= 67 %	A-7 MARRON																																																																																																																													
DESCRIPCIÓN:																																																																																																																																
		Contenido de humedad de la fracción de Suelo que pasa la malla N° 4	% de suelo seco que pasa la malla No. 200																																																																																																																													
		No. Tara G-25	No. Tara G-25																																																																																																																													
		Peso Húmedo + Tara 489.7	Peso Seco + Tara 435.2																																																																																																																													
		Peso Seco + Tara 435.2	P. Seco Lavado + Tara 203.7																																																																																																																													
		Peso de Tara 89.7	Peso de Tara 89.7																																																																																																																													
		Peso del Agua 54.5	Suelo Seco (-No. 200) g 231.5																																																																																																																													
		Peso Seco 345.5	Suelo Seco (+No. 200) g 114.0																																																																																																																													
		Cont. de humedad % 15.8	Suelo Seco (-No. 200) % 67.0																																																																																																																													
OBSERVACIONES:																																																																																																																																
EJECUTÓ		APROBÓ																																																																																																																														
Ing. Jhon Alber Torres Goicochea		Ing. Lilian R. Villanueva Bazán ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 118727																																																																																																																														
FECHA		FECHA																																																																																																																														


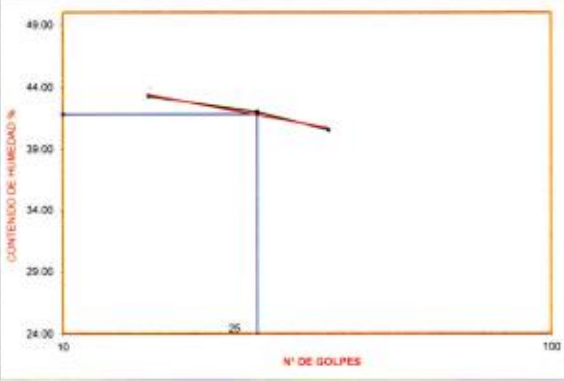

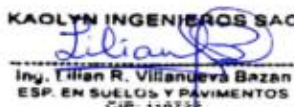
Formato de Laboratorio 1. Granulometría del suelo natural

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PARAÍSO N° 120- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909446 CLARO: 984336450	
Título: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422 / C136		Código de control Nro. F3C-10-OC	
Nro de revisión: 1		Página 1 de 1	
Oña: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"		Fecha muestreo: 01-Oct-21	Muestra No. KISAC-EMS-1033-2021
Localización E: 775613.72 N = 9210027.18	Cota: 2726 m.s.n.m	Capa: -	Curva No. -
Descripción: Calicata 01		Muestreado por: JHONALBER TORRES GOICOCHEA	
Tamaño Tamiz 8"	Peso Retenido 0.0	% Retenido 0.0	% Pasa 100.0
4"	0.0	0.0	100.0
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
1/4"	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.0	0.0	100.0
No. 8			99.4
No. 10	4.54	1.3	98.7
No. 16	11.14	3.2	96.8
No. 20	14.24	4.1	95.9
No. 30	26.54	7.7	92.3
No. 40	56.24	16.3	83.7
No. 50	57.12	16.5	83.5
No. 60	56.12	16.8	83.2
No. 100	89.54	25.9	74.1
No. 140	101.12	29.3	70.7
No. 200	114.50	33.1	66.9
Plástico	116.90		
Secado a 110°C sin lavar.		Peso suelo húmedo que pasa (g) 688.0 Peso suelo seco que pasa (g) 594.1 Peso suelo seco retenido (g) 0.0 Peso suelo seco total (g) 594.1	
OVER= 0.0 %		CLASIFICACIÓN SUCS:	Cu= -
GRAVA= 0 %		CL	Cc= -
ARENA= 33.1 %		CLASIFICACIÓN AASHTO:	COLOR:
FINOS= 66.9 %		A-7-6 (15)	MARRÓN
DESCRIPCIÓN:			
Contenido de humedad de la fracción de Suelo que pasa la malla N° 4		% de suelo seco que pasa la malla No. 200	
No. Tara	G-25	No. Tara	G-25
Peso Húmedo + Tara	537.7	Peso Seco + Tara	463.2
Peso Seco + Tara	463.2	P. Seco Lavado + Tara	252.2
Peso de Tara	137.7	Peso de Tara	137.7
Peso del Agua	54.5	Suelo Seco (-No. 200) g	231.0
Peso Seco	345.5	Suelo Seco (+No. 200) g	114.5
Cont. de humedad %	15.8	Suelo Seco (-No. 200) %	66.9
			
OBSERVACIONES			
EJECUTÓ		APROBÓ	
			
FECHA		FECHA	


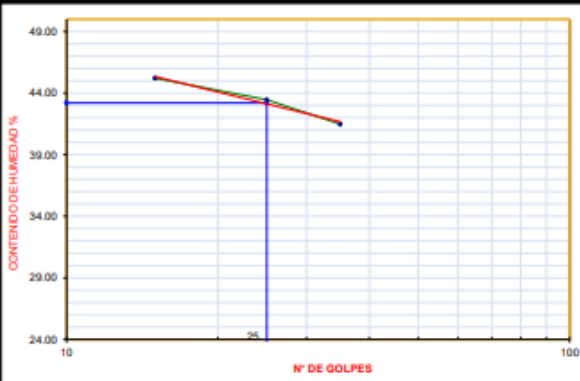


Formato de Laboratorio 2. Granulometría del suelo + 7.5% de CCA

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PARAÍSO N° 120- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909446 CLARO: 984336450	
Título: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D 422 / C136			Código de control Nro. F3C-10-OC
Nro de revisión: 1		Página 1 de 1	
Otría: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"			
Fecha muestreo: 01-Oct-21		Muestra No. KISAC-EMS-1033-2021	
Localización E: 775613.72	N = 921027.18	Cota: 2726 m.s.n.m	Cipa: -
Descripción: Calicata 01		Curva No. -	
Muestreado por: JHONALBER TORRES GOICOCHEA			
Tamaño Tamiz	Peso Reten. Acumulado	% Retenido	% Pasa
8"	0.0	0.0	100.0
4"	0.0	0.0	100.0
3"	0.0	0.0	100.0
2"	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	0.0	100.0
1"	0.0	0.0	100.0
3/4"	0.0	0.0	100.0
1/2"	0.0	0.0	100.0
3/8"	0.0	0.0	100.0
1/4"	0.0	0.0	100.0
No. 4	0.0	0.0	100.0
No. 8			99.3
No. 10	4.95	1.4	98.6
No. 18	11.12	3.2	96.8
No. 20	14.20	4.1	95.9
No. 30	26.50	7.7	92.3
No. 40	55.56	16.1	83.9
No. 50	56.02	16.2	83.8
No. 60	56.85	16.5	83.5
No. 100	89.45	25.9	74.1
No. 140	101.85	29.5	70.5
No. 200	112.95	32.7	67.3
Platillo	112.98		
Especific. Nivel I 100		Cantidad de suelo que pasa el tamiz No. 4 (Compacción AASHTO):	
Secado a 110°C sin lavar.			
Peso suelo húmedo que pasa (g)		694.4	
Peso suelo seco que pasa (g)		599.7	
Peso suelo seco retenido (g)		0.0	
Peso suelo seco total (g)		599.7	
OVER= 0.0 %		CLASIFICACIÓN SUCS:	
GRAVA= 0 %		CL	
ARENA= 32.7 %		CLASIFICACIÓN AASHTO:	
FINOS= 67.3 %		A-7-6 (15)	
DESCRIPCIÓN:		COLOR:	
Contenido de humedad de la fracción de Suelo que pasa la malla N° 4		% de suelo seco que pasa la malla No. 200	
No. Tara		G-25	
No. Tara		G-25	
Peso Húmedo + Tara		544.1	
Peso Seco + Tara		489.6	
P. Seco Lavado + Tara		257.1	
Peso de Tara		144.1	
Peso del Agua		54.5	
Peso Seco		345.5	
Suelo Seco (-No. 200) g		113.0	
Suelo Seco (-No. 200) %		67.3	
Cont. de humedad %			
15.8			
Tamaño en mm			
OBSERVACIONES			
EJECUTÓ		APROBÓ	
FECHA		FECHA	
KAOLYN INGENIEROS S.A.C.		KAOLYN INGENIEROS S.A.C. Ing. Cilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722	


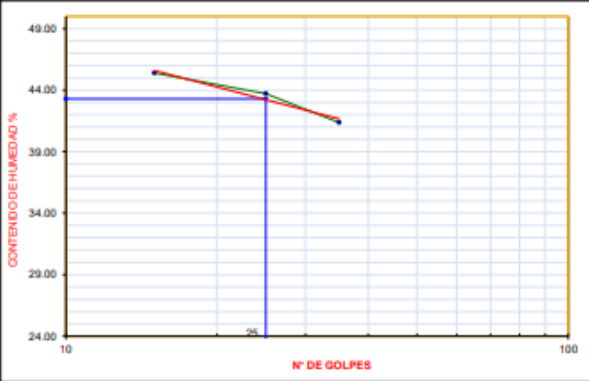

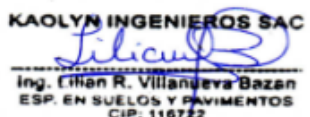
Formato de Laboratorio 3. Granulometría del suelo + 8.5% de CCA

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C J. PARAJIRO N° 130. CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 97698446 GLARO: 984336480																									
Título: LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318		Código de control Nro. F1-10-OC																									
Nro de revisión: 1		Página 1 de 1																									
Obra: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"																											
Fecha muestra: 01-Oct-21																											
Localización E = 775613.72 N = 9210927.18 Cota 2726 m s.n.m.	Capsa (m) _____ Curva No. _____																										
Descripción: CALICATA N° 01																											
Muestra No.: KISAC-EMS-1003-2021																											
Solicitado por: _____																											
Muestreado por: JHONALBER TORRES GOICOECHEA																											
LÍMITES DE CONSISTENCIA																											
LÍMITE LÍQUIDO																											
Muestra o ensayo	1	2	3																								
No DE GOLPES	15	25	35																								
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03																								
P _r + P _h	64.74	66.30	70.41																								
P _r + P _s	59.19	61.39	63.84																								
P. AGUA	5.55	4.91	5.57																								
P _r	46.37	49.71	47.65																								
P _s	12.82	11.68	16.19																								
% DE HUMEDAD	43.29	42.04	40.58																								
LÍMITE PLÁSTICO																											
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03																								
P _r + P _h	27.30	27.95	27.13																								
P _r + P _s	26.43	26.25	26.42																								
P. AGUA	0.90	0.91	0.71																								
P _r	22.13	21.88	22.29																								
P _s	4.33	4.37	4.13																								
% DE HUMEDAD	20.93	20.82	17.19																								
			Promedio 19.6																								
		HUMEDAD NATURAL %: 16.72 LÍMITE LÍQUIDO %: 41.9 LÍMITE PLÁSTICO %: 19.6 ÍNDICE DE PLASTICIDAD %: 22.25																									
		<table border="1" style="font-size: small;"> <thead> <tr> <th>No. Golpes</th> <th>Factor K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>0.974</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.979</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.985</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.990</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.995</td></tr> <tr><td>25</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>26</td><td>1.005</td></tr> <tr><td>27</td><td>1.009</td></tr> <tr><td>28</td><td>1.014</td></tr> <tr><td>29</td><td>1.018</td></tr> <tr><td>30</td><td>1.022</td></tr> </tbody> </table>		No. Golpes	Factor K	20	0.974	21	0.979	22	0.985	23	0.990	24	0.995	25	1.000	26	1.005	27	1.009	28	1.014	29	1.018	30	1.022
No. Golpes	Factor K																										
20	0.974																										
21	0.979																										
22	0.985																										
23	0.990																										
24	0.995																										
25	1.000																										
26	1.005																										
27	1.009																										
28	1.014																										
29	1.018																										
30	1.022																										
OBSERVACIONES: _____																											
PR= PESO DEL RECIPIENTE PH= PESO HUMEDO PS= PESO SECO		TEMPERATURA DE SECADO PREPARACION DE LA MUESTRA 60° C AMBIENTE CONTENIDO DE HUMEDAD 60° C 110° C																									
		AGUA USADA DESTILADA OTRA POTABLE																									
EJECUTO		AFROBÓ																									
		 KAOLYN INGENIEROS SAC Ing. Juliana R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP. 118727																									
FECHA		FECHA																									



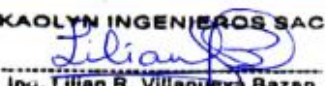
Formato de Laboratorio 4. Límites de Atterberg del suelo natural

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PARAISO N° 120- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 979909446 CLARO: 984336450																									
Título: LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318		Código de control Nro. F1-10-0C																									
Nro de revisión: 1		Página 1 de 1																									
Obra: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"																											
Fecha muestreo: 01-Oct-21																											
Localización E = 775613.72	N = 9210927.18	Cota 2726 m.s.n.m	Capa (m) _____																								
Descripción: Calicata 01		Cuna No. _____																									
Muestra No.: KISAC-EMS-1033-2021																											
Muestreado por: Jhonaber Torres Goicochea																											
LÍMITES DE CONSISTENCIA																											
LÍMITE LÍQUIDO																											
Muestra o ensayo	1	2	3																								
No DE GOLPES	15	25	35																								
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03																								
P _h + P _s	65.13	66.42	70.50																								
P _h + P _a	59.33	61.37	63.81																								
P. AGUA	5.80	5.05	6.69																								
P _h	46.50	49.75	47.68																								
P _a	12.83	11.62	16.13																								
% DE HUMEDAD	45.21	43.46	41.48																								
LÍMITE PLÁSTICO																											
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03																								
P _h + P _s	27.15	27.80	27.13																								
P _h + P _a	26.22	26.61	26.19																								
P. AGUA	0.93	0.99	0.94																								
P _h	22.02	21.20	21.9																								
P _a	4.20	5.41	4.29																								
% DE HUMEDAD	22.14	18.30	21.91																								
		Promedio= 20.8																									
		HUMEDAD NATURAL %: 16.72																									
		LÍMITE LÍQUIDO %: 43.2																									
		LÍMITE PLÁSTICO %: 20.8																									
		ÍNDICE DE PLASTICIDAD %: 22.40																									
OBSERVACIONES: _____		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No. Golpes</th> <th>Factor K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>0.974</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.979</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.985</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.990</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.995</td></tr> <tr><td>25</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>26</td><td>1.005</td></tr> <tr><td>27</td><td>1.009</td></tr> <tr><td>28</td><td>1.014</td></tr> <tr><td>29</td><td>1.018</td></tr> <tr><td>30</td><td>1.022</td></tr> </tbody> </table>		No. Golpes	Factor K	20	0.974	21	0.979	22	0.985	23	0.990	24	0.995	25	1.000	26	1.005	27	1.009	28	1.014	29	1.018	30	1.022
No. Golpes	Factor K																										
20	0.974																										
21	0.979																										
22	0.985																										
23	0.990																										
24	0.995																										
25	1.000																										
26	1.005																										
27	1.009																										
28	1.014																										
29	1.018																										
30	1.022																										
PR= PESO DEL RECIPIENTE	TEMPERATURA DE SECADO	AGUA USADA																									
PH= PESO HUMEDO	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA	60° C AMBIENTE	DESTILADA OTRA																								
PS= PESO SECO	CONTENIDO DE HUMEDAD	60° C 110° C	POTABLE																								
EJECUTÓ		APROBÓ																									
																											
Ing. Ethen R. Villanueva Bazán ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722																											
FECHA	FECHA																										

Formato de Laboratorio 5. Límites de Atterberg del suelo + 7.5% de CCA

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PARAÍSO N° 120- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 97909446 CLARO: 984336450																									
Título: LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D 4318		Código de control Nro. F1-10-0C																									
Nro de revisión: 1		Página 1 de 1																									
Obra: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"																											
Fecha muestreo: 01-Oct-21																											
Localización E = 775613.72 N = 9210927.15 Cota 2726 m.a.s.n.m	Capa (m) _____																										
Descripción: Calicata 01	Curva No. _____																										
Muestra No.: KOSAC-EMS-1033-2021																											
Muestreado por: Jhonatan Torres Goicochea																											
LIMITES DE CONSISTENCIA																											
LÍMITE LÍQUIDO																											
Muestra o ensayo	1	2	3	4																							
No DE GOLPES	15	25	35																								
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03																								
Pr + Pn	64.13	63.42	68.49																								
Pr + Ps	58.31	58.34	61.81																								
P. AGUA	5.82	5.08	6.68																								
Pr	45.49	46.72	45.66																								
Ps	12.82	11.82	16.15																								
% DE HUMEDAD	45.40	43.72	41.36																								
LÍMITE PLÁSTICO																											
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03																								
Pr + Pn	26.13	25.59	26.1																								
Pr + Ps	25.21	24.63	25.08																								
P. AGUA	0.92	0.96	1.02																								
Pr	21.00	19.19	20.8																								
Ps	4.21	5.44	4.48	Promedio= 20.8																							
% DE HUMEDAD	21.85	17.85	22.77																								
		HUMEDAD NATURAL %: 16.72 LÍMITE LÍQUIDO %: 43.3 LÍMITE PLÁSTICO %: 20.8 ÍNDICE DE PLASTICIDAD %: 22.50																									
		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>No. Golpes</th> <th>Factor K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>0.974</td></tr> <tr><td>21</td><td>0.979</td></tr> <tr><td>22</td><td>0.985</td></tr> <tr><td>23</td><td>0.990</td></tr> <tr><td>24</td><td>0.995</td></tr> <tr><td>25</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>26</td><td>1.005</td></tr> <tr><td>27</td><td>1.009</td></tr> <tr><td>28</td><td>1.014</td></tr> <tr><td>29</td><td>1.018</td></tr> <tr><td>30</td><td>1.022</td></tr> </tbody> </table>		No. Golpes	Factor K	20	0.974	21	0.979	22	0.985	23	0.990	24	0.995	25	1.000	26	1.005	27	1.009	28	1.014	29	1.018	30	1.022
No. Golpes	Factor K																										
20	0.974																										
21	0.979																										
22	0.985																										
23	0.990																										
24	0.995																										
25	1.000																										
26	1.005																										
27	1.009																										
28	1.014																										
29	1.018																										
30	1.022																										
OBSERVACIONES: _____																											
PR= PESO DEL RECIPIENTE PH= PESO HUMEDO PS= PESO SECO		TEMPERATURA DE SECADO PREPARACIÓN DE LA MUESTRA CONTENIDO DE HUMEDAD																									
		60° C AMBIENTE 60° C 110° C																									
		AGUA USADA DESTILADA OTRA POTABLE																									
EJECUTÓ		AFROBÓ																									
		 KAOLYN INGENIEROS SAC Ing. Liliana R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722																									
FECHA		FECHA																									



Formato de Laboratorio 6. Límites de Atterberg del suelo + 8.5% de CCA

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PARAISO N° 120- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 979094446 CLARO: 984326480	
Título: CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 4643 / D 2216		Código de control Nro. #2-19-OC	
Nro de revisión: 1	Formato-Fecha de revisión de formato: 1-Oct-21	Página 1 de 1	
Obra: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"		Fecha muestreo: 01-Oct-21	Capa:
Descripción: CALUCATA N° 01		Curva No.	
Muestreado por: JHONALBER TORRES GOICOCHEA			
Solicitado por:			
Condiciones de Secado: 60°C / 110°C <input checked="" type="checkbox"/>		Método:	Horno (<input type="checkbox"/>) <input checked="" type="checkbox"/>
		Microonda (<input type="checkbox"/>)	
Muestra No.	KISAC-EMS-1033-2021		
Ubicación	E = 775613.72	N = 9210927.18	C = 2726 m.s.n.m
Profundidad	1.50 mts		
Muestra o ensayo	1	2	3
RECIPIENTE No	MT - 01	MT - 02	MT - 03
Pr + Pn	A 350.17	363.04	384.36
Pr + Pn	B 309.87	318.55	334.02
Pr	C 43.75	38.10	37.89
P AGUA	D = A - B 40.30	46.39	50.34
Pn	E + B - C 266.12	278.55	296.13
% DE HUMEDAD (DnE) * 100	15.14	16.65	17.00
CLASIFICACION SUCS			
OBSERVACIONES <u>CONTENIDO DE HUMEDAD DE TODA LA MUESTRA.</u>			
<hr/>			
Muestra No.	KISAC-EMS-1033-2021		
Ubicación	E = 775613.72	N = 9210927.18	C = 2726 m.s.n.m
Profundidad			
Muestra o ensayo	5	6	7
RECIPIENTE No	MT - 05		
Pr + Pn	A 353.76		
Pr + Pn	B 308.63		
Pr	C 37.61		
P AGUA	D = A - B 45.13		
Pn	E + B - C 271.02		
% DE HUMEDAD (DnE) * 100	18.65	Promedio = 16.72	
OBSERVACIONES			
<hr/>			
PR+ PESO DEL RECIPIENTE Pn+ PESO HUMEDO Pn+ PESO SECO			
EJECUTÓ		APROBÓ	
		 Ing. Lilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 11672P	
FECHA		FECHA	


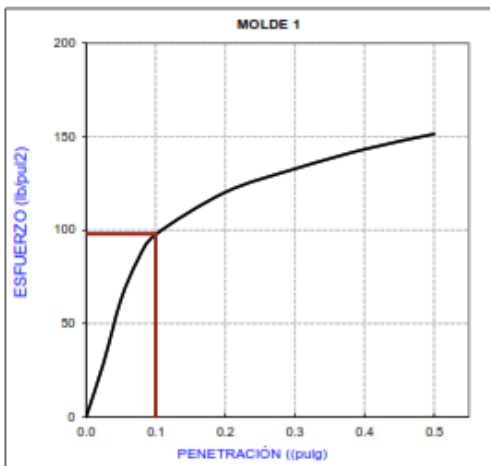
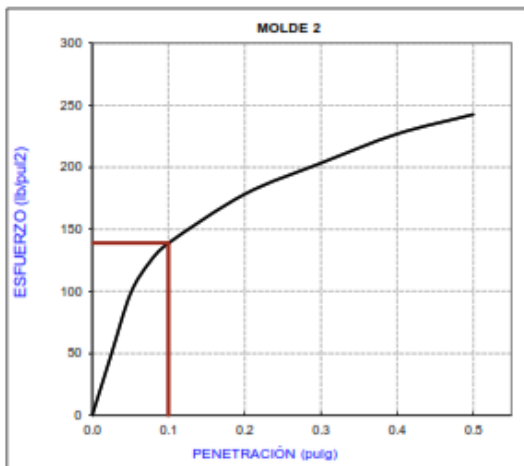
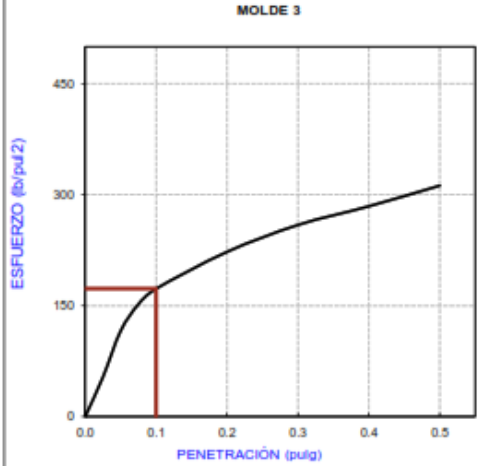
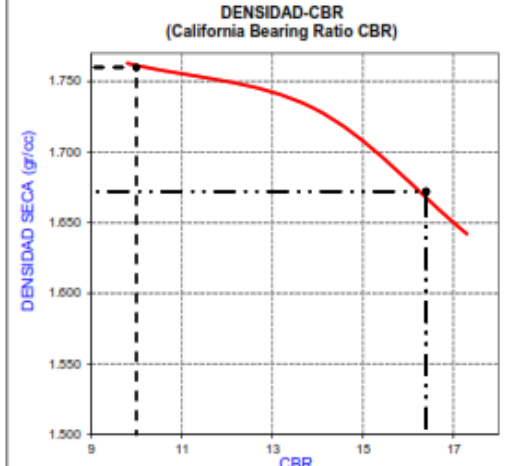

Formato de Laboratorio 7. Contenido de humedad del suelo natural

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450						
Título: PROCTOR MODIFICADO ASTM D 653		Código de control: F4A-10-OC						
Nro de revisión:	1	Fecha de revisión:	Oct-21					
Página 1 de 1								
Obra: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"		Fecha de muestreo: 26/10/2021						
Localización:	E = E 775613.72 N 9210927.18 COTA 2726 m.s.n.m							
Descripción:	CALICATA N°01							
Muestra No.:	KISAC-169-2020							
Solicitado por:								
Muestreado por:	JHONALBER TORRES GOICOICHEA							
DETERMINACIÓN								
Agua Agregada	1	2	3	4				
Peso Molde + material húmedo	6648.0	7181.0	7255.0	7186.0				
Peso del molde (g)	3062.00	3062.00	3062.00	3062.00				
Peso de material húmedo (g)	3586.0	4119.0	4193.0	4104.0				
Volumen del molde (cm ³)	2122.00	2122.00	2122.00	2122.00				
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.690	1.941	1.976	1.934				
Cápsula + material húmedo (g)	131.86	122.84	125.96	117.49	135.25	140.72	164.73	164.07
Cápsula + material seco (g)	124.17	116.05	116.33	109.13	122.12	127.48	144.31	143.97
Peso del agua (g)	7.75	6.79	9.63	8.36	12.13	12.74	20.42	20.10
Número de cápsula	MT - 1A	MT - 1B	MT - 2A	MT - 2B	MT - 3A	MT - 3B	MT - 4A	MT - 4B
Peso de la cápsula (g)	26.70	26.62	27.22	28.30	27.86	27.87	27.51	27.93
Peso de suelo seco (g)	97.47	90.03	89.17	80.83	95.26	99.61	116.80	116.04
Contenido de agua (%)	7.96	6.88	10.81	10.34	12.73	12.79	17.48	17.32
Contenido de agua PROMEDIO (%)	7.42		10.57		12.76		17.40	
Densidad seca (g/cm ³)	1.57		1.78		1.75		1.85	
Tipo molde	4" X 6" diámetro		Volumen Molde		T° Secado		Peso molde	
Método	A	X	B	C	2122.00	CC	80°C / 110°C	X
Clasificación SUCS:	CL		ASTM		X		653 / 1567	
				DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³) 1.760				
				HUMEDAD ÓPTIMA % 11.6				
OBSERVACIONES:								
EJECUTÓ				APROBÓ				
				KAOLYN INGENIEROS SAC Ing. Lilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116720				
FECHA				FECHA				

Formato de Laboratorio 8. Proctor modificado del suelo natural

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS KAOLYN INGENIEROS											
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)											
ASTM D1883											
<p>PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"</p>											
<p>DESCRIPCIÓN : Las muestras fueron ingresadas por Jhonalber Torres Goicochea COB. MUEST.: KISAC-169-2020</p>											
<p>SOLICITANTE : Jhonalber Torres Goicochea SUCS: CL</p>											
<p>UBICACIÓN : CALICATA N°D1</p>											
<p>COORDENADAS : E:775613.72 N:9210927.18 COTA:2726 m.s.n.m</p>											
<p>FECHA MUESTREO: 26/10/2021</p>											
COMPACTACION C B R											
MOLDE	1			2			3				
Altura Molde mm.	117			117			117				
N° Capas	5			5			5				
N°Golg x Capa	13			27			56				
Cond. Muestra	MUESTRA 1			MUESTRA 2			MUESTRA 3				
P. Húm + Molde	8696			8744			8437				
Peso Molde (gr)	4430			4572			4483				
Peso Húmedo (gr)	4266			4172			3954				
Vol. Molde (cc)	2127.00			2129.00			2154.00				
Densidad H (gr/cc)	2.006			1.960			1.836				
Número de Tara	MT - 1			MT - 2			MT - 3				
P. Húmedo + Tara	139.71			139.54			136.31				
Peso Seco + Tara	126.02			126.39			124.87				
Peso Agua (gr)	13.69			13.15			11.44				
Peso Tara (gr)	26.62			26.70			27.88				
P. Muestra Seca	99.40			99.69			96.99				
Cont. Humedad	0.14			0.13			0.12				
Cont.Hum.Prom.	13.77%			13.19%			11.80%				
DENSIDAD SECA	1.763			1.731			1.642				
ENSAYO DE HINCHAMIENTO											
TIEMPO ACUMULADO	NUMERO DE MOLDE				NUMERO DE MOLDE				NUMERO DE MOLDE		
	(Hrs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
DEFORM.			(mm)	(%)	DEFORM.		(mm)	(%)		DEFORM.	(mm)
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	1	0.990	0.990	0.849	0.550	0.550	0.472	0.485	0.485	0.416	0.416
48	2	1.060	1.060	0.909	0.660	0.660	0.596	0.600	0.600	0.515	0.515
72	3	1.080	1.080	0.926	0.680	0.680	0.583	0.630	0.630	0.540	0.540
96	4	1.100	1.100	0.943	0.700	0.700	0.600	0.660	0.660	0.566	0.566
ENSAYO CARGA - PENETRACION											
PENETRACION			MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2	
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
0.54	0.025	39.70	2.02	28.70	68.00	3.46	49.16	73.80	3.78	53.35	
1.27	0.050	86.60	4.41	62.60	135.30	6.89	97.80	160.10	8.15	115.73	
1.91	0.075	116.90	5.95	84.50	170.40	8.68	123.18	210.00	10.70	151.80	
2.54	0.100	135.00	6.88	97.59	192.00	9.78	138.79	239.00	12.17	172.77	
5.08	0.200	166.30	8.47	120.21	246.90	12.56	178.26	308.00	15.69	222.64	
7.62	0.300	183.60	9.35	132.72	281.20	14.32	203.27	358.30	18.25	259.00	
10.16	0.400	198.10	10.09	143.20	313.70	15.98	226.76	393.30	20.03	284.30	
12.70	0.500	209.40	10.66	151.37	335.50	17.09	242.52	431.90	22.00	312.21	
OBSERVACIONES:											
<p>EJECUTO</p> 											
<p>APROBÓ</p> <p>KAOLYN INGENIEROS SAC</p>  <p>Iny. Lilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722</p>											
FECHA					FECHA						


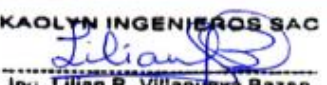
Formato de Laboratorio 9. CBR parte I del suelo natural

	<p>KAOLIN INGENIEROS S.A.C Jr. PROCERES N°126-CAJAMARCA Telefonos: MOV. 970909450 CLARO. 984336450</p>																														
<p>MOLDE 1</p> 	<p>MOLDE 2</p> 																														
<p>MOLDE 3</p> 	<p>DENSIDAD-CBR (California Bearing Ratio CBR)</p> 																														
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PENETRACIÓN</th> <th>Densidad</th> <th>0.1 (*)</th> <th>CBR(0.1)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MOLDE 1</td> <td>1.763</td> <td>98.00</td> <td>9.8</td> </tr> <tr> <td>MOLDE 2</td> <td>1.731</td> <td>139.00</td> <td>13.9</td> </tr> <tr> <td>MOLDE 3</td> <td>1.642</td> <td>173.00</td> <td>17.3</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Densidad Máxima Seca</td> <td colspan="2">1.760</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Humedad Óptima</td> <td colspan="2">11.6</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.</td> <td style="width: 10%;">0.1" =</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">10.0 %</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.</td> <td>0.1" =</td> <td style="text-align: center;">16.4 %</td> </tr> </table>		PENETRACIÓN	Densidad	0.1 (*)	CBR(0.1)	MOLDE 1	1.763	98.00	9.8	MOLDE 2	1.731	139.00	13.9	MOLDE 3	1.642	173.00	17.3	Densidad Máxima Seca		1.760		Humedad Óptima		11.6		C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.	0.1" =	10.0 %	C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.	0.1" =	16.4 %
PENETRACIÓN	Densidad	0.1 (*)	CBR(0.1)																												
MOLDE 1	1.763	98.00	9.8																												
MOLDE 2	1.731	139.00	13.9																												
MOLDE 3	1.642	173.00	17.3																												
Densidad Máxima Seca		1.760																													
Humedad Óptima		11.6																													
C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.	0.1" =	10.0 %																													
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.	0.1" =	16.4 %																													
OBSERVACIONES: _____																															
EJECUTO	APROBO																														
	<p>KAOLYN INGENIEROS SAC <i>Lilian</i> Ing. Lilian R. Villanueva Bazán ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722</p>																														
FECHA	FECHA																														


Formato de Laboratorio 10. CBR parte II del suelo natural

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450						
Título: PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL 7.5% DE CCA ASTM D 653			Código de control: F4A-10-OC					
Nro de revisión:	1	Fecha de revisión:	Oct-21					
			Página 1 de 1					
Obra: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"		Fecha de muestreo: 26/10/2021						
Localización:	E = E 775613.72 N 9210927.18 COTA: 2726 m.s.n.m							
Descripción:	CALICATA N°01							
Muestra No.:	KISAC-169-2020							
Solicitado por:								
Muestreado por:	JHONALBER TORRES GOICOCHEA							
DETERMINACIÓN								
	1		2		3		4	
Agua Agregada	9%		12%		15%		21%	
Peso Molde + material húmedo	6630.0		5987.0		7018.0		6897.0	
Peso del molde (g)	3062.00		3062.00		3062.00		3062.00	
Peso de material húmedo (g)	3568.0		2925.0		3954.0		3789.0	
Volumen del molde (cm ³)	2122.00		2122.00		2122.00		2122.00	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.687		1.393		1.863		1.786	
Cápsula + material húmedo (g)	117.78	125.89	141.94	122.14	113.09	132.83	145.85	138.87
Cápsula + material seco (g)	111.85	119.88	130.39	113.30	102.35	118.69	128.23	120.75
Peso de agua (g)	5.93	6.21	11.55	8.84	10.74	14.14	17.62	15.92
Número de cápsula	MT - 1A	MT - 1B	MT - 2A	MT - 2B	MT - 3A	MT - 3B	MT - 4A	MT - 4B
Peso de la cápsula (g)	27.05	28.55	28.17	28.05	28.43	27.97	28.53	27.43
Peso de suelo seco (g)	84.80	91.13	102.22	85.25	73.92	90.72	99.70	93.32
Contenido de agua (%)	6.97	6.81	11.30	10.37	14.53	15.99	17.67	17.06
Contenido de agua PROMEDIO (%)	6.89		10.83		15.06		17.37	
Densidad seca (g/cm ³)	1.57		1.62		1.62		1.52	
Tipo molde	4" <input checked="" type="checkbox"/> 6" diámetro		Volumen Molde		7" Secado		Peso molde	
Método	<input type="checkbox"/> A	<input checked="" type="checkbox"/> B	<input type="checkbox"/> C	2122.00	GC	60°C / 110°C <input checked="" type="checkbox"/>	3062.0	g
Clasificación SUCS	CL						ASTM	<input checked="" type="checkbox"/> 653 / 1557
							DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³) 1.628	
							HUMEDAD ÓPTIMA % 13.3	
OBSERVACIONES:								
EJECUTÓ				APROBO				
				 Ing. Lilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722				
FECHA				FECHA				

Formato de Laboratorio 11. Proctor modificado del suelo+ 7.5% CCA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS KAOLYN INGENIEROS																																																																																																																																									
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON ADICIÓN DEL 7.5% DE CCA ASTM D1883																																																																																																																																									
PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"																																																																																																																																									
DESCRIPCIÓN : Las muestras fueron ingresadas por Jhonalber Torres Goicochea COD. MUEST. : KISAC-109-2020																																																																																																																																									
SOLICITANTE : Jhonalber Torres Goicochea SUCS : CL																																																																																																																																									
UBICACIÓN : CALICATA N°01																																																																																																																																									
COORDENADAS : E: 775613.72 N: 9210927.18 COTA: 2726 m.s.n.m																																																																																																																																									
FECHA MUESTREO : 26/10/2021																																																																																																																																									
COMPACTACION C B R																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MOLDE</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura Molde mm.</td> <td>117</td> <td>117</td> <td>117</td> </tr> <tr> <td>N° Capas</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>N°Golp x Capa</td> <td>13</td> <td>27</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Cond. Muestra</td> <td>MUESTRA 1</td> <td>MUESTRA 2</td> <td>MUESTRA 3</td> </tr> <tr> <td>P. Húm. + Molde</td> <td>8307</td> <td>8242</td> <td>8304</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde (gr)</td> <td>4293</td> <td>4385</td> <td>4882</td> </tr> <tr> <td>Peso Húmedo (gr)</td> <td>4014</td> <td>3857</td> <td>3422</td> </tr> <tr> <td>Vol. Molde (cc)</td> <td>2120.00</td> <td>2133.00</td> <td>2098.00</td> </tr> <tr> <td>Densidad H. (gr/cc)</td> <td>1.893</td> <td>1.808</td> <td>1.631</td> </tr> <tr> <td>Número de Tara</td> <td>MT - 1</td> <td>MT - 2</td> <td>MT - 3</td> </tr> <tr> <td>P.Húmedo + Tara</td> <td>128.02</td> <td>121.21</td> <td>129.12</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco + Tara</td> <td>114.70</td> <td>109.80</td> <td>117.10</td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr)</td> <td>13.32</td> <td>11.41</td> <td>12.02</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr)</td> <td>27.97</td> <td>28.16</td> <td>28.06</td> </tr> <tr> <td>P. Muestra Seca</td> <td>86.73</td> <td>81.64</td> <td>89.04</td> </tr> <tr> <td>Cont. Humedad</td> <td>15%</td> <td>14%</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>Cont.Hum.Prom.</td> <td>15%</td> <td>14%</td> <td>13%</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA</td> <td>1.641</td> <td>1.587</td> <td>1.437</td> </tr> </tbody> </table>											MOLDE	1	2	3	Altura Molde mm.	117	117	117	N° Capas	5	5	5	N°Golp x Capa	13	27	56	Cond. Muestra	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	P. Húm. + Molde	8307	8242	8304	Peso Molde (gr)	4293	4385	4882	Peso Húmedo (gr)	4014	3857	3422	Vol. Molde (cc)	2120.00	2133.00	2098.00	Densidad H. (gr/cc)	1.893	1.808	1.631	Número de Tara	MT - 1	MT - 2	MT - 3	P.Húmedo + Tara	128.02	121.21	129.12	Peso Seco + Tara	114.70	109.80	117.10	Peso Agua (gr)	13.32	11.41	12.02	Peso Tara (gr)	27.97	28.16	28.06	P. Muestra Seca	86.73	81.64	89.04	Cont. Humedad	15%	14%	13%	Cont.Hum.Prom.	15%	14%	13%	DENSIDAD SECA	1.641	1.587	1.437																																																			
MOLDE	1	2	3																																																																																																																																						
Altura Molde mm.	117	117	117																																																																																																																																						
N° Capas	5	5	5																																																																																																																																						
N°Golp x Capa	13	27	56																																																																																																																																						
Cond. Muestra	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3																																																																																																																																						
P. Húm. + Molde	8307	8242	8304																																																																																																																																						
Peso Molde (gr)	4293	4385	4882																																																																																																																																						
Peso Húmedo (gr)	4014	3857	3422																																																																																																																																						
Vol. Molde (cc)	2120.00	2133.00	2098.00																																																																																																																																						
Densidad H. (gr/cc)	1.893	1.808	1.631																																																																																																																																						
Número de Tara	MT - 1	MT - 2	MT - 3																																																																																																																																						
P.Húmedo + Tara	128.02	121.21	129.12																																																																																																																																						
Peso Seco + Tara	114.70	109.80	117.10																																																																																																																																						
Peso Agua (gr)	13.32	11.41	12.02																																																																																																																																						
Peso Tara (gr)	27.97	28.16	28.06																																																																																																																																						
P. Muestra Seca	86.73	81.64	89.04																																																																																																																																						
Cont. Humedad	15%	14%	13%																																																																																																																																						
Cont.Hum.Prom.	15%	14%	13%																																																																																																																																						
DENSIDAD SECA	1.641	1.587	1.437																																																																																																																																						
ENSAYO DE HINCHAMIENTO																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TIEMPO ACUMULADO</th> <th colspan="3">NUMERO DE MOLDE</th> <th colspan="3">NUMERO DE MOLDE</th> <th colspan="3">NUMERO DE MOLDE</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">(Hrs)</th> <th rowspan="2">(Dias)</th> <th colspan="2">LECTURA DEFORM.</th> <th rowspan="2">HINCHAMIENTO (%)</th> <th colspan="2">LECTURA DEFORM.</th> <th rowspan="2">HINCHAMIENTO (%)</th> <th colspan="2">LECTURA DEFORM.</th> <th rowspan="2">HINCHAMIENTO (%)</th> </tr> <tr> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.0000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>1</td> <td>0.3100</td> <td>0.310</td> <td>0.266</td> <td>0.210</td> <td>0.210</td> <td>0.180</td> <td>0.190</td> <td>0.190</td> <td>0.163</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>2</td> <td>0.3200</td> <td>0.320</td> <td>0.274</td> <td>0.220</td> <td>0.220</td> <td>0.189</td> <td>0.200</td> <td>0.200</td> <td>0.172</td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>3</td> <td>0.3250</td> <td>0.325</td> <td>0.279</td> <td>0.230</td> <td>0.230</td> <td>0.197</td> <td>0.210</td> <td>0.210</td> <td>0.180</td> </tr> <tr> <td>96</td> <td>4</td> <td>0.3300</td> <td>0.330</td> <td>0.283</td> <td>0.240</td> <td>0.240</td> <td>0.206</td> <td>0.220</td> <td>0.220</td> <td>0.189</td> </tr> </tbody> </table>											TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			(Hrs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA DEFORM.		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA DEFORM.		HINCHAMIENTO (%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	0	0	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	24	1	0.3100	0.310	0.266	0.210	0.210	0.180	0.190	0.190	0.163	48	2	0.3200	0.320	0.274	0.220	0.220	0.189	0.200	0.200	0.172	72	3	0.3250	0.325	0.279	0.230	0.230	0.197	0.210	0.210	0.180	96	4	0.3300	0.330	0.283	0.240	0.240	0.206	0.220	0.220	0.189																																												
TIEMPO ACUMULADO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE																																																																																																																																	
(Hrs)	(Dias)	LECTURA DEFORM.		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA DEFORM.		HINCHAMIENTO (%)	LECTURA DEFORM.		HINCHAMIENTO (%)																																																																																																																															
		(mm)	(%)		(mm)	(%)		(mm)	(%)																																																																																																																																
0	0	0.0000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000																																																																																																																															
24	1	0.3100	0.310	0.266	0.210	0.210	0.180	0.190	0.190	0.163																																																																																																																															
48	2	0.3200	0.320	0.274	0.220	0.220	0.189	0.200	0.200	0.172																																																																																																																															
72	3	0.3250	0.325	0.279	0.230	0.230	0.197	0.210	0.210	0.180																																																																																																																															
96	4	0.3300	0.330	0.283	0.240	0.240	0.206	0.220	0.220	0.189																																																																																																																															
ENSAYO CARGA - PENETRACION																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PENETRACION</th> <th colspan="3">MOLDE N° 03</th> <th colspan="3">MOLDE N° 02</th> <th colspan="3">MOLDE N° 01</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">(mm)</th> <th rowspan="2">(pulg)</th> <th rowspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">ESFUERZO</th> <th rowspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">ESFUERZO</th> <th rowspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">ESFUERZO</th> </tr> <tr> <th>kg/cm2</th> <th>lb/pul2</th> <th>kg/cm2</th> <th>lb/pul2</th> <th>kg/cm2</th> <th>lb/pul2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td>0.000</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>0.64</td> <td>0.025</td> <td>57.0</td> <td>2.90</td> <td>41.20</td> <td>113.2</td> <td>5.77</td> <td>81.83</td> <td>191.3</td> <td>9.74</td> <td>138.29</td> </tr> <tr> <td>1.27</td> <td>0.050</td> <td>138.9</td> <td>7.07</td> <td>100.41</td> <td>263.5</td> <td>13.42</td> <td>190.48</td> <td>330.6</td> <td>16.84</td> <td>238.98</td> </tr> <tr> <td>1.91</td> <td>0.075</td> <td>173.3</td> <td>8.83</td> <td>125.27</td> <td>398.8</td> <td>20.31</td> <td>288.28</td> <td>588.0</td> <td>29.95</td> <td>425.05</td> </tr> <tr> <td>2.54</td> <td>0.100</td> <td>260.0</td> <td>13.24</td> <td>187.95</td> <td>543.3</td> <td>27.67</td> <td>392.74</td> <td>759.3</td> <td>38.67</td> <td>548.88</td> </tr> <tr> <td>5.08</td> <td>0.200</td> <td>347.7</td> <td>17.71</td> <td>251.34</td> <td>713.3</td> <td>36.33</td> <td>515.62</td> <td>1087.3</td> <td>55.38</td> <td>785.98</td> </tr> <tr> <td>7.62</td> <td>0.300</td> <td>377.7</td> <td>19.24</td> <td>273.03</td> <td>794.9</td> <td>40.48</td> <td>574.61</td> <td>1199.5</td> <td>61.09</td> <td>867.08</td> </tr> <tr> <td>10.16</td> <td>0.400</td> <td>412.2</td> <td>20.99</td> <td>297.97</td> <td>860.3</td> <td>43.81</td> <td>621.89</td> <td>1283.9</td> <td>65.39</td> <td>928.09</td> </tr> <tr> <td>12.70</td> <td>0.500</td> <td>442.2</td> <td>22.52</td> <td>319.65</td> <td>933.7</td> <td>47.55</td> <td>674.94</td> <td>1367.3</td> <td>69.84</td> <td>988.38</td> </tr> </tbody> </table>											PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01			(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		kg/cm2	lb/pul2	kg/cm2	lb/pul2	kg/cm2	lb/pul2	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.64	0.025	57.0	2.90	41.20	113.2	5.77	81.83	191.3	9.74	138.29	1.27	0.050	138.9	7.07	100.41	263.5	13.42	190.48	330.6	16.84	238.98	1.91	0.075	173.3	8.83	125.27	398.8	20.31	288.28	588.0	29.95	425.05	2.54	0.100	260.0	13.24	187.95	543.3	27.67	392.74	759.3	38.67	548.88	5.08	0.200	347.7	17.71	251.34	713.3	36.33	515.62	1087.3	55.38	785.98	7.62	0.300	377.7	19.24	273.03	794.9	40.48	574.61	1199.5	61.09	867.08	10.16	0.400	412.2	20.99	297.97	860.3	43.81	621.89	1283.9	65.39	928.09	12.70	0.500	442.2	22.52	319.65	933.7	47.55	674.94	1367.3	69.84	988.38
PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01																																																																																																																																	
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO																																																																																																																																
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2																																																																																																																															
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																															
0.64	0.025	57.0	2.90	41.20	113.2	5.77	81.83	191.3	9.74	138.29																																																																																																																															
1.27	0.050	138.9	7.07	100.41	263.5	13.42	190.48	330.6	16.84	238.98																																																																																																																															
1.91	0.075	173.3	8.83	125.27	398.8	20.31	288.28	588.0	29.95	425.05																																																																																																																															
2.54	0.100	260.0	13.24	187.95	543.3	27.67	392.74	759.3	38.67	548.88																																																																																																																															
5.08	0.200	347.7	17.71	251.34	713.3	36.33	515.62	1087.3	55.38	785.98																																																																																																																															
7.62	0.300	377.7	19.24	273.03	794.9	40.48	574.61	1199.5	61.09	867.08																																																																																																																															
10.16	0.400	412.2	20.99	297.97	860.3	43.81	621.89	1283.9	65.39	928.09																																																																																																																															
12.70	0.500	442.2	22.52	319.65	933.7	47.55	674.94	1367.3	69.84	988.38																																																																																																																															
OBSERVACIONES:																																																																																																																																									
EJECUTO																																																																																																																																									
																																																																																																																																									
APROBO  Iny. Lilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722																																																																																																																																									
FECHA																																																																																																																																									

Formato de Laboratorio 12. CBR parte I del suelo+ 7.5% CCA

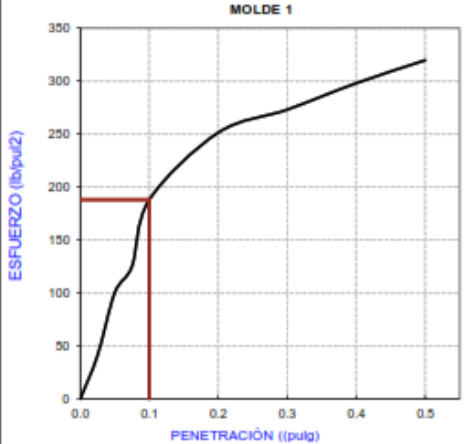


KAOLIN INGENIEROS S.A.C

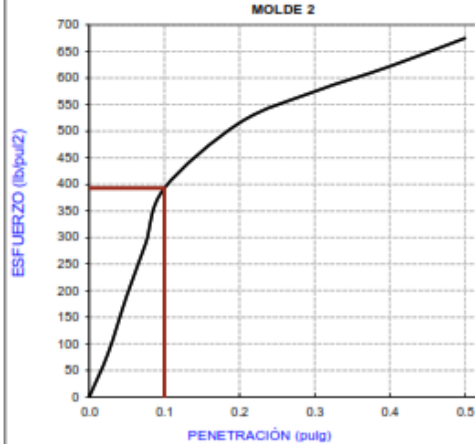
Jr. PROCERES N° 126-CAJAMARCA

Telefonos: MOV. 970909450 CLARO. 984336450

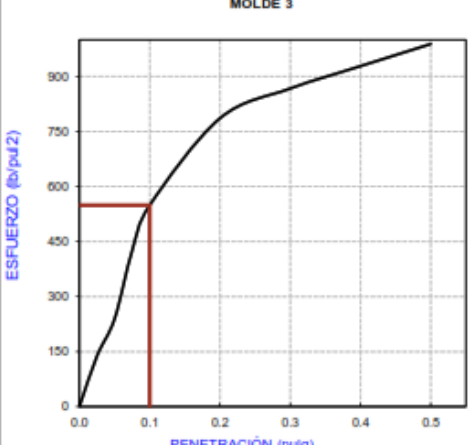
MOLDE 1



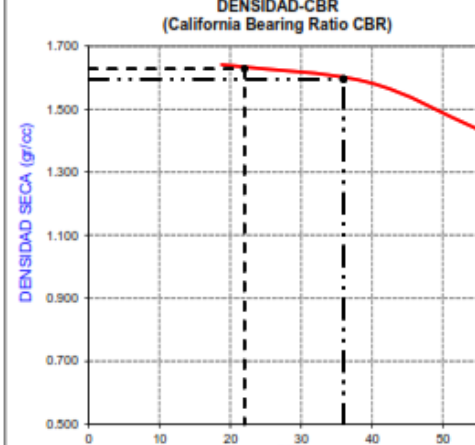
MOLDE 2



MOLDE 3



DENSIDAD-CBR
(California Bearing Ratio CBR)




PENETRACIÓN	Densidad	0.1" (*)	CBR(0.1)
MOLDE 3	1.641	188.00	18.8
MOLDE 2	1.587	393.00	39.3
MOLDE 1	1.437	549.00	54.9
Densidad Máxima Seca		1.628	
Humedad Óptima		13.3	

C.B.R. Para el 100% de la M.D.S.	0.1" =	22.0 %
C.B.R. Para el 95% de la M.D.S.	0.1" =	36.0 %

OBSERVACIONES: _____

EJECUTO



APROBO

KAOLYN INGENIEROS SAC

Lilian R. Villanueva Bazán

Iny. Lilian R. Villanueva Bazán
ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 116722


FECHA

FECHA

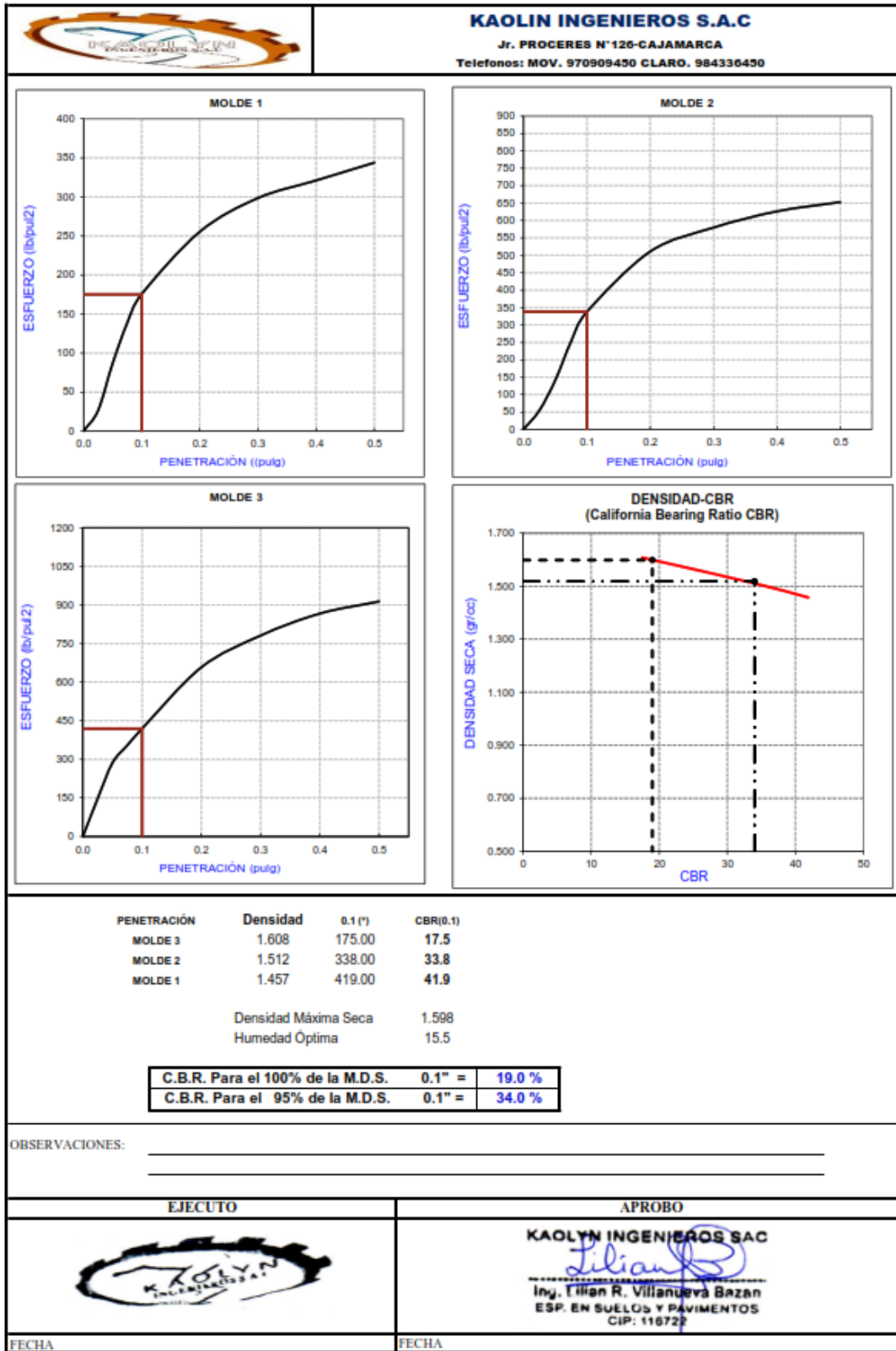
Formato de Laboratorio 13. CBR parte II del suelo+ 7.5% CCA

		KAOLYN INGENIEROS S.A.C Jr. PROCERES N° 126- CAJAMARCA Teléfonos: MOV. 970909450 CLARO: 984336450								
Título: PROCTOR MODIFICADO CON ADICIÓN DEL 8.5% DE CCA ASTM D 653		Código de control: F4A-10-OC								
Nro de revisión:	1	Fecha de revisión:	Oct-21							
		Página 1 de 1								
Obra	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACIÓN DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"		Fecha de muestreo: 26/10/2021							
Localización	E = E:775613.72 N:9210927.18 COTA:2726 m.s.n.m		Capa =							
Descripción	CALICATA N°01		Curva No. =							
Muestra No.:	KISAC-169-2020									
Solicitado por:										
Muestreado por:	JHONALBER TORRES GOICOICHEA									
DETERMINACIÓN										
Agua Agregada	6%	9%	12%	15%						
Peso Molde + material húmedo	6451.0	6822.0	7009.0	6903.0						
Peso del molde (g)	3062.00	3062.00	3062.00	3062.00						
Peso de material húmedo (g)	3389.0	3770.0	3947.0	3841.0						
Volumen del molde (cm ³)	2122.00	2122.00	2122.00	2122.00						
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.597	1.777	1.860	1.810						
Cápsula + material húmedo (g)	117.01	116.82	131.67	130.07	140.37	136.73	145.95	145.35		
Cápsula + material seco (g)	110.32	110.18	120.26	118.66	123.82	120.92	124.78	124.81		
Peso del agua (g)	6.69	6.64	11.41	11.41	16.55	15.81	20.77	20.54		
Número de cápsula	MT-1A	MT-1B	MT-2A	MT-2B	MT-3A	MT-3B	MT-4A	MT-4B		
Peso de la cápsula (g)	27.38	27.09	27.83	29.17	27.31	27.74	27.07	27.60		
Peso de suelo seco (g)	82.94	83.08	92.33	89.49	96.51	93.18	97.71	97.21		
Contenido de agua (%)	8.07	7.99	12.57	12.75	17.15	16.97	21.26	21.13		
Contenido de agua PROMEDIO (%)	8.03		12.66		17.06		21.19			
Densidad seca (g/cm ³)	1.48		1.58		1.59		1.49			
Tipo molde	4" X 6" diámetro		Volumen Molde		1" Secado		Peso molde			
Método	A	X	B	C	2122.00	CC	60°C / 110°C	X	3062.0	g
Clasificación SUCS	CL						ASTM		X	653 / 1567
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm ³) 1.598										
HUMEDAD ÓPTIMA % 15.5										
OBSERVACIONES:										
EJECUTÓ					APROBÓ					
					KAOLYN INGENIEROS SAC Ing. Lilian R. Villanueva Bazán ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722					
FECHA					FECHA					

Formato de Laboratorio 14. Proctor modificado del suelo+ 8.5% CCA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS KAOLYN INGENIEROS																																																																																																																																														
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) CON ADICIÓN DEL 8.5% DE CCA																																																																																																																																														
ASTM D1883																																																																																																																																														
<p>PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ PARA LA PAVIMENTACION DE LA CARRETERA SANTA ROSA DE COMBAYO, CAJAMARCA, 2021"</p>																																																																																																																																														
<p>DESCRIPCIÓN : Las muestras fueron ingresadas por Jhonalber Torres Goicochea COD. MUEST.: KISAC-169-2020</p>																																																																																																																																														
<p>SOLICITANTE : Jhonalber Torres Goicochea SUCS: CL</p>																																																																																																																																														
<p>UBICACIÓN : CALICATA N°01</p>																																																																																																																																														
<p>COORDENADAS : E: 775613.72 N: 9210927.18 COTA: 2726 m.s.n.m</p>																																																																																																																																														
<p>FECHA MUESTREO: 26/10/2021</p>																																																																																																																																														
COMPACTACION C B R																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>MOLDE</th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Altura Molde mm.</td> <td>117</td> <td>117</td> <td>117</td> </tr> <tr> <td>N° Capas</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>N°Golp x Capa</td> <td>13</td> <td>27</td> <td>56</td> </tr> <tr> <td>Cond. Muestra</td> <td>MUESTRA 1</td> <td>MUESTRA 2</td> <td>MUESTRA 3</td> </tr> <tr> <td>P. Hum + Molde</td> <td>8524</td> <td>8279</td> <td>8182</td> </tr> <tr> <td>Peso Molde (gr)</td> <td>4518</td> <td>4479</td> <td>4654</td> </tr> <tr> <td>Peso Húmedo (gr)</td> <td>4006</td> <td>3800</td> <td>3528</td> </tr> <tr> <td>Vol. Molde (cc)</td> <td>2124.00</td> <td>2123.00</td> <td>2142.00</td> </tr> <tr> <td>Densidad H. (gr/cc)</td> <td>1.886</td> <td>1.790</td> <td>1.647</td> </tr> <tr> <td>Número de Tara</td> <td>MT - 1</td> <td>MT - 2</td> <td>MT - 1</td> </tr> <tr> <td>P. Húmedo + Tara</td> <td>131.1</td> <td>153.6</td> <td>117.6</td> </tr> <tr> <td>Peso Seco + Tara</td> <td>116.1</td> <td>133.9</td> <td>107.2</td> </tr> <tr> <td>Peso Agua (gr)</td> <td>15.0</td> <td>19.7</td> <td>10.4</td> </tr> <tr> <td>Peso Tara (gr)</td> <td>29.2</td> <td>27.1</td> <td>27.1</td> </tr> <tr> <td>P. Muestra Seca</td> <td>86.9</td> <td>106.8</td> <td>80.1</td> </tr> <tr> <td>Cont. Humedad</td> <td>17.3%</td> <td>18.4%</td> <td>13.0%</td> </tr> <tr> <td>Cont. Hum. Prom.</td> <td>17.3%</td> <td>18.4%</td> <td>13.0%</td> </tr> <tr> <td>DENSIDAD SECA</td> <td>1.608</td> <td>1.512</td> <td>1.457</td> </tr> </tbody> </table>											MOLDE	1	2	3	Altura Molde mm.	117	117	117	N° Capas	5	5	5	N°Golp x Capa	13	27	56	Cond. Muestra	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	P. Hum + Molde	8524	8279	8182	Peso Molde (gr)	4518	4479	4654	Peso Húmedo (gr)	4006	3800	3528	Vol. Molde (cc)	2124.00	2123.00	2142.00	Densidad H. (gr/cc)	1.886	1.790	1.647	Número de Tara	MT - 1	MT - 2	MT - 1	P. Húmedo + Tara	131.1	153.6	117.6	Peso Seco + Tara	116.1	133.9	107.2	Peso Agua (gr)	15.0	19.7	10.4	Peso Tara (gr)	29.2	27.1	27.1	P. Muestra Seca	86.9	106.8	80.1	Cont. Humedad	17.3%	18.4%	13.0%	Cont. Hum. Prom.	17.3%	18.4%	13.0%	DENSIDAD SECA	1.608	1.512	1.457																																																								
MOLDE	1	2	3																																																																																																																																											
Altura Molde mm.	117	117	117																																																																																																																																											
N° Capas	5	5	5																																																																																																																																											
N°Golp x Capa	13	27	56																																																																																																																																											
Cond. Muestra	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3																																																																																																																																											
P. Hum + Molde	8524	8279	8182																																																																																																																																											
Peso Molde (gr)	4518	4479	4654																																																																																																																																											
Peso Húmedo (gr)	4006	3800	3528																																																																																																																																											
Vol. Molde (cc)	2124.00	2123.00	2142.00																																																																																																																																											
Densidad H. (gr/cc)	1.886	1.790	1.647																																																																																																																																											
Número de Tara	MT - 1	MT - 2	MT - 1																																																																																																																																											
P. Húmedo + Tara	131.1	153.6	117.6																																																																																																																																											
Peso Seco + Tara	116.1	133.9	107.2																																																																																																																																											
Peso Agua (gr)	15.0	19.7	10.4																																																																																																																																											
Peso Tara (gr)	29.2	27.1	27.1																																																																																																																																											
P. Muestra Seca	86.9	106.8	80.1																																																																																																																																											
Cont. Humedad	17.3%	18.4%	13.0%																																																																																																																																											
Cont. Hum. Prom.	17.3%	18.4%	13.0%																																																																																																																																											
DENSIDAD SECA	1.608	1.512	1.457																																																																																																																																											
ENSAYO DE HINCHAMIENTO																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TIEMPO</th> <th colspan="3">NUMERO DE MOLDE</th> <th colspan="3">NUMERO DE MOLDE</th> <th colspan="3">NUMERO DE MOLDE</th> </tr> <tr> <th colspan="2">ACUMULADO</th> <th colspan="2">LECTURA</th> <th colspan="2">HINCHAMIENTO</th> <th colspan="2">LECTURA</th> <th colspan="2">HINCHAMIENTO</th> <th colspan="2">LECTURA</th> <th colspan="2">HINCHAMIENTO</th> </tr> <tr> <th>(Hrs)</th> <th>(Dias)</th> <th>DEFORM.</th> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> <th>DEFORM.</th> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> <th>DEFORM.</th> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> <th>DEFORM.</th> <th>(mm)</th> <th>(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>1</td> <td>0.720</td> <td>0.720</td> <td>0.62</td> <td>0.390</td> <td>0.390</td> <td>0.33</td> <td>0.320</td> <td>0.320</td> <td>0.33</td> <td>0.320</td> <td>0.320</td> <td>0.27</td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>2</td> <td>0.750</td> <td>0.750</td> <td>0.64</td> <td>0.430</td> <td>0.430</td> <td>0.37</td> <td>0.350</td> <td>0.350</td> <td>0.37</td> <td>0.350</td> <td>0.350</td> <td>0.30</td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>3</td> <td>0.760</td> <td>0.760</td> <td>0.65</td> <td>0.440</td> <td>0.440</td> <td>0.38</td> <td>0.360</td> <td>0.360</td> <td>0.38</td> <td>0.360</td> <td>0.360</td> <td>0.31</td> </tr> <tr> <td>96</td> <td>4</td> <td>0.770</td> <td>0.770</td> <td>0.66</td> <td>0.450</td> <td>0.450</td> <td>0.39</td> <td>0.370</td> <td>0.370</td> <td>0.39</td> <td>0.370</td> <td>0.370</td> <td>0.32</td> </tr> </tbody> </table>											TIEMPO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			ACUMULADO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO		(Hrs)	(Dias)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	24	1	0.720	0.720	0.62	0.390	0.390	0.33	0.320	0.320	0.33	0.320	0.320	0.27	48	2	0.750	0.750	0.64	0.430	0.430	0.37	0.350	0.350	0.37	0.350	0.350	0.30	72	3	0.760	0.760	0.65	0.440	0.440	0.38	0.360	0.360	0.38	0.360	0.360	0.31	96	4	0.770	0.770	0.66	0.450	0.450	0.39	0.370	0.370	0.39	0.370	0.370	0.32																							
TIEMPO		NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE			NUMERO DE MOLDE																																																																																																																																						
ACUMULADO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO		LECTURA		HINCHAMIENTO																																																																																																																																		
(Hrs)	(Dias)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)																																																																																																																																	
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00																																																																																																																																	
24	1	0.720	0.720	0.62	0.390	0.390	0.33	0.320	0.320	0.33	0.320	0.320	0.27																																																																																																																																	
48	2	0.750	0.750	0.64	0.430	0.430	0.37	0.350	0.350	0.37	0.350	0.350	0.30																																																																																																																																	
72	3	0.760	0.760	0.65	0.440	0.440	0.38	0.360	0.360	0.38	0.360	0.360	0.31																																																																																																																																	
96	4	0.770	0.770	0.66	0.450	0.450	0.39	0.370	0.370	0.39	0.370	0.370	0.32																																																																																																																																	
ENSAYO CARGA - PENETRACION																																																																																																																																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PENETRACION</th> <th colspan="3">MOLDE N° 03</th> <th colspan="3">MOLDE N° 02</th> <th colspan="3">MOLDE N° 01</th> </tr> <tr> <th>(mm)</th> <th>(pulg)</th> <th>CARGA</th> <th colspan="2">ESFUERZO</th> <th>CARGA</th> <th colspan="2">ESFUERZO</th> <th>CARGA</th> <th colspan="2">ESFUERZO</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th></th> <th>kg/cm2</th> <th>lb/pul2</th> <th></th> <th>kg/cm2</th> <th>lb/pul2</th> <th></th> <th>kg/cm2</th> <th>lb/pul2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.00</td> <td>0.000</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> <td>0</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>0.54</td> <td>0.025</td> <td>36.6</td> <td>1.86</td> <td>26.46</td> <td>75.6</td> <td>3.85</td> <td>54.65</td> <td>204.3</td> <td>10.40</td> <td>147.88</td> </tr> <tr> <td>1.27</td> <td>0.050</td> <td>120.0</td> <td>6.11</td> <td>86.74</td> <td>195.0</td> <td>9.93</td> <td>140.96</td> <td>396.0</td> <td>20.17</td> <td>286.26</td> </tr> <tr> <td>1.91</td> <td>0.075</td> <td>191.3</td> <td>9.74</td> <td>138.29</td> <td>349.2</td> <td>17.78</td> <td>252.43</td> <td>490.0</td> <td>24.96</td> <td>354.21</td> </tr> <tr> <td>2.54</td> <td>0.100</td> <td>242.7</td> <td>12.36</td> <td>175.44</td> <td>467.1</td> <td>23.79</td> <td>337.65</td> <td>580.0</td> <td>29.54</td> <td>419.26</td> </tr> <tr> <td>5.08</td> <td>0.200</td> <td>353.3</td> <td>17.99</td> <td>255.39</td> <td>706.9</td> <td>36.00</td> <td>511.00</td> <td>909.5</td> <td>46.32</td> <td>657.45</td> </tr> <tr> <td>7.62</td> <td>0.300</td> <td>412.9</td> <td>21.03</td> <td>298.47</td> <td>802.0</td> <td>40.85</td> <td>579.74</td> <td>1080.2</td> <td>56.01</td> <td>780.84</td> </tr> <tr> <td>10.16</td> <td>0.400</td> <td>444.1</td> <td>22.62</td> <td>321.03</td> <td>866.4</td> <td>44.13</td> <td>626.29</td> <td>1198.3</td> <td>61.03</td> <td>866.22</td> </tr> <tr> <td>12.70</td> <td>0.500</td> <td>475.6</td> <td>24.22</td> <td>343.80</td> <td>903.2</td> <td>46.00</td> <td>652.90</td> <td>1263.5</td> <td>64.35</td> <td>913.35</td> </tr> </tbody> </table>											PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01			(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO					kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2	0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.54	0.025	36.6	1.86	26.46	75.6	3.85	54.65	204.3	10.40	147.88	1.27	0.050	120.0	6.11	86.74	195.0	9.93	140.96	396.0	20.17	286.26	1.91	0.075	191.3	9.74	138.29	349.2	17.78	252.43	490.0	24.96	354.21	2.54	0.100	242.7	12.36	175.44	467.1	23.79	337.65	580.0	29.54	419.26	5.08	0.200	353.3	17.99	255.39	706.9	36.00	511.00	909.5	46.32	657.45	7.62	0.300	412.9	21.03	298.47	802.0	40.85	579.74	1080.2	56.01	780.84	10.16	0.400	444.1	22.62	321.03	866.4	44.13	626.29	1198.3	61.03	866.22	12.70	0.500	475.6	24.22	343.80	903.2	46.00	652.90	1263.5	64.35	913.35
PENETRACION		MOLDE N° 03			MOLDE N° 02			MOLDE N° 01																																																																																																																																						
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO																																																																																																																																					
			kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2		kg/cm2	lb/pul2																																																																																																																																				
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00																																																																																																																																				
0.54	0.025	36.6	1.86	26.46	75.6	3.85	54.65	204.3	10.40	147.88																																																																																																																																				
1.27	0.050	120.0	6.11	86.74	195.0	9.93	140.96	396.0	20.17	286.26																																																																																																																																				
1.91	0.075	191.3	9.74	138.29	349.2	17.78	252.43	490.0	24.96	354.21																																																																																																																																				
2.54	0.100	242.7	12.36	175.44	467.1	23.79	337.65	580.0	29.54	419.26																																																																																																																																				
5.08	0.200	353.3	17.99	255.39	706.9	36.00	511.00	909.5	46.32	657.45																																																																																																																																				
7.62	0.300	412.9	21.03	298.47	802.0	40.85	579.74	1080.2	56.01	780.84																																																																																																																																				
10.16	0.400	444.1	22.62	321.03	866.4	44.13	626.29	1198.3	61.03	866.22																																																																																																																																				
12.70	0.500	475.6	24.22	343.80	903.2	46.00	652.90	1263.5	64.35	913.35																																																																																																																																				
OBSERVACIONES:																																																																																																																																														
EJECUTO																																																																																																																																														
APROBO																																																																																																																																														
																																																																																																																																														
<p>Ing. Lilian R. Villanueva Bazan ESP. EN SUELOS Y PAVIMENTOS CIP: 116722</p>																																																																																																																																														
FECHA																																																																																																																																														

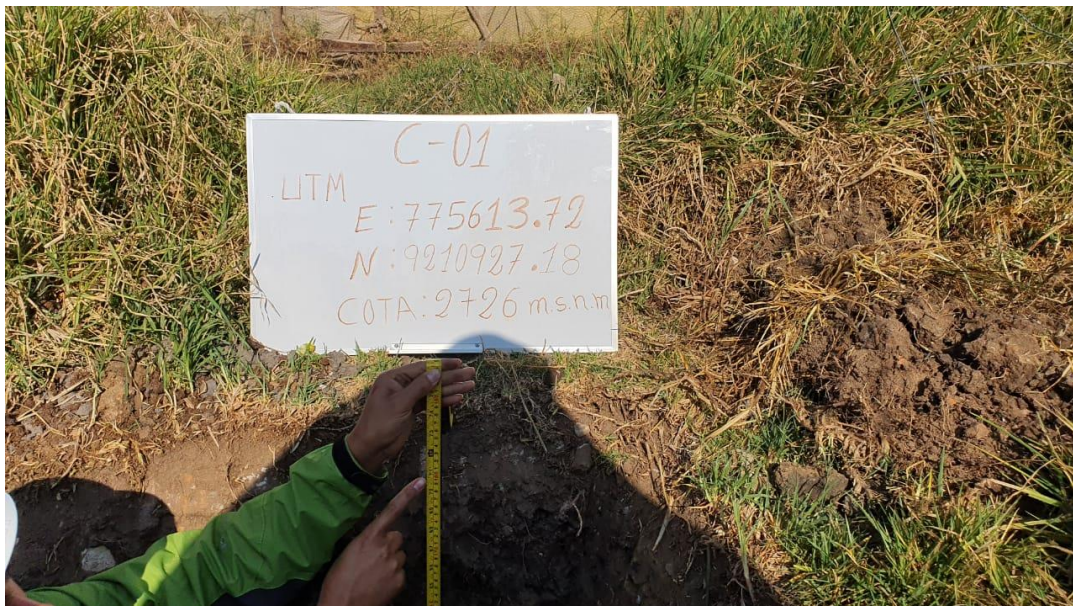
Formato de Laboratorio 15. CBR parte I del suelo+ 8.5% CCA



ANEXO 05. Panel fotográfico



Fotografía 1. Realización de la calicata C-01 con una profundidad de 1.80 m.



Fotografía 2. Coordenadas geográficas de la calicata.



Fotografía 3. Peso de recipiente para contenido de humedad.



Fotografía 4. Peso de la muestra de estudio para contenido de humedad.



Fotografía 5. Investigador realizando su estudio de contenido de humedad a 110°C.



Fotografía 6. Investigador realizando el lavado de la muestra para granulometría por lavado.



Fotografía 7. Acumulación de la muestra retenida en el lavado.



Fotografía 8. Investigador realizando el tamizaje de la muestra retenida en el lavado.



Fotografía 9. Peso de la muestra retenida por tamiz de granulometría por lavado.



Fotografía 10. Investigador realizando la mezcla de la muestra tamizado en la malla N° 40 para limite líquido.



Fotografía 11. Investigador realizando el enlace en la copa de Casa Grande para limite líquido.



Fotografía 12. Investigador realizando el proceso del número de golpes hasta que las dos mitades del suelo se pongan en contacto.



Fotografía 13. Dos mitades de la muestra en contacto por 1.27cm.



Fotografía 14. Investigador enrollando la muestra sobre una placa de vidrio para límite plástico.



Fotografía 15. Investigador secando la muestra al aire libre para el ensayo de Proctor modificado y CBR.



Fotografía 16. Investigador cuarteando la muestra para el ensayo de Proctor modificado.



Fotografía 17. Investigador realizando la mezcla de la muestra para Proctor modificado.



Fotografía 18. Investigador apisonando la muestra para Proctor modificado.



Fotografía 19. Investigador realizando la compactación para CBR.



Fotografía 20. Investigador tomando datos de hinchamiento del ensayo de CBR.



Fotografía 21. Hinchamiento del ensayo CBR.



Fotografía 22. Investigador realizando penetración de CBR.