



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en
el Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil**

AUTOR:

Garcia Condorcallo, Alan (orcid.org/0000-0003-3294-1836)

ASESOR:

Mg. Sigüenza Abanto Robert Wilfredo (orcid.org/ 0000-0001-8850-8463)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERU

(2022)

Dedicatoria

Este proyecto se la dedico a mi señor Jesucristo, en mi corazón, es mi guía, mi consuelo y mi mejor compañero.

Se lo dedico a quienes me inspiraron, a quienes me apoyaron a cumplir mis metas, a los que me educaron con valores, a las personas más valiosas que me dieron la vida, a mis padres Francisco y Antonia que me educaron con amor y valores.

A mis hermanos Julio, Zamuel y Pilar que compartieron conmigo momentos alegres, los llevo en mi corazón y en especial a mi esposa Esmeralda e hijo Liam Jesús quienes son mi motivación y los que me apoyan para poder realizarme con mucho esfuerzo de manera constante y así lograr mis objetivos, siempre con la bendición de nuestro señor Jesucristo.

Agradecimiento

Agradezco de manera especial al Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo por los alcances brindados en el desarrollo del proyecto de tesis, en los diferentes aspectos para culminar con éxito mi proyecto, bendiciones.

Agradezco de manera infinita a mis padres, hermanos, esposa, hijo y a mi amigos, pese a las circunstancias siempre estuvieron pendiente de cada paso que daba, cada mañana le doy gracias a Dios por ponerlos en mi camino.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	7
III. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Tipo y diseño de investigación	15
3.2 Variables y Operacionalización	15
3.3 Población, muestra y muestreo	16
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5 Procedimiento.....	20
3.6 Método de análisis de datos.....	21
3.7 Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS.....	22
V. DISCUSION	29
VI. CONCLUSIONES	34
VII. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS	38
ANEXOS.....	42

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química de ceniza de cáscara de arroz	13
Tabla 2. Organización de unidad de estudio de la Subrasante	19
Tabla 3. Ensayos de laboratorio de Suelos	20
Tabla 4. Resultados de análisis granulométrico de Subrasante.....	23
Tabla 5. Resultados del ensayo proctor modificado de la Subrasante.....	25
Tabla 6. Resultado del ensayo CBR de la Subrasante	27
Tabla 7. Categorías de Subrasante.....	27

Índice de figuras

Figura 1. Número de calicatas requeridas para exploración de suelos	17
Figura 2. Número de Ensayos CBR	18
Figura 3. Análisis granulométrico de la subrasante	24
Figura 4. Proctor modificado de la Subrasante	26
Figura 5. CBR de la Subrasante.....	28

Resumen

En el Perú, una de las principales actividades de producción agrícola es la de arroz, el cual tiene como residuo la cáscara de arroz y la ceniza. La investigación tiene como objetivo la reutilización de la ceniza como material para mejoramiento en suelos arenosos. Las cenizas aportan en la mejora de la granulometría, como finos no plásticos del suelo.

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, experimental, donde se realizaron las evaluaciones en laboratorio para la comparación de suelo natural y las diferentes combinaciones de suelo natural más las dosificaciones de ceniza.

Los resultados corresponden a un suelo arenoso, según categoría de Subrasante muy buena. La adición de ceniza aumenta el óptimo contenido de humedad y disminuye la máxima densidad seca para una requerida compactación. Con la adición de 10% de ceniza mejora la resistencia del suelo a 13.8% más del suelo natural. Debido a que la ceniza logra agregar los finos faltantes en las arenas llenando los espacios vacíos, haciendo la mezcla más densa y resistente.

Se recomienda el reusó de la ceniza porque ofrece una alternativa de solución sustentable, reduciendo la contaminación ambiental, para el mejoramiento de la subrasante en beneficio de la transitabilidad vehicular de la población.

Palabras claves: ceniza de cáscara de arroz (CCA), mejoramiento, subrasante.

Abstract

In Peru, one of the main agricultural production activities is that of rice, which has rice husks and ash as residue. The objective of the research is the reuse of ash as a material for improvement in sandy soils. The ashes contribute to the improvement of the granulometry, as non-plastic fines of the soil.

The research has a quantitative, experimental approach, where laboratory evaluations were carried out for the comparison of natural soil and the different combinations of natural soil plus ash dosages.

The results correspond to a sandy soil, according to the subgrade category, very good. The addition of ash increases the optimum moisture content and decreases the maximum dry density for the required compaction. With the addition of 10% ash, the resistance of the soil improves to 13.8% more than the natural soil. Because the ash manages to add the missing fines in the sand, filling the empty spaces, making the mixture denser and more resistant.

The reuse of ash is recommended because it offers an alternative sustainable solution, reducing environmental pollution, for the improvement of the subgrade for the benefit of the population's vehicular passability.

Keywords: rice husk ash (CCA), improvement, subgrade.

I. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial, cuyo el pavimento es el elemento importante la que soporta todo el tránsito vehicular, puede ser el factor del crecimiento social, turístico, cultural y económico de cualquier país, definitivamente hoy en día los países siguen las recomendaciones de los órganos financieros internacionales, recomiendan que los países mantengan una infraestructura en la mejor calidad posible, si bien es cierto a nivel mundial los países no tienen los suficientes medios económicos para poder pavimentar todas las vías, nosotros vemos nuestras trochas carrozables donde la misma norma técnica nos indica que hay un limitante en la ejecución del gasto, la calidad de los materiales porque no se abastece el país para poder atender todos los requerimientos, lamentablemente cuando en un país las vías no se encuentran en buen estado, se afecta la economía del país, los vehículos generan mayores costos de operación, el tiempo para transitar los pasajeros y productos demora más, nos falta competitividad al país, es bastante importante que se tenga en cuenta que a las vías hay que atenderlas.

Nosotros sabemos que las vías pavimentadas permiten el transporte de productos, el transporte de pasajeros, mejoran la educación, cultural, turística y los productos que se transportan de diversos tipos que van a alimentar a diversos tipos de industrias, sirven también para transportar materiales, insumos, etc.

Constantemente los ingenieros tenemos nuevos desafíos, uno de ellos es aportar estructuras de pavimento alternativos eficientes, con un bajo costo en la ejecución del presupuesto, cómodos con el diseño geométrico y cumpliendo las reglas para cuidar el medioambiente, es importante incidir que nosotros estamos entrando a otro tipo de alternativas o tecnologías de pavimentos como el reciclado, fresado, etc. Además de estar contribuyendo con el aspecto económico y con el medioambiente, debemos evitar esas soluciones de estar cortando, eliminando y trayendo materiales, en lo menos cuando se trate de construcciones.

El Perú no está al margen a estos cambios y de las diversas tecnologías tanto en los pavimentos rígidos, flexibles y semirrígidos se vienen aplicando a nivel mundial, tales como pavimentos modificadores como polímeros, la reutilización de los neumáticos, plásticos, etc.

El problema principal en el Perú para las carreteras es el mantenimiento vial, dado que no todas las vías tienen el mismo comportamiento, algunas presentan carreteras pavimentadas, otras no pavimentadas o con pavimento rígido, etc.

De acuerdo con datos a diciembre de 2018, de los 27,109.6 km que conforman Red Vial Nacional existente a cargo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, un 79.1% ya se encuentra pavimentada y con una gran probabilidad de que se llegue a 100% en los próximos 10 años. Lo opuesto ocurre con la Red Vial Departamental existente, donde de los 27,506.6 km que la conforman sólo el 13.2% se encuentra pavimentada y la Red Vial Vecinal existente donde del total de 113,857.9 km sólo el 1.6% de la red, es decir, cerca de 1,858.9 km se encuentran pavimentados.

En vista del comportamiento de estas redes viales, existe la transitabilidad de los vehículos. En caso de las Redes Viales Nacionales tienen mayor cantidad de vehículos transitando y dado esas características de sus vías, la gran mayoría son pavimentadas o con un tratamiento de base estabilizada en su totalidad.

En caso de las otras vías tanto de las Redes Viales Departamentales y Vecinales, no tienen el mismo comportamiento de las vías, dado que tienen poca demanda vehicular y el trato de sus vías viene hacer no pavimentada (Trocha, Afirmado, base estabilizada), debido a la flaqueza de la administración de las instituciones a cargo, demostrando que las autoridades no ansían por contar con vías pavimentadas, posiblemente por el alto costo, los varios procesos de administración que se necesitan para conseguirlos y reducidos recursos en las instituciones, provocando la declinación de la entidad MTC por no estar sustentada por los aspectos técnicos de la vía y solo darse presupuesto para intervenciones de la misma para su mantenimiento y/o conservación.

Cabe resaltar que el órgano encargado para los proyectos de inversión e intervención de carreteras es el MTC; que se encarga del mantenimiento de estas vías en modalidad de Ejecución Presupuestaria Directa y Contrata la cual se necesita profesionales en el área para la evaluación de estos proyectos, designándose a Provías Nacional para la red Vial Nacionales y Provías Descentralizado en coordinar con los Gobiernos Regionales y Local la atención de las vías Departamentales y Vecinales.

A sí mismo, otra falencia que tienen los Gobiernos Locales y los Gobiernos Regionales, que no cuentan con la clasificación y actualización de sus propias vías; tales como la partida de nacimiento de un recién nacido, el comportamiento de las vías deben tener un nacimiento al cual en el comportamiento de las redes viales, se rigen mediante el Sistema Nacional de Carreteras – SINAC, y muchas veces los

alcaldes y/o Gobernadores quieren que sean intervenidas vías que no contemplan lo mencionado, por lo que ocasiona demoras de los mismos para las nuevas proyecciones de los proyectos y algunas veces la asignación presupuestal para mejoramiento de las vías.

La meta es respaldar la continuidad de la duración favorable de la carretera y un buen funcionamiento y seguridad vial permisible, se consideran que la gestión de los caminos regionales son competencia de los Gobierno Regionales y los caminos vecinales son competencia de gobiernos locales o municipalidades; las cuales se consideran inversiones en: rehabilitación, mejoramiento, construcción e intervención: conservación y mantenimiento.

Dado a las inversiones que se financian los proyectos donde los gastos de un pavimento flexible difieren de un afirmado, se estima que para cumplir las características de un pavimento es necesario mínimo cumplir el IMD de 400 vehículos/día y en muchos casos por existir la vía a nivel de trocha no puede cumplir el mismo comportamiento de una vía pavimentada, la cual se estaría reduciendo el IMD a menos de los 400 vehículos/día y en algunos casos incluso son menos de 30 vehículos/día, ocasionando que los proyectos no puedan ser financiados y ocasionando demoras en los proyectos a la hora de querer ejecutarlos.

Muchos trabajos estiman el estado situacional donde refutan el principio primordial en vista que no puede ser igual el diseñar una carretera en la zona sierra, zona costa y zona selva. Se debe recordar que, en la selva, la red vial es exigua frente a las de otras regiones y que los suelos en cada una de ellas son totalmente diferentes por lo tanto se tiene que tener el criterio básico para poder plantear esta idea ya que a veces no sale tan rentable como parece.

Por lo que la infraestructura en carreteras es un factor muy importante en el país, dado que tiene una participación participativa en los gobiernos Locales o Vecinales, Departamentales y Nacionales en todo el país; puesto que apoya en el sector social, cultural y económico a través de los proyectos viales, los cuales en este plan se está mencionando en el Distrito de Samuel Pastor.

Aumentar la productividad para la infraestructura es fundamental en cambio, es escaso el desarrollo al no contar con los conocimientos necesarios para realizarlo, ocasionado enormes daños o pérdidas en el desarrollo de un país por una inadecuada planificación de proyectos o con altos costos de ejecución y que

sobrepasen los tiempos de ejecución, gestiones administrativas que no avanzan, errores en formulación de proyectos, otros.

Arequipa es la segunda región del país con mayor inversión privada, al ser una ventaja sobre las demás regiones del Perú, en la provincia de Camaná, distrito de Samuel Pastor, la actividad con mayor importancia es la actividad agrícola, principalmente con cultivos de arroz que abastecen a la región Arequipa y parte del país, y al contar con gran abundancia por desechos de cáscara de arroz, se plantea como alternativa la solución de adicionar CCA a fin para mejorar su resistencia en el suelo de fundación denominado subrasante.

Como **problema general** se plantea:

¿De qué forma puede influenciar la utilización de ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento del suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022?

Como **problemas específicos** se plantean:

¿De qué manera puede influenciar la utilización de ceniza de cáscara de arroz al óptimo contenido de humedad en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022?

¿De qué manera puede influenciar la utilización de ceniza de cáscara de arroz sobre la máxima densidad seca del suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022?

¿De qué manera puede influenciar la utilización de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia del suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022?

La justificación principal de este trabajo de investigación, es la importancia de conectar las rutas de comunicación y generar el crecimiento económico, turístico, cultural, educación, etc. creando soluciones en el mejoramiento de suelos, en el Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

Debido al crecimiento vehicular, la poca conservación de las vías, cambios climáticos, los cuales son parte de la causa de accidentes vehiculares, a nivel mundial se han realizado investigaciones para la estabilización de suelos con diferentes materiales tales como la cal, cemento, entre otros, que han logrado

mejorar las propiedades mecánicas de los suelos, como alternativa se propone el uso del material CCA para el mejoramiento de la subrasante y según investigaciones realizadas demuestran que la utilización de CCA mejora las propiedades mecánicas del suelo.

Como **objetivo general** se plantea:

Determinar si al añadir la ceniza de cáscara de arroz tiene como aporte el mejoramiento en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

Para conseguirlo se planteó los **objetivos específicos**:

Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz para obtener un buen óptimo contenido de humedad en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la máxima densidad seca en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

Determinar la cantidad de ceniza de cáscara de arroz para lograr conseguir la resistencia óptima en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

Como **hipótesis principal** se planteó:

El agregar la ceniza de cáscara de arroz, aporta al mejoramiento de suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

Se planteó las **siguientes hipótesis específicas**:

El agregar la ceniza de cáscara de arroz logra mejorar en el óptimo contenido de humedad en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

El agregar la ceniza de cáscara de arroz mejora la máxima densidad seca en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

El agregar la ceniza de cáscara de arroz, logra mejorar la resistencia en el suelo de la subrasante, Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, Licuy y Román (2020), concluyeron es su investigación en un suelo arcilloso empleando la adición de 10%, 20% y 30% del material puzolanico de ceniza de volcán y CCA, su objetivo es la estabilización de arcillas expansivas con adición de ceniza del volcán y CCA con diferentes dosificaciones como 10%, 20%, 30%, según resultados de ensayos, el ensayo de limite líquido demuestra que incrementando la dosificación de la puzolana de 20% en los suelos arcillosos expansivos, nos da como resultado la reducción del valor del límite líquido entre 16% hasta 32%.

Aponte y Calderón (2020), realizaron su investigación en un suelo limoso para determinar su resistencia del suelo empleando la adición de CCA, su objetivo es mejorar la subrasante del suelo limoso, adicionando la CCA con una dosificación de 12% y según resultados de ensayos, clasifico como suelo limoso con plasticidad baja con un crecimiento en la resistencia del suelo. Concluye que con la utilización del material cáscara de arroz como estabilizante resulta económico, reduciendo o disminuyendo la contaminación del medio ambiente y de fácil adquisición al ser un producto de la zona de investigación. También determinó que el ensayo de límite líquido demuestra que cuando disminuye el limite líquido nos da como resultado un suelo limoso de baja plasticidad. Recomienda quemar la cáscara de arroz a altas temperaturas, en un lugar apropiado para evitar contaminar el medio ambiente.

Clavería, Triana y Varon (2018), realizaron la investigación en suelos de origen volcánico, su objetivo es analizar el comportamiento de la subrasante al adicionar los materiales de CCA y ceniza de bagazo de caña de azúcar con la dosificación de 10%, según resultados de ensayos, determinó el mejoramiento de las propiedades mecánicas, incrementando la resistencia en el suelo de fundación denominado subrasante.

A nivel nacional, López (2021), concluyo la investigación de un suelo arcilloso para determinar la estabilización del suelo agregando material CCA en Moyobamba, su objetivo es determinar si influye con la adición de CCA como material estabilizante de suelo arcilloso en la subrasante, según resultados de ensayos, como granulometría, límite líquido y plástico, clasifico como suelo arcilloso orgánico con

una plasticidad alta, la clasificación SUCS "CH" y AASHTO "A-7-6 (20)" y con diferentes adiciones como el 5%, 10% y 15% de CCA. Los resultados obtenidos con suelo natural en el ensayo de CBR al 95% nos entrega la resistencia de 3.96% del suelo natural, adicionando la CCA con 5% aumenta la resistencia del suelo a 6.90%, adicionando la CCA con 10% sigue aumentando la resistencia del suelo a 10.5%, como parte de sus conclusiones nos indica que con la utilización de CCA como material estabilizante aporta con buenos resultados en la resistencia del suelo arcilloso.

Díaz (2018), realizo la investigación en un suelo arcilloso y limoso para el mejoramiento de la subrasante agregando material de CCA, en la vía San Martín – Lonya, mediante la utilización de CCA busca analizar las propiedades mecánicas que obtendrá el suelo con las diferentes dosificaciones mezcladas con la CCA, según resultados de ensayos en la calicata 01 indica con su clasificación SUCS con su categoría CH siendo un suelo arcilloso con plasticidad alta y clasificación AASHTO "A-7-6 (17)", en la calicata 02 nos muestra su clasificación SUCS con su categoría MH siendo un suelo limoso de plasticidad alta y clasificación AASHTO "A-7-6 (16)", en la calicata 01 notamos según ensayo proctor modificado tiene un 11.2% de óptimo contenido de humedad y 1.85g/cm³ de máxima densidad seca, realizando una comparación con la adición del 20% de CCA reduce el óptimo contenido de humedad a 8.1% y aumenta la máxima densidad seca de 1.88gr/cm³, según resultados del ensayo CBR de la calicata 01 de suelo natural al 95% nos indica su resistencia de 8.0%, realizando la comparación del CBR con la dosificación del 20% de CCA al 95% nos indica que aumenta su resistencia al 13.8% del suelo, añadiendo los resultados de porcentaje de absorción donde se demuestra a mas adición o aumento de dosificación de CCA disminuirá o reducirá el porcentaje de absorción, interpretando que la CCA absorbe menos cantidad de agua.

Araujo y Urbano (2020), realizo su investigación en un suelo según AASHTO clasifica como A-2-4 suelo con gravas y arenas limosa y SUCS clasifica como SP-SM siendo una arena pobremente gradada con limo, el estudio se ubica en Chosica, su objetivo es el diagnosticar la adición de CCA, incidiendo para estabilizar la

subrasante, , realizando el estudio de 03 calicatas para los análisis agregando diferentes adiciones de 4%, 7% y 10% respectivos, según resultados del ensayo CBR con la dosificación de 7% al 95% nos indica que aumenta su resistencia de 1.61 gr/cm³ del suelo de fundación denominado subrasante, alcanzando 15.1% de óptimo contenido de humedad con ello mejorar la estabilización del suelo.

Ormeño y Rivas (2020), concretaron la investigación en un suelo arcilloso para determinar la influencia de CCA y lograr estabilizar la subrasante en la localidad de Chota, tienen como su objetivo general, analizar las propiedades que puedan producirse al adicionar CCA en suelo arcilloso de fundación llamado subrasante en vías no pavimentadas, los resultados que se deben obtener de los ensayos añadiendo dosificaciones de CCA de 10 %, 15 %, 20 % y 25 % indican que el suelo mejora como estabilizante de subrasante, siendo la CCA un buen material cementante, en los resultados de CBR alcanza al 95% el valor de 23.7% de resistencia del suelo de fundación denominado subrasante, según los autores concluyen que si es posible ejecutar una obra vial que no esté pavimentada en flujos de tránsitos bajos.

De acuerdo al manual Diseño Geométrico (DG-2018) indica que son carreteras de tercera clase las vías que tienen un IMDA < a 400 vehículos por día, con calzada de 2 carriles, con ancho mínimo de 3.00 m. y pueden ser hasta 2.50 m. Las carreteras de tercera clase pueden ejecutarse con materiales estabilizantes que pueden ser industriales y naturales, modificando e incrementando las propiedades físicas, mecánicas en los suelos.

Vilchez (2019), concretaron la investigación en un suelo arcilloso arenoso para determinar la aplicación en la estabilización del suelo empleando la CCA en la vía Evitamiento Jaén, su objetivo es analizar el material CCA como estabilizante del suelo de fundación denominado subrasante, con resultados de granulometría, límite líquido y plástico, nos indica la clasificación como suelo arcilloso arenoso con plasticidad baja, un contenido de humedad de 4.1%, sus resultados de ensayos con la muestra natural tenemos en el proctor modificado la máxima densidad seca de 1.865% con el óptimo contenido de humedad de 12.8% y con ensayos CBR en

estado natural al 95% obtenemos la resistencia de 3.2% en una penetración a 1" y una resistencia de 2.7% con una penetración de 2", en comparación con las adiciones de CCA en el proctor modificado con adición del 3% se obtuvo una máxima densidad seca de 1.831%, con adición del 5% se tiene 1.816% y con adición del 10% se tiene 1.756% podemos notar que reduce la máxima densidad seca con la adición de CCA, con resultados CBR con la adición CCA de 3% al 95% con una resistencia de 3.5% en una penetración de 1" y una resistencia de 4.2% en una penetración de 2", con la adición de 5% al 95% con una resistencia de 4.9% con una penetración de 1" y una resistencia de 5.7% con una penetración de 2", finalmente con la adición de 10% al 95% con una resistencia de 7.2% con una penetración de 1" y una resistencia de 9.2% con una penetración de 2", lo que concluye que la CCA incrementa la resistencia en el suelo de fundación denominado subrasante al ser un material con buen comportamiento para estabilizar suelos.

Bustamante (2021), concreto la investigación en un suelo arcilloso en el distrito de Tumbes, para el mejoramiento del suelo aplicando la CCA, su objetivo general, indica determinar el aporte para mejorar la subrasante con CCA, según sus ensayos en granulometría, límite líquido y plástico, clasifica como suelo arcilloso de mediana plasticidad, los resultados de suelo natural de proctor modificado indica una Máxima densidad seca 1.89%, con óptimo contenido de humedad de 12.4% y un CBR al 95% tiene una resistencia de 3.2%, comparando con la adición de CCA notamos que agregando un 8% tiene un mejor comportamiento en su resistencia del suelo se demuestra con ensayos de CBR al 95% tiene una resistencia de 7.4% y al 100% tiene una resistencia de 9.4% en el suelo de fundación denominado subrasante.

Según INEI febrero (2022), registra una producción de 189 mil 440 toneladas de arroz cáscara con un crecimiento de 3.0% en comparación similar del mes de febrero del año 2021 (183 mil 959 toneladas), gracias a las condiciones térmicas que beneficiaron el crecimiento del vegetal y madurez del grano, con destino al consumo interno del país.

Uno de los principales desechos de agricultura es la cáscara de arroz, el cual obtenemos con la separación del grano de arroz y la cáscara de arroz, este proceso se realiza en las plantas de procesamiento de este producto. Por tanto, este desecho se puede reutilizar como material en la obtención de ladrillos con cal, obtención de cemento, pintura y otros usos.

La obtención del material CCA se realiza con el proceso de la incineración o quemado controlado en hornos los que reducirían el impacto de contaminación ambiental y no se debe realizar el quemado en áreas abiertas libres ya que por acción del viento produciría polvo de las cenizas provocando daños a las poblaciones cercanas, en la salud como enfermedades en la piel, enfermedades en la vista, concluyendo que lo correcto debe ser el quemado controlado en hornos para utilización del material como estabilizante químico natural.

Cuando los suelos pueden tener cambios como deformaciones altas y desgaste por utilización de ella o cambios por agentes climáticos, nos indica que puede convertirse en un suelo inestable y tiene la necesidad de requerir tratamientos para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, según estudios se tienen métodos de estabilización química, estabilización mecánica y estabilización física. La estabilización química consiste en adicionar otros materiales como por ejemplo la CCA, cal y otros materiales para cambiar o transformar sus propiedades físicas y mecánicas originando una reacción fisicoquímica o creando una matriz que realiza la aglomeración de partículas en los suelos.

Kumas Yadav et al. (2017). Según su uso y utilización como estabilizante químico, la CCA tiene un elemento principal que es la sílice con un alto porcentaje en peso hasta un 96.5% de su composición obtenida en laboratorio la cual se detalla en la siguiente tabla 1, notamos que, al tener a la sílice con el mayor porcentaje en peso, resulta indicado la utilización de la CCA como material para estabilizar la subrasante.

Tabla 1*Composición química de ceniza de cáscara de arroz*

Composición química	% en peso
Sílice (SiO ₂)	95.6
Óxido de aluminio (Al ₂ O ₃)	0.30
Óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	1.20
Óxido de calcio (CaO)	0.30
Óxido de magnesio (MgO)	0.20

Fuente: Kumar Yadav et al. (2017)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación **es aplicada**, trata de buscar, corregir o cambiar una realidad problemática, está más acertado en la aplicación rápida sobre el problema, antes que la explicación de un conocimiento universal desarrollado. (Borja, 2012).

Diseño de investigación

La presente investigación nos indica que el **diseño es experimental**, nos indica el uso o utilización de varias variables o de una variable, por consiguiente, participan como causas, las cuales nos indica que es la variable independiente y ordenar los impactos en la variable dependiente adentro de la observación por el investigador o investigadores. (Hernández, Baptista, Fernández, 2014).

La presente investigación que realizo es experimental, donde se usa la adición de dosificaciones en diferentes porcentajes de CCA siendo la variable independiente, con su objetivo de modificar y evaluar los resultados en la variable dependiente que es la subrasante en el Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022.

3.2 Variables y Operacionalización

Mejoramiento del suelo de la subrasante: El mejoramiento consiste en cambiar las características físicas en la subrasante por medio de procedimientos mecánicos y con las adiciones de diferentes porcentajes de materiales químicos, naturales o industrial, generalmente se usan estos materiales como estabilizantes en suelos inadecuados o pobres. (Borja, 2012).

La variable Independiente:

Ceniza de cáscara de arroz.

La Variable Dependiente:

Subrasante.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Mediante la presente investigación, nos indica que la población es la subrasante de la Avenida 3 del Asentamiento Humano Alto Buenos Aires, Arequipa. (Borja,2012).

Muestra

La muestra se identifica por el estudio de la Avenida 3 desde la progresiva 0+000.00 hasta la progresiva 0+930.00 del Asentamiento Humano Alto Buenos Aires, en el Distrito de Samuel Pastor, Arequipa.

Muestreo

El muestreo se comprende de la técnica a usar para escoger los mecanismos de la muestra total de la población. (Mata, 1997).

Aplicando el procedimiento de la norma técnica, ASTM D 420-69 y el uso del Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014) del capítulo IV Suelos, del ítem 4.1, nos indican los diferentes métodos en la ejecución de exploración del suelo y el muestreo.

Figura 1

Número de calicatas requeridas para exploración de suelos

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

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

Según figura 1, nos indica que es una carretera de tercera clase, se debe realizar 2 calicatas mínimo por kilómetro realizar la exploración de suelos y con una profundidad de 1.50m.

Figura 2

Número de Ensayos CBR

Tipo de Carretera	Nº MR y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none">• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none">• Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none">• 1 MR cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

Según figura 2, nos indica que es una carretera de tercera clase, la cantidad mínima de ensayos de CBR debe ser de 2 por kilómetro.

Unidad de análisis

Indicamos la cantidad de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, con un total de tres estudios incluyendo el 0% según tabla 2

Tabla 2*Organización de unidad de estudio de la Subrasante*

Ensayos	Calicata 1			Calicata 2			Calicata 3		
	0%	5%	10%	0%	5%	10%	0%	5%	10%
Tratamientos para Subrasante	M1-1	M1-2	M1-3	M2-1	M2-2	M2-3	M3-1	M3-2	M3-3
Granulometría por tamizado	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Limite liquido	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Limite plástico	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Clasificación AASTHO	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Clasificación SUCS	1	-	-	1	-	-	1	-	-
Proctor modificado	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CBR	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TOTAL	11 unidades			11 unidades			11 unidades		

Fuente: Elaboración propia (2022)

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: Observación participante donde se realiza la visita al asentamiento humano Alto Buenos Aires, con lo que registramos lo visto en campo las propiedades en que contiene en estado actual de la Avenida 3 y como se determinara el comportamiento del suelo con la adición de CCA.

Instrumento: se refiere a la recopilación de datos necesarios para determinar la estabilización de suelo de fundación denominado subrasante con las dosificaciones de CCA.

En la presente investigación, se inició el registro de información usando las fichas de recolección de datos, anotando los diferentes resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, graficando resultados y posteriormente realizar la comparación con las diferentes adiciones de CCA, con el objetivo de determinar el mejoramiento del suelo de fundación denominado subrasante y lograr un contenido húmedo óptimo, una máxima densidad seca y una mejor resistencia del suelo.

Las fichas o formatos técnicos de registro de información corresponden a la norma ASTM, adecuados por la entidad MTC para efectuar los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y finalmente analizar los datos que se logró obtener.

Tabla 3

Ensayos de laboratorio de Suelos

Ensayos de laboratorio	Norma Técnica
Muestreo de suelos y rocas	(ASTM D-420) / MTC E 101
Análisis granulométrico por tamizado	(ASTM D-422) / MTC E 107
Límite líquido	(ASTM D-4318) / MTC E 110
Límite plástico	(ASTM D-4318) / MTC E 111
Clasificación SUCS y AASTHO	(ASTM D-2487) / M-145
Proctor modificado	(ASTM D-1557) / MTC E 115
California Bearing Ratio CBR	(ASTM D-1883) / MTC E 132

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

3.5 Procedimiento

Para obtener los datos de campo es muy importante contar con las fichas técnicas con el ello nos apoya en el orden y correcta selección de información. Referente al estudio de laboratorio de mecánica de suelos, contamos con fichas técnicas de perfil estratigráfico que se realiza en campo y con los formatos para los ensayos que serán intervenidos en el laboratorio establecido por el investigador.

Se realizaron los ensayos de proctor modificado y CBR con diferentes dosificaciones del 5% de CCA y del 10% de CCA.

3.6 Método de análisis de datos

Con la información y datos recolectados en campo, se realizarán los análisis y cálculos utilizando los programas siguientes:

Word 2016

Excel 216

3.7 Aspectos éticos

En la presente investigación siendo el responsable principal de la elaboración del proyecto de investigación con el título de Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el Distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022, declaro que la elaboración se realizara con la mayor validez de recolección de información o datos, utilizando medios y fuentes correctas con el objetivo de entregar una investigación veraz y cumpliendo con los objetivos reales.

IV. RESULTADOS

Los resultados han sido obtenidos del laboratorio de suelos y pavimentos, realizando el estudio con las muestras para mejoramiento de la subrasante en la avenida 3 del Asentamiento Humano Alto Buenos Aires al adicionarle la CCA. Según norma técnica ASTM y MTC del Manual de ensayos de materiales RD N°18 - 2016 – MTC/14.

Análisis Granulométrico de la Subrasante:

Tabla 4

Resultados de análisis granulométrico de Subrasante

Análisis Granulométrico de la Subrasante						
Muestras	Gravas (%)	Arenas (%)	Limos y arcillas (%)	Humedad (%)	Clasificación SUCS	Clasificación AASTHO
Calicata 1	0.0	99.5	0.0	1.3	SP	A.3 (0)
Calicata 2	0.0	99.5	0.0	1.2	SP	A.3 (0)
Calicata 3	0.0	99.5	0.0	1.2	SP	A.3 (0)
CCA	0.0	98.0	2.0	---	SP	A-1-b (0)

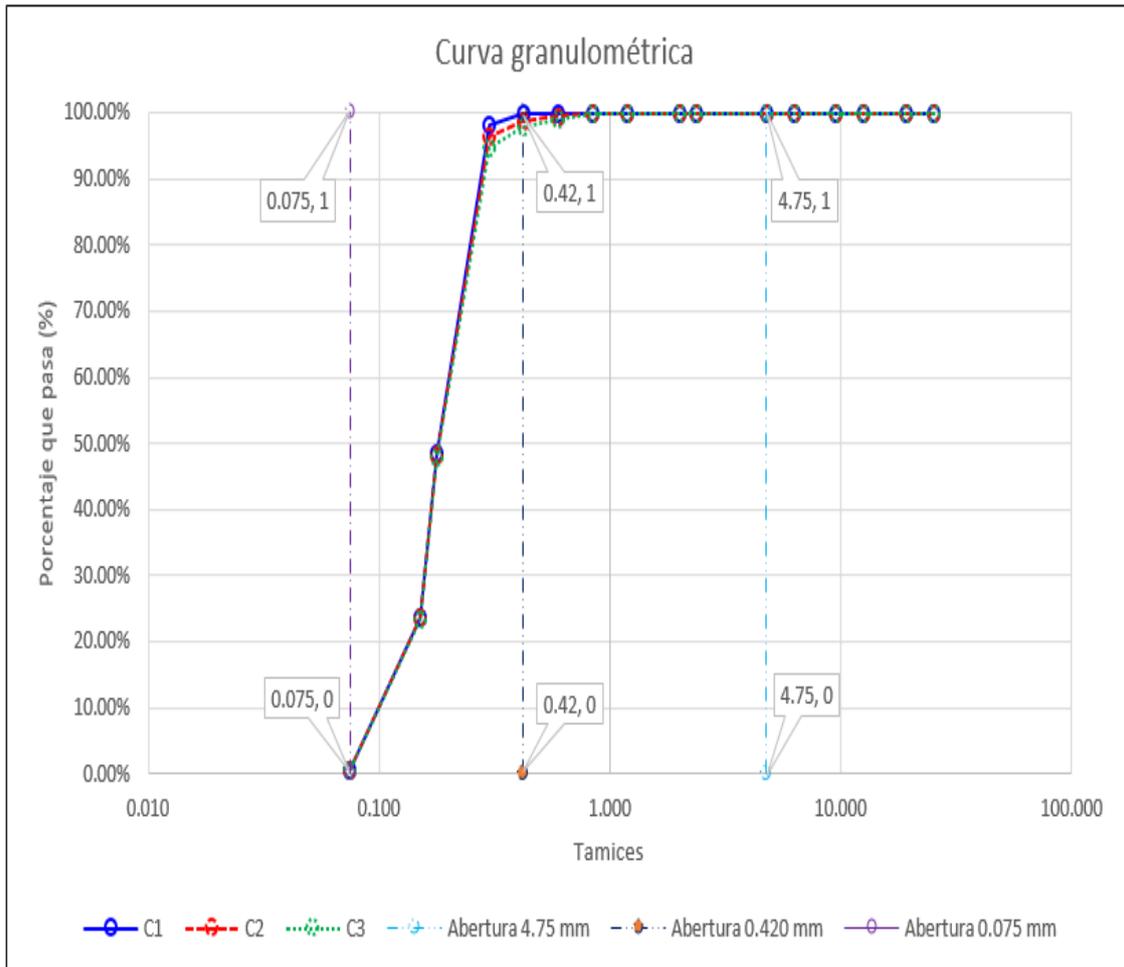
Fuente: Elaboración propia (2022)

Interpretación:

Según ensayos de granulometría, los resultados presentados por la tabla 4, se identifica que la calicata 1, calicata 2 y calicata 3 son homogéneos, de acuerdo al método AASHTO clasifica en la categoría A.3 (0) como un suelo arena fina mal graduada sin presencia de grava de gran tamaño y según método SUCS clasifica como un suelo arenoso pobremente graduado SP y con un contenido de humedad promedio de 1.2%, en el análisis de la CCA de acuerdo al método SUCS clasifica como suelo arena pobremente graduada SP y según método AASHTO clasifica en la categoría A-1-b (0), con un 98% de arena media fina y 2% de finos limosos no plásticos.

Figura 3

Análisis granulométrico de la subrasante



Fuente: Elaboración propia (2022)

Interpretación:

Según procesamiento de datos de granulometría, los resultados presentados por la figura 3, se identifica que la calicata 1, calicata 2 y calicata 3 son homogéneas, según la curva granulométrica nos indica que se trata de un suelo arena fina mal graduada sin presencia de grava de gran tamaño, debido a que se encuentran entre la abertura 0.420 mm. (N°40) hasta la abertura 0.075 mm. (N°200), según clasificación AASHTO el tipo de suelo arena fina no presenta límite líquido y límite plástico.

Ensayo de Proctor Modificado de la Subrasante:

Tabla 5

Resultados del ensayo proctor modificado de la Subrasante

Proctor modificado de la Subrasante		
Muestras	Óptimo contenido de humedad (%)	Máxima densidad seca (g/cm ³)
100% SSN + 0% CCA	13.9	1.563
95% SSN + 5% CCA	14.9	1.501
90% SSN +10% CCA	15.9	1.479

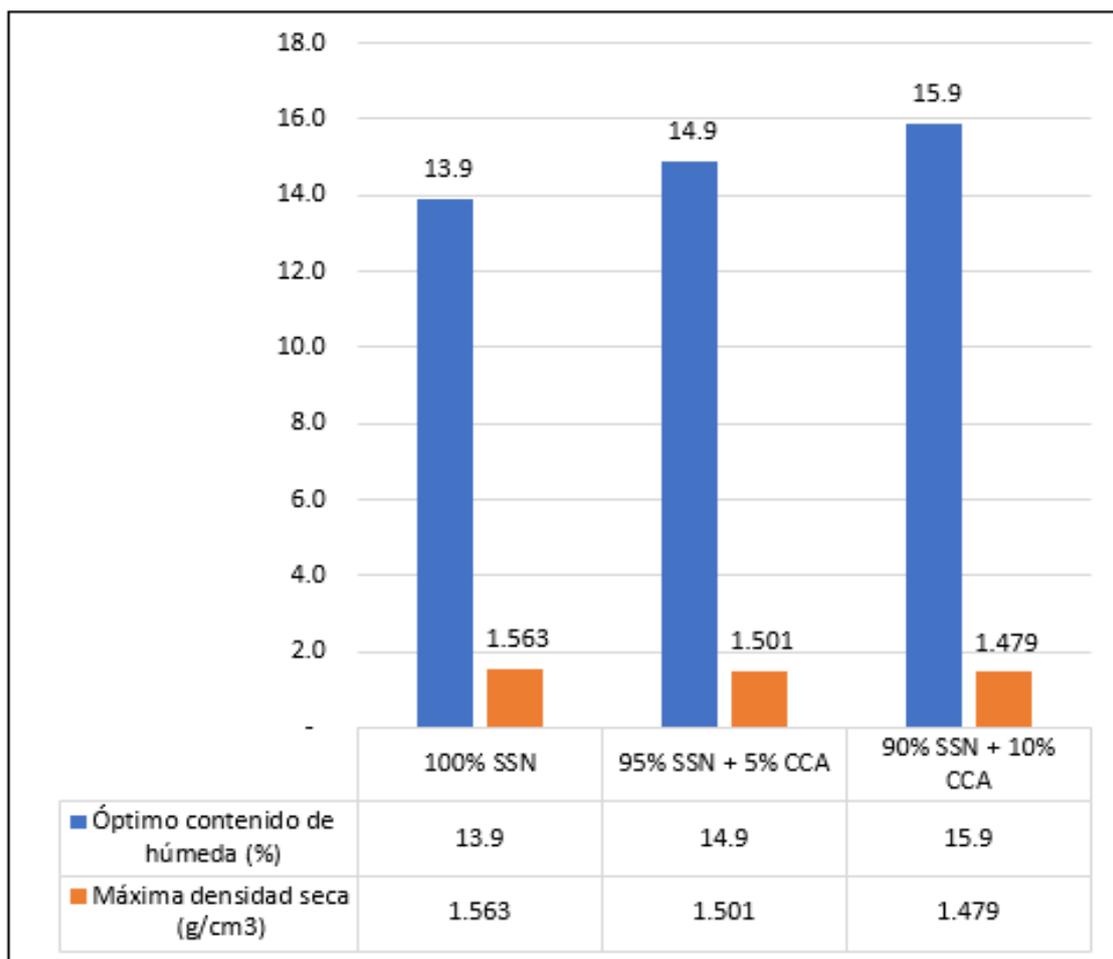
Fuente: Elaboración propia (2022)

Interpretación:

Según tabla 5, los valores corresponden al 100% del suelo natural y a las combinaciones con la adición de 5% de CCA y la adición del 10% de CCA, para su compactación permite determinar la relación entre el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de suelos empleando los moldes en capas según norma técnica, empleando un pistón de 10 lbf, cae de una altura normada que produce una energía de compactación de 2700 KN-m/m³.

Figura 4

Proctor modificado de la Subrasante



Fuente: Elaboración propia (2022)

Interpretación:

Según figura 4, nos indica con la muestra de estado natural logra la máxima densidad seca 1.563 g/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 13.9 % en comparación con la adición del 10% de CCA disminuye la máxima densidad seca a 1.479 g/cm³ y aumenta el óptimo contenido de humedad a 15.9%, produciéndose un incremento de 2% en el óptimo contenido de humedad respecto al suelo natural y disminuye un 0.084% la máxima densidad seca respecto al suelo natural.

Ensayo de CBR de la Subrasante.

Tabla 6

Resultado del ensayo CBR de la Subrasante

CBR de la Subrasante		
Muestras	CBR al 95% M.D.S. a 0.1"	CBR al 100% M.D.S. a 0.1"
100% SSN + 0% CCA	12.3%	16.5%
95% SSN + 5% CCA	16.8%	21.1%
90% SSN + 10% CCA	26.1%	34.3%

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 7

Categorías de Subrasante

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

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

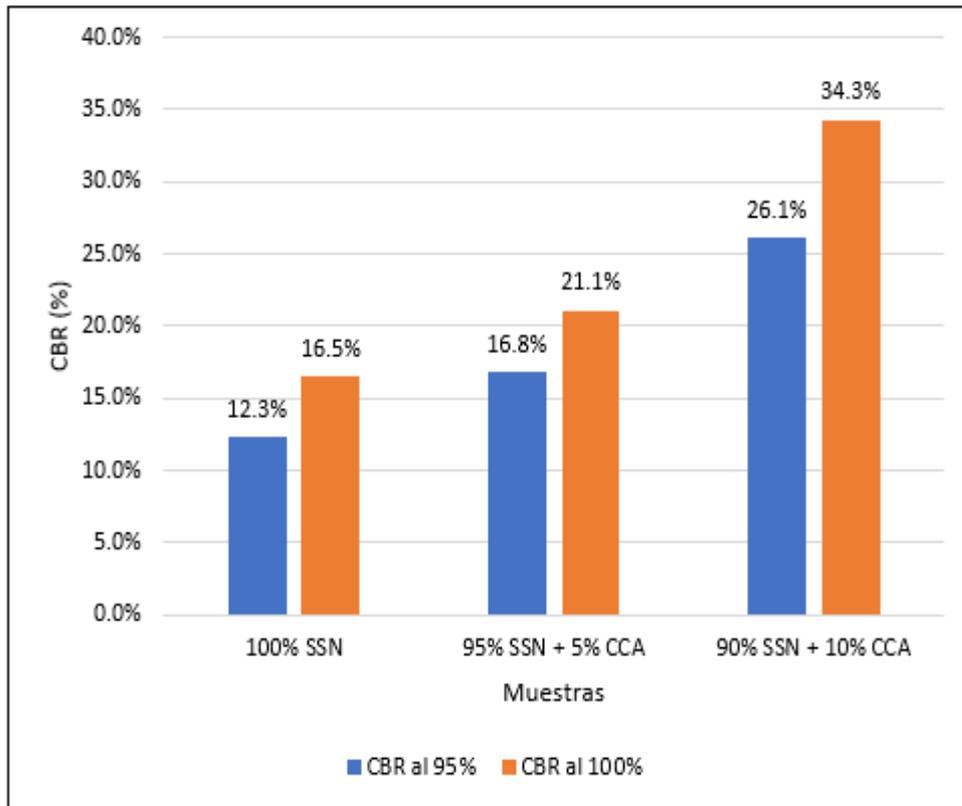
Interpretación:

Según tabla 6, los valores del suelo natural de CBR al 95% y al 100% de la máxima densidad seca con una penetración de carga de 0.1" y a las combinaciones con la adición de 5% CCA y con la adición de 10% de CCA.

Finalmente, según tabla 7 con la muestra de 90% SSN más 10% CCA, se encuentra en la categoría de Subrasante Muy Buena con un CBR al 95%.

Figura 5

CBR de la Subrasante



Fuente: Elaboración propia (2022)

Interpretación:

Según figura 5, los valores del suelo natural de CBR al 95% tenemos una resistencia de 12.3% comparando con la adición de 5% de CCA obtenemos una resistencia de 16.8% notando un incremento de 4.5%, comparando con la adición de 10% CCA obtenemos una resistencia de 26.1% notando un incremento de 13.8% con respecto al CBR al 95% del suelo natural.

V. DISCUSSION

Con los resultados obtenidos, procedemos a realizar comparaciones y debatiendo los resultados de la actual investigación con la información teórica relacionado con el tema y antecedentes que anteriormente se elaboraron.

Según la tesis de (Vilches, 2019), indica su clasificación como un suelo arcilloso arenoso, concluyendo con sus resultados en el ensayo de proctor modificado obtiene una máxima densidad seca de 1.865% en estado natural comparando con la adición de 5% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.816% y con la adición de 10% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.756%, notamos que a mayor adición de CCA disminuye o reduce la máxima densidad seca con un porcentaje de reducción promedio de 0.05% hasta 0.109% de la máxima densidad natural, notamos en el mismo ensayo el óptimo contenido de humedad es de 12.8% en estado natural comparando con la adición del 5% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 13.8% y con la adición de 10% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 14.7%, notamos que a mayor incremento o adición de CCA aumenta el óptimo contenido de humedad con un porcentaje promedio de 1.0% hasta 1.9%, con los resultados de CBR al 95% se obtiene una resistencia de 3.2% en el suelo natural comparando con la adición del 5% de CCA se obtiene una resistencia al 95% de 4.9% y con la adición del 10% de CCA se obtiene una resistencia al 95% de 7.2%, con lo que concluye que a mayor dosificación de CCA incrementa la resistencia del suelo, con los resultados obtenidos logro realizar el mejorar la estabilización del suelo arcilloso arenoso en la vía evitamiento, Jaén Cajamarca.

Con la investigación se verifico que la metodología aplicada es la apropiada la cual permite determinar las apropiadas dosificaciones de CCA.

Según la tesis de (López, 2021), indica su clasificación como un suelo arcilloso, concluyendo con sus resultados en el ensayo de proctor modificado obtiene una máxima densidad seca de 1.715% en estado natural comparando con la adición de 5% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.619%, con la adición de 10% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.544% y con la adición de 15% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.494%, notamos que a mayor adición

de CCA disminuye o reduce la máxima densidad seca con un porcentaje de reducción desde 0.096% hasta 0.221% de la máxima densidad natural, notamos en el mismo ensayo el óptimo contenido de humedad es de 19.0% en estado natural comparando con la adición del 5% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 21.72%, con la adición de 10% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 24.25% y con la adición de 15% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 27.50%, notamos que a mayor incremento o adición de CCA aumenta el óptimo contenido de humedad con un porcentaje promedio de 2.72% hasta 8.5%, con los resultados de CBR al 95% se obtiene una resistencia de 3.96% en el suelo natural comparando con la adición del 5% de CCA se obtiene una resistencia al 95% de 6.90%, con la adición del 10% de CCA se obtiene una resistencia al 95% de 9.60% y con la adición del 15% de CCA se obtiene una resistencia al 95% de 10.5%, con lo que concluye que a mayor dosificación de CCA incrementa la resistencia del suelo. con los resultados obtenidos logro realizar el mejorar la estabilización del suelo arcilloso en Moyobamba, departamento de San Martin.

Al realizar las comparaciones con otras tesis similares, notamos que, en suelos arcillosos, la máxima densidad seca de la CCA disminuye respecto al suelo natural, el óptimo contenido de humedad de la CCA incrementa o aumenta respecto al suelo natural, respecto a la resistencia del suelo notamos que logra incrementar gracias a la adición de CCA, en conclusión, la ceniza de cáscara de arroz tiene un buen aporte como mejoramiento o como buen material estabilizante de suelos de fundación denominado subrasante en suelos arcillosos.

Según la tesis de (Mory, 2020), indica que el suelo clasifica como una arena pobremente graduada con limo (SP-SM) en el método SUCS y como suelo A-3(0) en el método AASTHO, nos indica que con la adición de CCA se determina que mejora la gradación de finos de forma que los ordena o los reparte, favoreciendo a la acomodación con el material en conjunto cuando se realice la compactación, concluyendo con sus resultados en el ensayo de proctor modificado obtiene una máxima densidad seca de 1.64% en estado natural comparando con la adición de 4% de cemento más 5% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.61%, con la adición de 4% de cemento más 10% de CCA llega a una máxima densidad seca

de 1.51% y con la adición de 4% de cemento más 15% de CCA llega a una máxima densidad seca de 1.44%, notamos que a mayor adición de CCA disminuye o reduce la máxima densidad seca con un porcentaje de reducción desde 0.03% hasta 0.20% de la máxima densidad natural, notamos en el mismo ensayo el óptimo contenido de humedad es de 10.5% en estado natural comparando con la adición de 4% de cemento más del 5% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 16.0%, con la adición de 4% de cemento más el 10% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 17.0% y con la adición de 4% de cemento más el 15% de CCA llega a un óptimo contenido de humedad de 23.0%, notamos que a mayor incremento o adición de CCA aumenta el óptimo contenido de humedad con un porcentaje promedio de 5.5% hasta 12.5%, con los resultados de CBR al 100% se obtiene una resistencia de 39% en el suelo natural comparando con la adición de 4% cemento más del 5% de CCA se obtiene una resistencia al 100% de 148%, con la adición de 4% de cemento más el 10% de CCA se obtiene una resistencia al 100% de 120% y con la adición de 4% de cemento más el 15% de CCA se obtiene una resistencia al 100% de 62%, con lo que concluye que incrementa hasta la muestra de suelo natural más el 4% de cemento más el 10% de CCA incrementa la resistencia del suelo, con los resultados obtenidos de su investigación notamos que tienen relación hasta la combinación con 10% de CCA indicando que a mayor dosificación de CCA disminuye la máxima densidad seca y aumenta el óptimo contenido de humedad, ambas investigaciones demuestran el mejoramiento del suelo arenoso de fundación denominado subrasante.

Según la tesis de (Longa y Sánchez, 2021), indica que en los resultados de granulometría de sus calicatas se obtuvo el suelo con un elevado porcentaje de arena, sin presencia de grava y mínimas cantidades de arcilla y limo con su clasificación (SP) en el método SUCS y como suelo A-3(0) en el método AASTHO, con la combinación de ceniza de carbón lograron disminuir la máxima densidad seca y aumenta o incrementa el óptimo contenido de humedad en los resultados de proctor modificado, en los resultados de CBR lograron incrementar la resistencia con la combinación de suelo arenoso más 5%, 10% y 15% de ceniza de carbón, con sus hallazgos concluyeron que el material ceniza de carbón resulta ser un buen estabilizante para suelos arenosos en el suelo de fundación denominado

subrasante, siendo una alternativa ecológica en la reutilización de los desechos de este material el cual contribuye reducción de la contaminación ambiental, aplicándolo en la utilización del mejoramiento de la subrasante.

VI. CONCLUSIONES

1. La reutilización del material CCA como material estabilizante en suelos arenosos es importante porque nos ofrece una solución sustentable, reduciendo la contaminación ambiental, aplicándolo en la utilización del mejoramiento de la subrasante.
2. Socialmente con el desarrollo de la investigación se realiza el aporte para el beneficio de la sociedad, con la utilización del material proveniente de zona de investigación como es la cáscara de arroz, con el cual mejora la resistencia de la subrasante para el beneficio de la transitabilidad vehicular de la población.
3. En la investigación se evaluó la incorporación de CCA en un suelo arenoso, con lo cual incremento de 2% en el óptimo contenido de humedad de 13.9% de suelo natural a 15.9% en la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA, requiriendo mayor cantidad de agua, debido a la forma alargada irregular, mayor área de contacto y agregar los finos faltantes que existe en las arenas llenando los espacios vacíos para que tenga una mejor compactación.
4. Según experiencias de otros autores, se conoce a la arena como un material difícil de compactar por ser un suelo suelto, con lo cual disminuye a 0.084% g/cm³ de la máxima densidad seca de 1.563 g/cm³ de suelo natural a 1.479 g/cm³ en la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA.
5. En la investigación logramos obtener la máxima densidad seca de 1.479% y el óptimo contenido de humedad de 15.9% con la combinación de 90% de suelo natural más el 10% de CCA.
6. Con los resultados de CBR al 95% de suelo natural tiene una resistencia de 12.3% comparando con la combinación de 90% de suelo natural más 10% de CCA en el CBR al 95% nos da una resistencia de 26.1% en una penetración de 0.1", logrando el incremento de la resistencia de 13.8%.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer investigaciones con CCA con distintas clases de suelos, debido que logro ser un buen material estabilizante para el mejoramiento de suelos de fundación denominado subrasante.

Se recomienda hacer investigaciones con combinaciones de CCA con otros materiales estabilizantes naturales como la ceniza de carbón en suelos arenosos, para mejoramiento de suelos.

Se recomienda hacer investigaciones con CCA con distintas clases de suelos, para determinar el óptimo contenido de húmeda, la máxima densidad seca y la resistencia en el suelo de fundación denominado subrasante.

Se recomienda que se debe quemar o incinerar la cáscara de arroz en un horno con temperatura controlada lo que apoyara a la reducción de la contaminación ambiental, aplicándolo en la utilización del mejoramiento de la subrasante.

Se recomienda la reutilización de materiales estabilizantes naturales que puedan convertirse en cenizas ya que pueden ser usados como materiales alternativos ecológicos para el beneficio de la sociedad.

REFERENCIAS

Licuy y Román (2020). "Estudio de la estabilización de arcillas expansivas utilizando el 10, 20 y 30% en peso, de puzolanas de ceniza del volcán Tungurahua y ceniza de la cascarilla de arroz en composiciones iguales", <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20630>

Aponte y Calderón (2020). "Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo limoso con adición de ceniza de cascarilla de arroz", <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7445>

Clavería, Triana y Varon (2018). "Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante", <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/6314>

López (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", <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654616>

Díaz (2018). "Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera de San Martín – Lonya Grande, Amazonas", <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25951>

Araujo y Urbano (2020). "Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cáscara de arroz en calle integración – Chosica 2019", <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53995#:~:text=Los%20resultados%20obtenidos%20muestran%20que,logrando%20con%20esto%20una%20m%C3%A1xima>

Ormeño y Rivas (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”, <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/653974>

Manual de Carreteras - Diseño Geométrico (DG 2018), RD N° 03-2018-MTC/14 (30.01.2018), https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014), RD N° 10-2014-MTC/14 (09.04.2014), https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Ensayo de Materiales (2016), RD N° 18-2016-MTC/14 (03.06.2016), https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Vilchez (2019). “Aplicación de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019”, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48455>

Bustamante (2021). “Mejoramiento de la Subrasante Mediante la Aplicación de Ceniza de Cáscara de Arroz en el Distrito – Tumbes 2021”, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83005>

Mory (2020). “Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas”, <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4476>

INEI febrero (2022). Producción de arroz cáscara., <https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/603624-produccion-de-arroz-cascara-crecio-3-0-en-febrero-del-presente-ano>

Kumar Yadav, Anjani, Kumar Gaurav, Roop Kishor, and S. K. Suman. (2017). "Stabilization of Alluvial Soil for Subgrade Using Rice Husk Ash, Sugarcane Bagasse Ash and Cow Dung Ash for Rural Roads." *International Journal of Pavement Research and Technology* 10(3):254–61. doi: 10.1016/j.ijprt.2017.02.001.

Borja. 2012. Metodología de la investigación científica para ingenieros., https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil

Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Braja M. Das 4ta edición., https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geotecnica_braja_m_das_4ta_edicion

Allauca, Amen y Lung (2009). "Influencia del porcentaje de micro sílice a partir de la ceniza de cascarilla de arroz sobre la resistencia a la compresión, asentamiento, absorción y peso unitario de un concreto mejorado", <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12532/Huaroc%20Palacios%20Anita.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peláez y Benites (2020). "Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cáscara de arroz y cal", <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57379>

Hernandez, Fernandez y Baptista-Metodología Investigación Científica 6ta ed., <https://www.esup.edu.pe/wpcontent/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20BaptistaMetodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

Loza y Eswin (2021). "Estabilización de subrasante arcillosa con adición de ceniza de cascara de arroz para el diseño del pavimento flexible, Siringay, Arequipa", <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74133>

Mas (2021). “Estabilización de la subrasante con ceniza de cáscara de arroz, y aditivo terrasil en la carretera cashac – cuelcacha, quinjalca Chachapoyas 2021”, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/83361>

Longa y Sánchez (2021). “Estabilización con cenizas de carbón para mejoramiento de subrasante del Asentamiento Humano, Ciudad del Niño, Distrito de Castilla, Piura, 2021”, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/80387>

Butron (2021). “Mejoramiento con ceniza de tallo de quinua de la capacidad de soporte de subrasante del jr. Ica, llave - Puno, 2021”, <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/91323>

ASTM D 2487. 2000. Método SUCS, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Estados Unidos: s.n.

ASTM D-3282. Método AASHTO M145-American Association of State Highway and Transportation Officials.

ASTM Standard ASTM D1883-16. 2014. Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

ASTM Standard D1557-12. 2009. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort.

ASTM Standard D4318-17. 2010. Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.

ASTM Standard D6913/ D6913 - 17. 2009. Standard Test Methods for Particle Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.

ANEXOS

Anexo 1

Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
V.I. CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ	La CCA es aquel agregado que contiene sílice altamente reactiva que puede producirse con bastante facilidad, además es un material de fácil fabricación. Porque el arroz es un alimento básico y es consumido por varios países (Lopez, 2013, pag. 8)	La CCA tiene una alta composición de sílice reactiva y de fácil adquisición, para realizar el mejoramiento del suelo según la adición en diferentes porcentajes que son: 5% y 10% de para la subrasante	Dosificación de ceniza de cáscara de arroz	5% y 10% del peso de la muestra de la Subrasante	Razón
V.D SUBRASANTE	La subrasante es la capa que está a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se instala la estructura del pavimento, La capacidad de carga bajo las condiciones de operación, junto con el tráfico y las propiedades de los agregados de construcción de la banda de rodadura, forman las variables principales para el diseño de la estructura de la carretera que se colocará por arriba. (Manual de carreteras–Sección suelos y pavimento, 2014, p. 24)	Son carreteras sin pavimentar y mejora con la estabilización de CCA con diferentes porcentajes, se analizarán el óptimo contenido de humedad, máxima densidad seca y la resistencia.	Óptimo contenido de humedad Máxima densidad seca Resistencia	PROCTOR MODIFICADO CBR	Nominal

Fuente: Elaboración propia (2022)

Tabla 8

Ubicación de zona de investigación

Región:	Arequipa
Provincia:	Camaná
Distrito:	Samuel Pastor
Asentamiento Humano:	Alto Buenos Aires
Altitud:	165 m.s.n.m.

Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 6

Mapa político de Arequipa



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 7

Mapa político de la provincia de Camaná



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 8

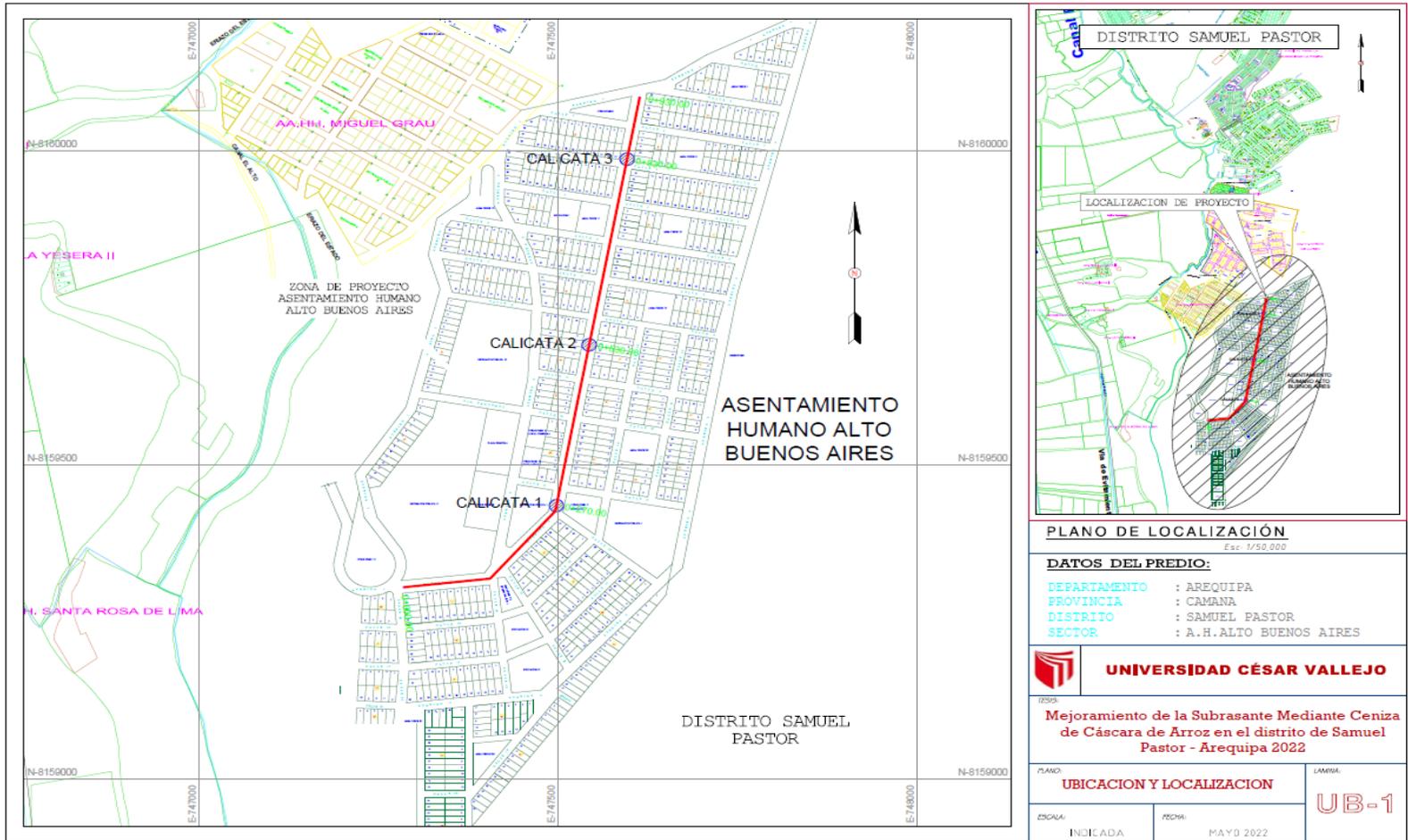
Ubicación de la zona de investigación



Fuente: Google Earth (2022)

Figura 9

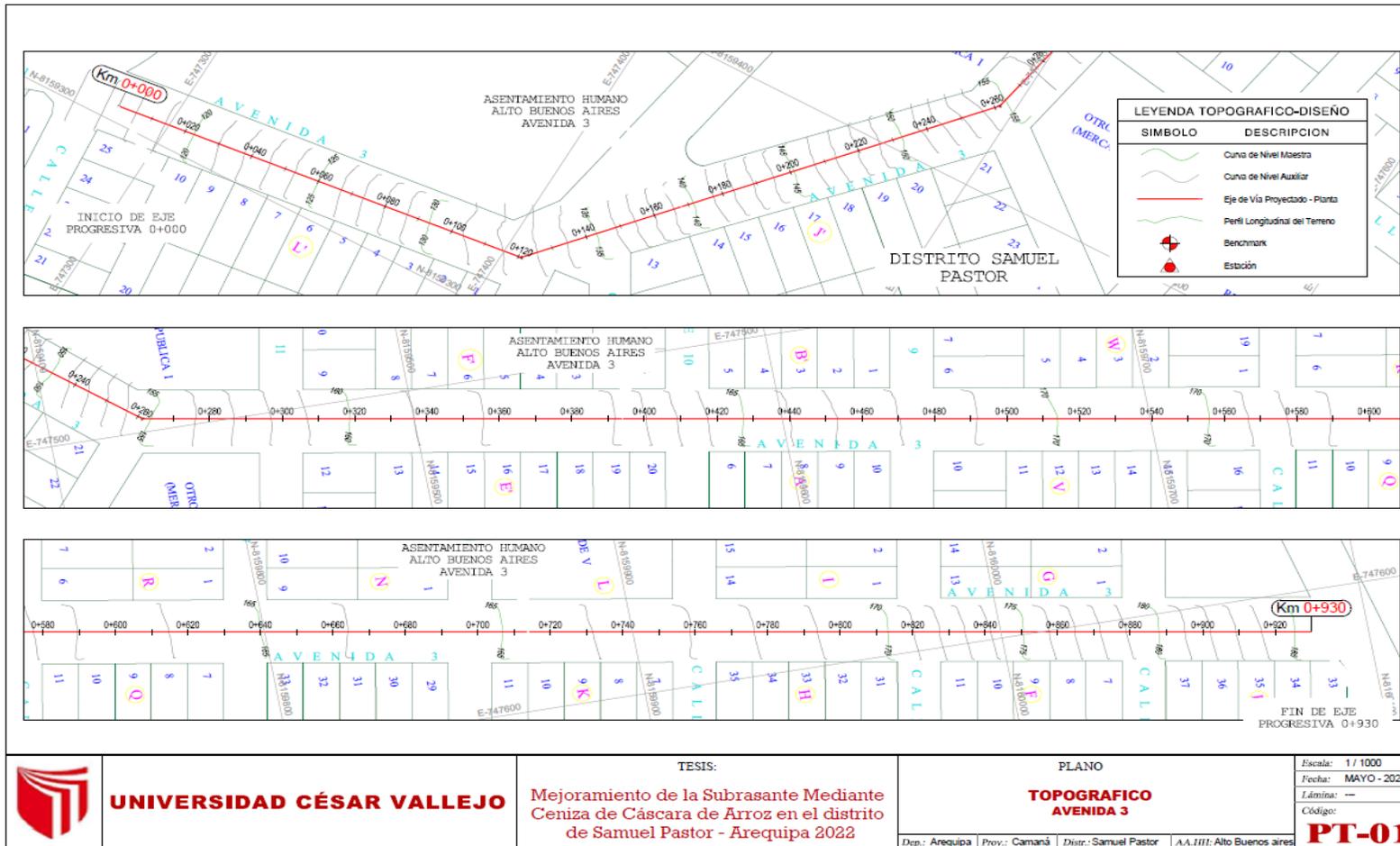
Plano de ubicación



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 10

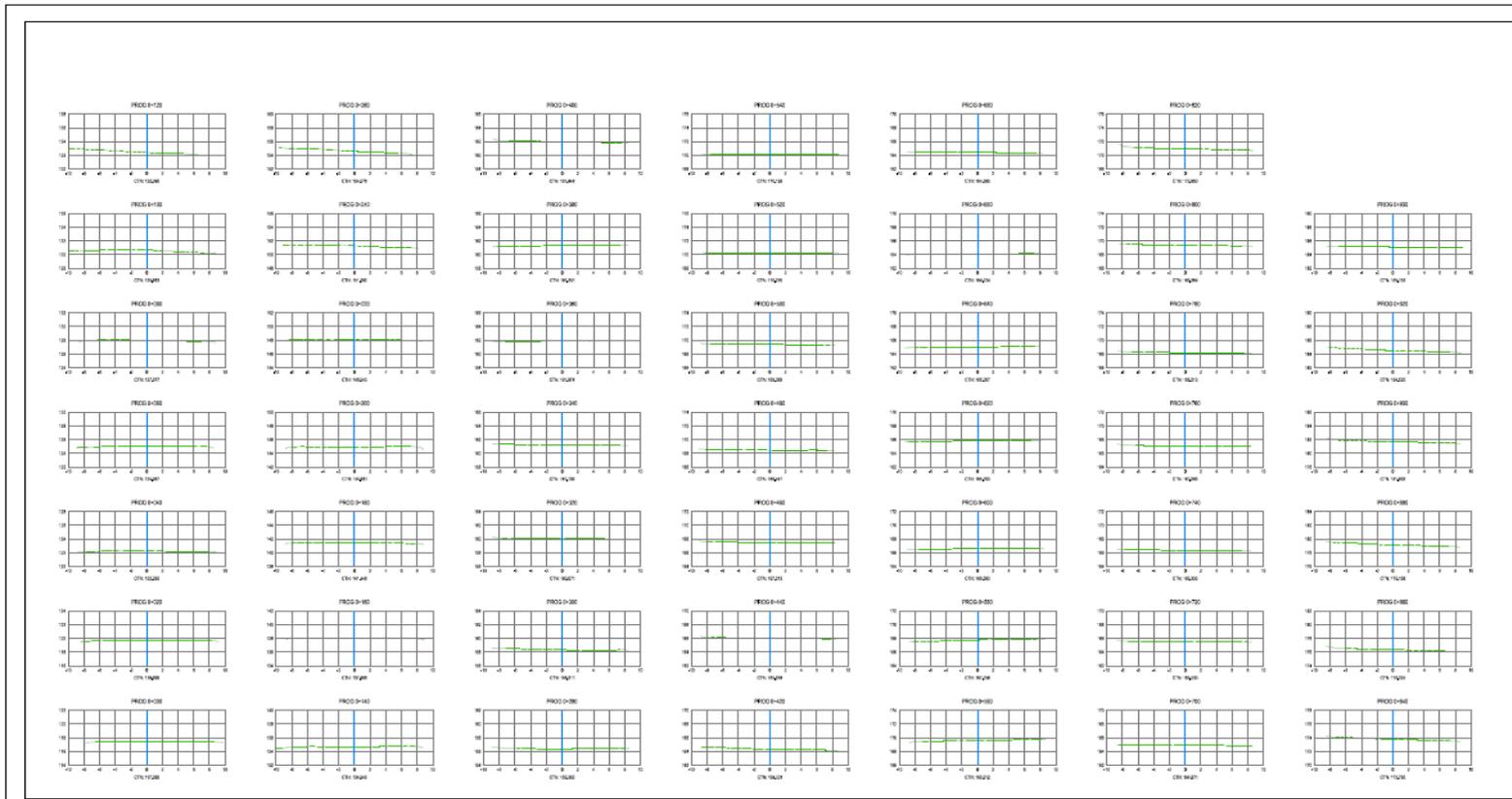
Plano de topográfico



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 11

Plano de secciones



TESIS:
**Mejoramiento de la Subrasante Mediante
 Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito
 de Samuel Pastor - Arequipa 2022**

PLANO
**SECCIONES TRANSVERSALES
 AVENIDA 3**
 Dep.: Arequipa | Prov.: Camaná | Distr.: Samuel Pastor | A.A.III: Alto Buenos aires

Escala: 1 / 250
 Fecha: MAYO - 2022
 Lámina: ---
 Código:
ST-01

Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 12

Ubicación calicata 1



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 13

Calicata 1 con material de estudio



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 14

Ubicación calicata 2



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 15

Calicata 2 con material de estudio



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 16

Ubicación calicata 3



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 17

Calicata 3 con material de estudio



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 18

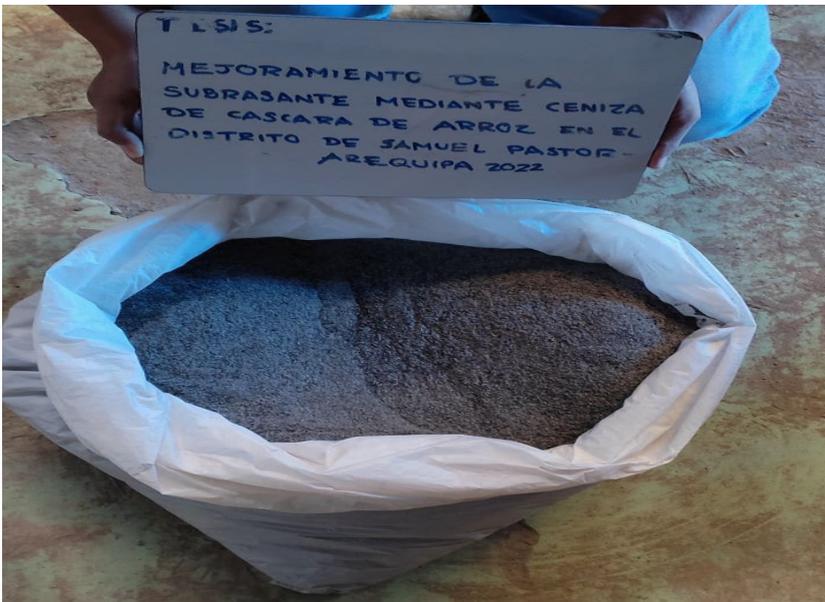
Cáscara de arroz



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 19

Ceniza de cáscara de arroz



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 20

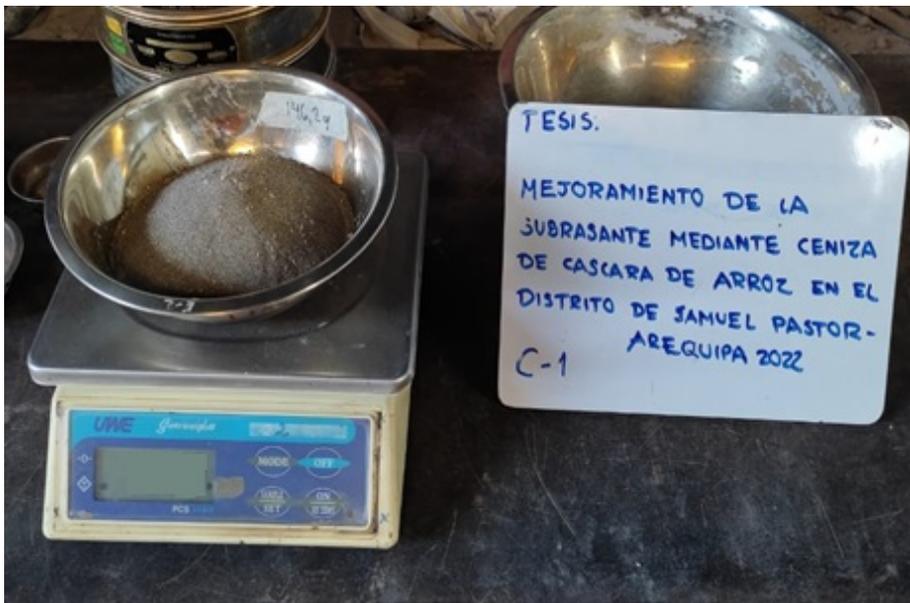
Cuarteo de la muestra



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 21

Material para ensayo de contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 22

Ensayo de análisis de granulometría calicata 1



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 23

Ensayo de análisis de granulometría calicata 2



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 24

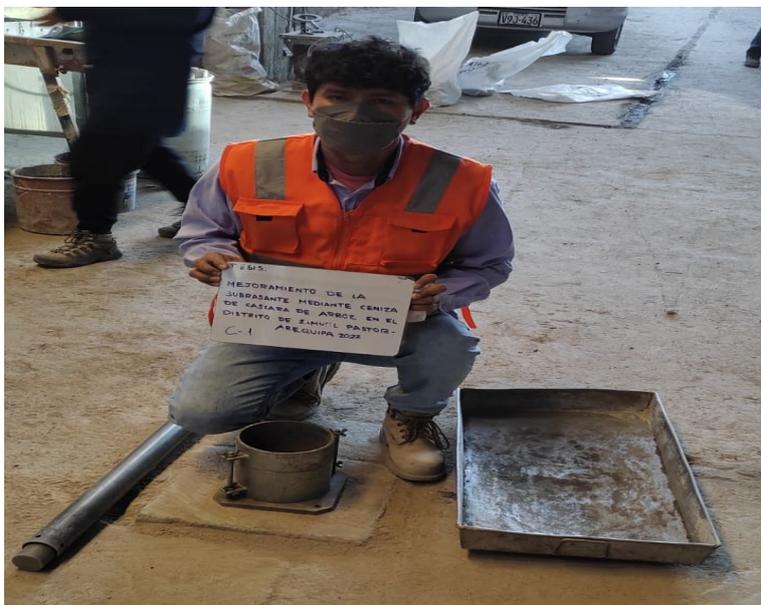
Ensayo de análisis de granulometría calicata 3



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 25

Ensayo de proctor modificado



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 26

Peso de muestra más molde, ensayo de proctor modificado



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 27

Peso de muestra más molde, ensayo de proctor modificado



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 28

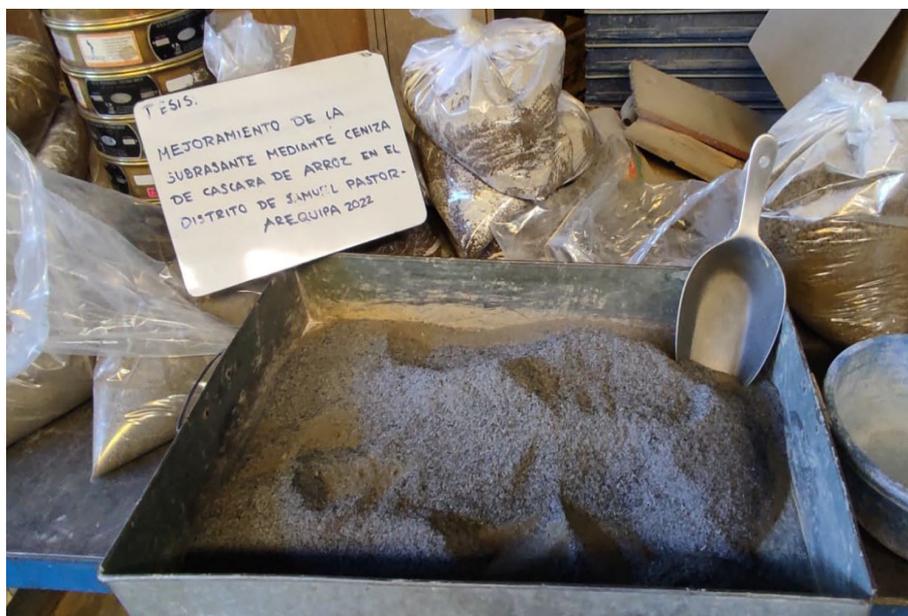
Peso de la ceniza de cáscara de arroz para la combinación del 5%



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 29

Combinación de suelo natural más dosificación de CCA



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 30

Muestras 100% de suelo natural y combinaciones saturadas para ensayo CBR



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 31

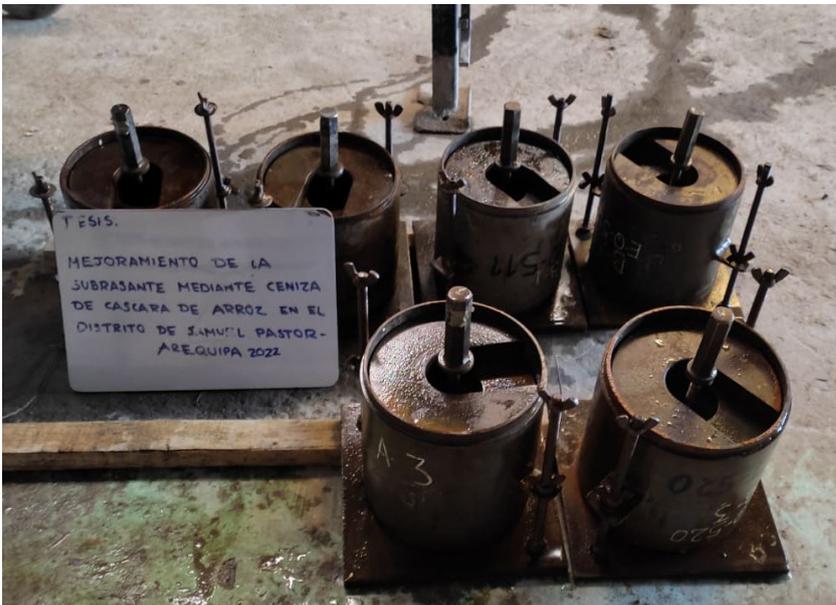
Muestras 100% de suelo natural y combinaciones saturadas para ensayo CBR



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 32

Muestras saturadas para el ensayo de CBR



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 33

Ensayo de CBR de las muestras saturadas



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 34

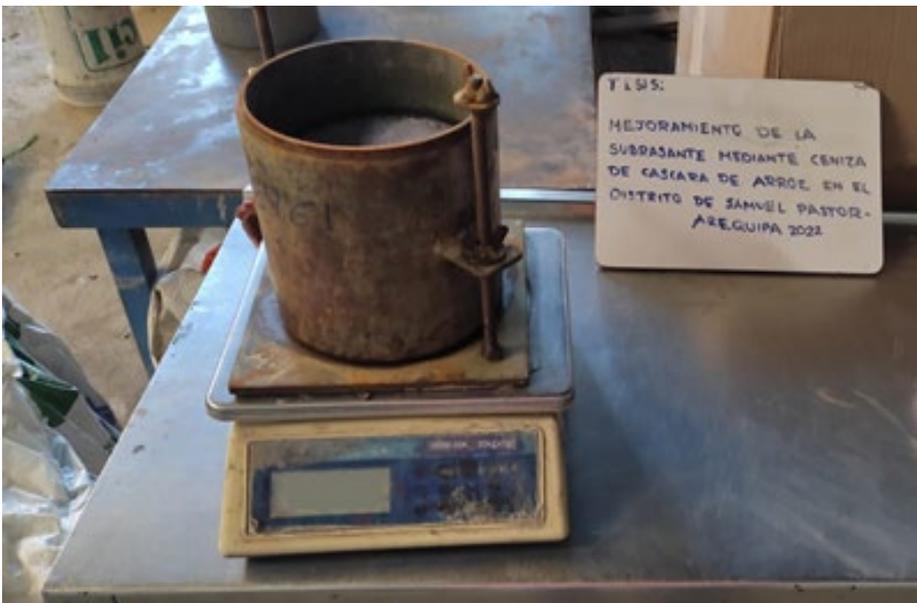
Ensayo de CBR de las muestras saturadas



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 35

Medición de molde más muestra saturada del ensayo de CBR



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 36

Muestra saturada del ensayo de CBR



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 37

Muestra saturada del ensayo de CBR colocadas en horno



Fuente: Elaboración propia (2022)

Figura 38

Muestra secada en horno del ensayo de CBR de muestra saturada



Fuente: Elaboración propia (2022)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 27

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m.

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: 0+270

Certificado : -

Hecho Por : -

Ing. Responsable : -

Fecha de Muestreo : 18/06/2022

Fecha de Ensayo : 20/06/2022

Muestra : Suelo subrasante natural (SSN)

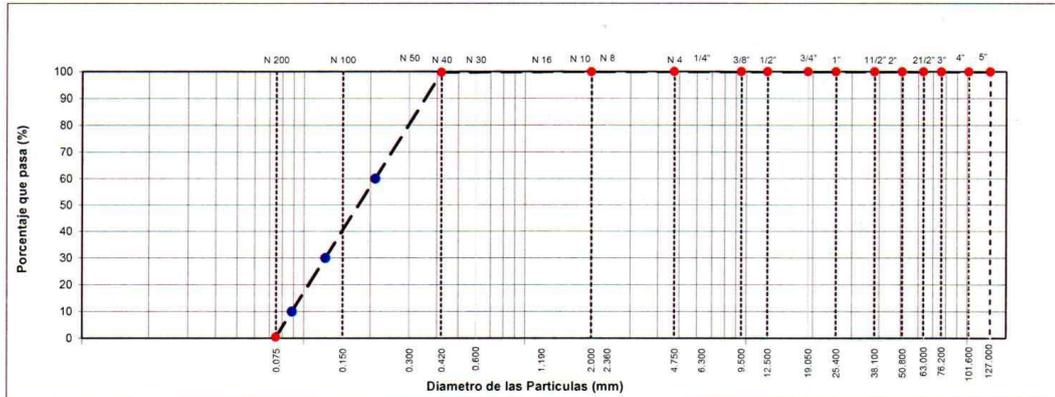
Tamaño Máximo : 500.0 g

Peso Inicial Seco : - g

Fracción : - g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000					Límite Líquido (LL) : N.P
4"	101.600					Límite Plástico (LP) : N.P
3"	76.200					Índice Plástico (IP) : N.P
2 1/2"	63.300					Clasificación (SUCS) : SP
2"	50.800					Clasificación (AASHTO) : A.3 (0)
1 1/2"	38.100					Max. Dens. Seca : 1.563
1"	25.400					Opt. Cont. Humedad : 13.91
3/4"	19.050					CBR 0.1" (95%) : 12.3
1/2"	12.500					CBR 0.1" (100%) : 16.5
3/8"	9.500					% Grava : 0.0
1/4"	6.300					% Arena : 99.5
Nº 4	4.750	0.0				% Fino : 0.5
Nº 8	2.360	0.0				Cu : 2.38
Nº 10	2.000	0.1	0.0	0.0	100.0	Cc : 0.84
Nº 16	1.190	0.1	0.0	0.0	100.0	Pot. de Expansión: Bajo Estable
Nº 20	0.840	0.0		0.0	100.0	OBSERVACIONES :
Nº 30	0.600	0.3	0.1	0.1	99.9	Arena fina mal graduada sin presencia de grava de gran tamaño.
Nº 40	0.420	0.6	0.1	0.2	99.8	
Nº 50	0.300	8.3	1.7	1.9	98.1	
Nº 80	0.177	247.7	49.5	51.4	48.6	
Nº 100	0.150	124.2	24.8	76.3	23.7	
Nº 200	0.075	116.4	23.3	99.5	0.5	
Platillo		2.3	0.5	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS
MTC E 108 / ASTM D 2216**

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO		Certificado : -
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022		Hecho Por : -
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires		Ing. Responsable : -
Calicata: C-1		Fecha de Muestreo : 18/06/2022
Profundidad: 1.50 m.	Muestra : Suelo subrasante natural (SSN)	Fecha de Ensayo : 20/06/2022
Eje proyecto: Avenida 3		
Progresiva: 0+270		

DATOS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION	UND.	01	02	03
Número de Tara	Nro.			
Masa de la muestra húmeda+tara	g.	1000.0		
Masa de la muestra seca+tara	g.	986.8		
Masa de la tara	g.			
Masa del agua	g.	13.2		
Masa de la muestra seca	g.	986.8		
Contenido de humedad	%	1.3		
PROMEDIO	%		1.3	
OBSERVACIONES:				



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 / ASTM D 4318 / AASHTO T 89
MTC E 111 / ASTM D 4318 / AASHTO T 90

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m.

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: 0+270

Muestra : Suelo subrasante natural (S)

Certificado : -

Hecho Por : -

Ing. Responsable : -

Fecha de Muestreo : 18/06/2022

Fecha de Ensayo : 20/06/2022

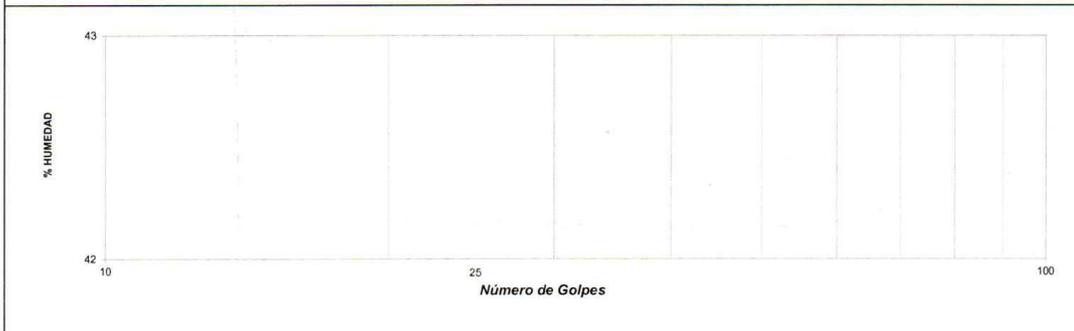
		Material Pasante Tamiz N° 40	
DESCRIPCION	UNIDAD	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Recipiente	N°		
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.		
Peso de Recipiente (C)	gr.		
Peso del Agua (A-B)	gr.		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.		
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%		
Golpes	N°		

NP

NP

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	N.P	N.P	

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES



OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO
MTC E 115 / ASTM D 1557

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO	Certificado: -
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022	Hecho Por: -
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires	Ing. Responsable: -
Calicata: C-1	Fecha de Muestreo: 18/06/2022
Profundidad: 1.50 m.	Fecha de Ensayo: 20/06/2022
Eje proyecto: Avenida 3	Muestra: Suelo subrasante natural (SSN)
Progresiva: 0+270	

COMPACTACIÓN

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ****
 NUMERO DE GOLPES POR CAPA : 56
 NUMERO DE CAPAS : 5

NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	9685	9917	10145	10100
PESO DE MOLDE (gr)	6405	6405	6405	6405
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	3280	3512	3740	3695
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2098	2098	2098	2098
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.564	1.674	1.783	1.761
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.460	1.520	1.563	1.498

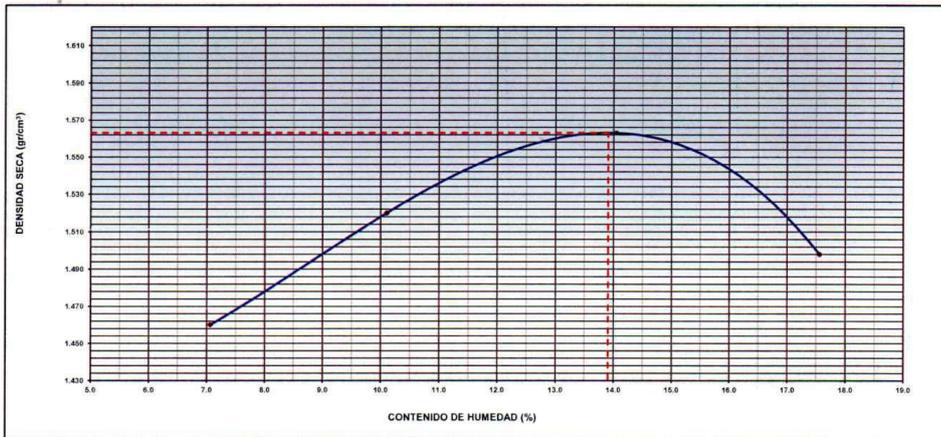
RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.563
Óptimo Contenido de Humedad (%)	13.9

CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°	1	2	3	4
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	500.0	500.0	500.0	500.0
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	467.0	454.1	438.4	425.3
PESO DE LA TARA (gr)				
PESO DE AGUA (gr)	33.0	45.9	61.6	74.7
PESO DE SUELO SECO (gr)	467.0	454.1	438.4	425.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.1	10.1	14.1	17.6

RESULTADOS CORREGIDOS PARA CAMPO ASTM D 4718	
Retenido en Tamiz de 3/4" (%)	----
Peso específico de Grava > 3/4" (gr.)	----
Humedad de la Grava > 3/4" (%)	----
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	----
Óptimo Contenido de Humedad (%)	----

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.)
MTC E 132 / ASTM D 1883

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires
Calicata: C-1
Profundidad: 1.50 m.
Eje proyecto: Avenida 3
Progresiva: 0+270

Certificado: -
Hecho Por: -
Ing. Responsable: -
Fecha de Muestreo: 18/06/2022
Fecha de Ensayo: 23/06/2022

Muestra: Suelo subrasante natural (SSN)

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

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.756	12.956	12.272	12.562	12.456	12.792
Peso molde (gr.)	7.145	7.145	7.176	7.176	7.746	7.746
Peso suelo compactado (gr.)	5.611	5.811	5.096	5.386	4.710	5.046
Volumen del molde (cm³)	3.192	3.192	3.192	3.192	3.192	3.192
Densidad húmeda (gr./cm³)	1.758	1.820	1.596	1.687	1.475	1.581
Humedad (%)	14.0	17.0	14.1	17.1	13.9	16.8
Densidad Seca (gr./cm³)	1.541	1.556	1.399	1.441	1.295	1.353

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara+suelo húmedo (gr.)	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
Tara+suelo seco (gr.)	438.5	427.5	438.2	426.9	438.9	427.9
Peso de agua (gr.)	61.5	72.5	61.8	73.1	61.1	72.1
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	438.5	427.5	438.2	426.9	438.9	427.9
Humedad (%)	14.0	17.0	14.1	17.1	13.9	16.8

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO				NO EXPANSIVO							

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		38	1.9			19	0.9			8	0.4		
0.050		66	3.3			33	1.6			17	0.8		
0.075		128	6.3			64	3.2			33	1.6		
0.100	70.307	246	12.1	11.6	16.5	123	6.1	5.8	8.3	58	2.9	2.9	4.1
0.150		358	17.7			179	8.8			93	4.6		
0.200	105.460	520	25.7			260	12.8			126	6.2		
0.300		654	32.3			327	16.1			163	8.0		
0.400		672	33.2			336	16.6			167	8.2		
0.500		652	32.2			321	15.8			160	7.9		

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.)
MTC E 132 - ASTM D 1883

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Calicata: C-1

Profundidad: 1.50 m.

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: 0+270

Muestra : Suelo subrasante natural (SSN)

Certificado : -

Hecho Por : -

Ing. Responsable : -

Fecha de Muestreo : 18/06/2022

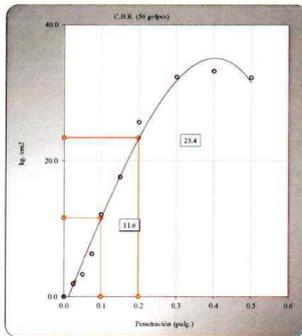
Fecha de Ensayo : 27/06/2022

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca = 1.563 gr/cm³

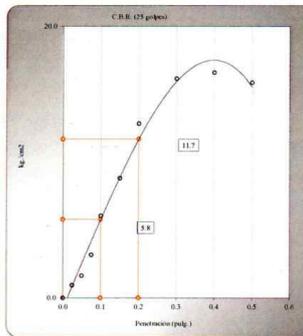
Optimo Contenido de Humedad = 13.91 %

Máxima Densidad Seca al 95% = 1.485 gr/cm³



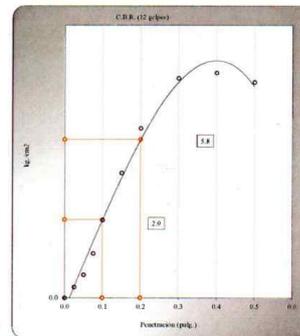
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

16.5 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

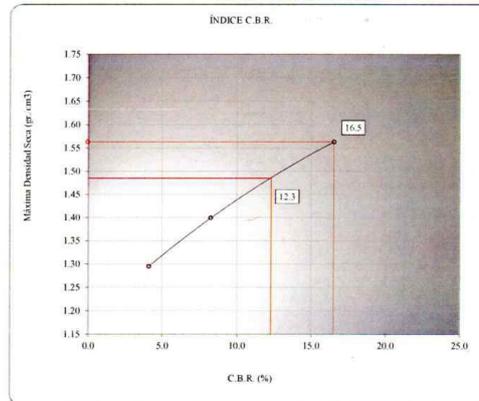
8.3 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

4.1 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 16.5 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 12.3 %

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 27

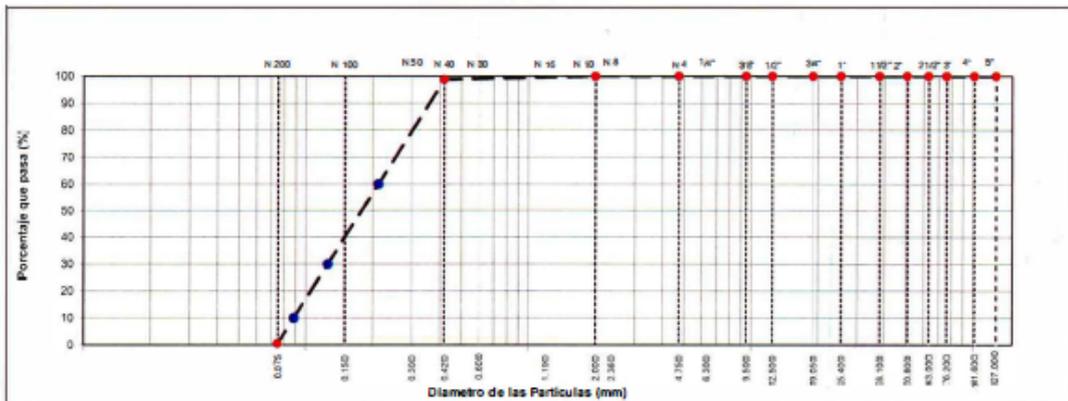
Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO
 Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceriza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022
 Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires
 Calicata: C-2
 Profundidad: 1.50 m.
 Eje proyecto: Avenida 3
 Progresiva: 0+530

Certificado : -
 Hecho Por : -
 Ing. Responsable : -
 Fecha de Muestreo : 18/06/2022
 Fecha de Ensayo : 20/06/2022

Muestra : Suelo subrasante natural (SSN) Tamaño Máximo :
 Peso Inicial Seco : 500.0 g
 Fracción : g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000					Límite Líquido (LL) : N.P
4"	101.600					Límite Plástico (L.P) : N.P
3"	76.200					Índice Plástico (IP) : N.P
2 1/2"	63.300					Clasificación (SUCS) : SP
2"	50.800					Clasificación (AASHTO) : A-3 (0)
1 1/2"	38.100					Max. Dens. Seca : 1.501
1"	25.400					Opt. Cont. Humedad : 14.87
3/4"	19.050					CBR 0.1" (85%) : 16.8
1/2"	12.500					CBR 0.1" (100%) : 21.1
3/8"	9.500					% Grava : 0.0
1/4"	6.300					Contenido de Humedad (%)
Nº 4	4.750	0.0				% Arena : 99.5
Nº 8	2.360	0.0				% Fino : 0.5
Nº 10	2.000	0.1	0.0	0.0	100.0	Cu : 2.40
Nº 16	1.190	0.2	0.0	0.1	99.9	Cc : 0.84
Nº 20	0.840	0.0		0.1	99.9	Pot. de Expansión: Bajo
Nº 30	0.600	2.5	0.5	0.6	99.4	Estable
Nº 40	0.420	3.5	0.7	1.3	98.7	OBSERVACIONES : Arena fina mal graduada sin presencia de grava de gran tamaño.
Nº 50	0.300	12.2	2.4	3.7	96.3	
Nº 60	0.177	240.7	48.1	51.8	48.2	
Nº 100	0.150	123.2	24.6	76.5	23.5	
Nº 200	0.075	115.1	23.0	99.5	0.5	
Platillo		2.5	0.5	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

INFORME TÉCNICO - 1

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS
MTC E 108 / ASTM D 2216

Solicitante: TESISITA ALAN GARCIA CONDORCALLO
 Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022
 Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires
 Calicata: C-2
 Profundidad: 1.50 m.
 Eje proyecto: Avenida 3
 Progresiva: 0+530

Muestra : Suelosubrasante natural (SSN) 1540007562079 - 0.30

Certificado : -
 Hecho Por : -
 Ing. Responsable : -
 Fecha de Muestreo : 18/06/2022
 Fecha de Ensayo : 20/06/2022

DATOS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION	UND.	01	02	03
Número de Tara	Nro.			
Masa de la muestra húmeda + tara	g.	1000.0		
Masa de la muestra seca + tara	g.	988.3		
Masa de la tara	g.			
Masa del agua	g.	11.7		
Masa de la muestra seca	g.	988.3		
Contenido de humedad	%	1.2		
PROMEDIO	%		1.2	

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

INFORME TÉCNICO - 1

LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 / ASTM D 4318 / AASHTO T 89
MTC E 111 / ASTM D 4318 / AASHTO T 90

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDOCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceriza de Cáscara de Aroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Callecra: C-2

Profundidad: 1.50 m.

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: 0+530

Muestra : Suelo subrasante natural (88N)

Certificado : -

Hecho Por : -

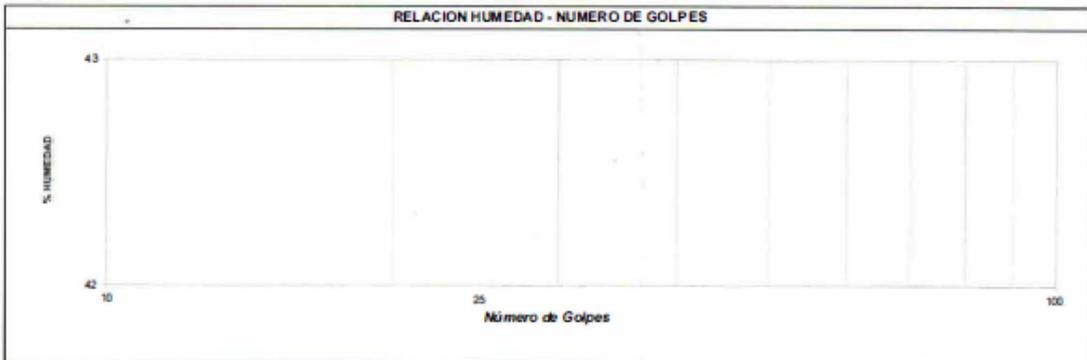
Ing. Responsable : -

Fecha de Muestreo : 18/08/2022

Fecha de Ensayo : 20/08/2022

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40	
		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Recipiente	N°	NP	NP
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.		
Peso de Recipiente (C)	gr.		
Peso del Agua (A-B)	gr.		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.		
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%		
Golpes	N°		

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	N/P	N/P	



OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO
MTC E 115 / ASTM D 1557

Solicitante: TESISISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO	Certificado : -
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022	Hecho Por : -
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires	Ing. Responsable : -
Calicata: C-2	Fecha de Muestreo : 18/06/2022
Profundidad: 1.50 m.	Fecha de Ensayo : 21/06/2022
Eje proyecto: Avenida 3	Muestra : 95% Suelo subrasante natural + 5% Ceniza cáscara de arroz
Progresiva: 0+530	

COMPACTACIÓN

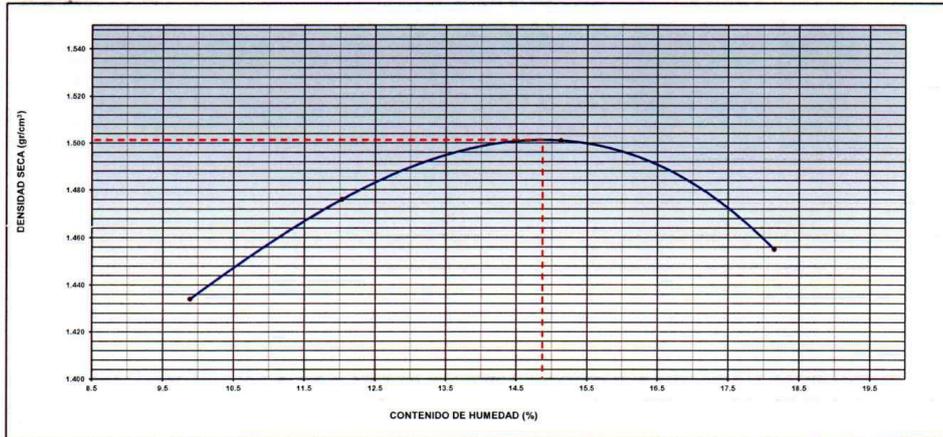
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	:	----			
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	:	56			
NÚMERO DE CAPAS	:	5			
NÚMERO DE ENSAYO		1 (6%)	2 (10%)	3 (14%)	4 (18%)
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)		9711	9875	10030	10010
PESO DE MOLDE (gr)		6405	6405	6405	6405
PESO SUELO HÚMEDO (gr)		3306	3470	3625	3605
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)		2098	2098	2098	2098
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)		1.576	1.654	1.728	1.718
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		1.434	1.476	1.501	1.455

RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.501
Óptimo Contenido de Humedad (%)	14.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°					
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	500.0	500.0	500.0	500.0	
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	455.0	446.3	434.3	423.2	
PESO DE LA TARA (gr)					
PESO DE AGUA (gr)	45.0	53.7	65.7	76.8	
PESO DE SUELO SECO (gr)	455.0	446.3	434.3	423.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.9	12.0	15.1	18.1	

RESULTADOS CORREGIDOS PARA CAMPO ASTM D 4718	
Retenido en Tamiz de 3/4" (%)	-----
Peso específico de Grava > 3/4" (gr.)	-----
Humedad de la Grava > 3/4" (%)	-----
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	-----
Óptimo Contenido de Humedad (%)	-----

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.)
MTC E 132 / ASTM D 1883

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO	Certificado: -
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022	Hecho Por: -
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires	Ing. Responsable: -
Calicata: C-2	Fecha de Muestreo: 18/06/2022
Profundidad: 1.50 m.	Fecha de Ensayo: 24/06/2022
Eje proyecto: Avenida 3	Muestra: 95% Suelo subrasante natural + 5% Ceniza cáscara de arroz
Progresiva: 0+530	

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

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,503	12,923	12,790	13,389	12,025	12,472
Peso molde (gr.)	7,255	7,255	7,985	7,985	7,683	7,683
Peso suelo compactado (gr.)	5,248	5,668	4,805	5,404	4,342	4,789
Volumen del molde (cm³)	3,192	3,192	3,192	3,192	3,192	3,192
Densidad húmeda (gr./cm³)	1,644	1,776	1,505	1,693	1,360	1,500
Humedad (%)	14.8	17.8	14.8	17.3	14.9	17.6
Densidad Seca (gr./cm³)	1.432	1.507	1.311	1.443	1.184	1.276

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3	4
Tara+suelo húmedo (gr.)	500.0	500.0	500.0	500.0
Tara+suelo seco (gr.)	435.6	424.4	435.4	426.1
Peso de agua (gr.)	64.4	75.6	64.6	73.9
Peso de tara (gr.)				
Peso de suelo seco (gr.)	435.6	424.4	435.4	426.1
Humedad (%)	14.8	17.8	14.8	17.3

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO				NO EXPANSIVO							

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		32	1.6			15	0.7			9	0.4		
0.050		79	3.9			42	2.1			25	1.2		
0.075		167	8.2			108	5.3			38	1.9		
0.100	70.307	316	15.6	14.9	21.1	170	8.4	7.5	10.7	67	3.3	3.3	4.7
0.150		461	22.7			227	11.2			103	5.1		
0.200	105.460	596	29.4			304	15.0			136	6.7		
0.300		702	34.6			379	18.7			171	8.4		
0.400		656	32.4			443	21.9			175	8.6		
0.500		615	30.3			435	21.5			170	8.4		

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.)
MTC E 132 - ASTM D 1883

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Calicata: C-2

Profundidad: 1.50 m.

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: 0+530

Muestra : 95% Suelo subrasante natural + 5% Ceniza cáscara de arroz

Certificado : -

Hecho Por : -

Ing. Responsable : -

Fecha de Muestreo : 18/06/2022

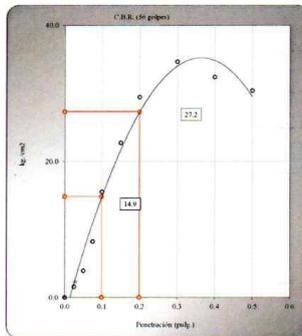
Fecha de Ensayo : 28/06/2022

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca = 1.501 gr/cm³

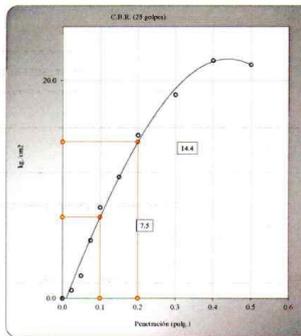
Optimo Contenido de Humedad = 14.87 %

Máxima Densidad Seca al 95% = 1.426 gr/cm³



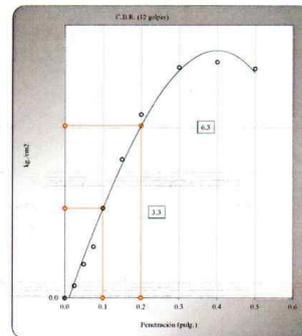
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

21.1 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

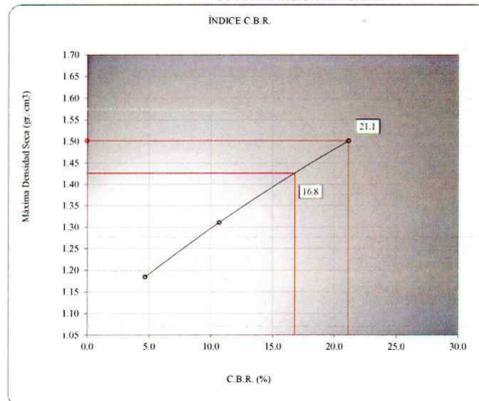
10.7 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

4.7 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 21.1 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 16.8 %

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 27

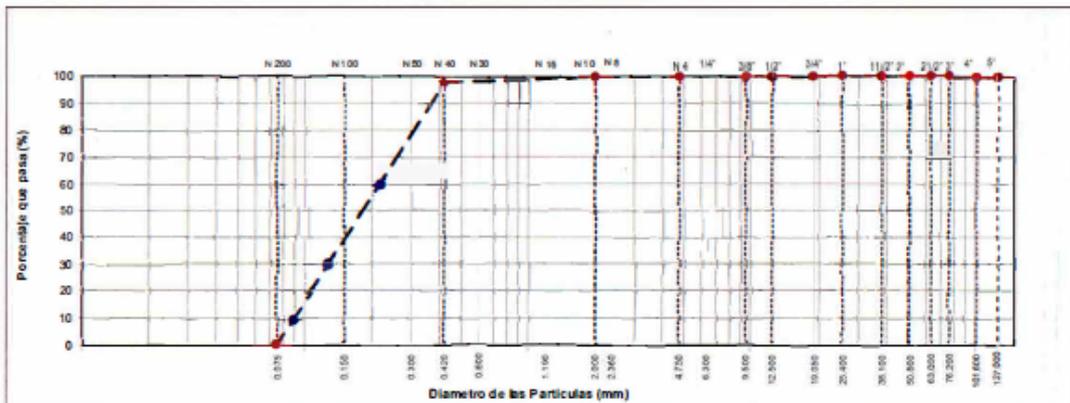
Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO
 Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022
 Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires
 Calicata: C-3
 Profundidad: 1.50 m.
 Eje proyecto: Avenida 3
 Progresiva: 0+800

Certificado: -
 Hecho Por: -
 Ing. Responsable: -
 Fecha de Muestreo: 18/06/2022
 Fecha de Ensayo: 20/06/2022

Muestra: Suelo subrasante natural (SSN) *Suelo subrasante natural (SSN)*
 Tamaño Máximo: 500.0 g
 Paso Inicial Seco: - g
 Fracción: - g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000					Limite Líquido (LL) : N.P
4"	101.600					Limite Plástico (LP) : N.P
3"	76.200					Índice Plástico (IP) : N.P
2 1/2"	63.300					Clasificación (SUCS) : SP
2"	50.800					Clasificación (AASHTO) : A.3 (0)
1 1/2"	38.100					Max. Dens. Seca : 1.479
1"	25.400					Opt. Cont. Humedad : 15.88
3/4"	19.050					CBR 0.1" (95%) : 26.1
1/2"	12.500					CBR 0.1" (100%) : 34.3
3/8"	9.500					% Grava : 0.0
1/4"	6.300					Contenido de Humedad (%) : 99.5
Nº 4	4.750	0.0				% Fino : 0.5
Nº 8	2.360	0.0				Cu : 2.43
Nº 10	2.000	0.1	0.0	0.0	100.0	Cc : 0.84
Nº 16	1.190	0.2	0.0	0.1	99.9	Pot. de Expansión: Bajo Estable
Nº 20	0.840	0.0		0.1	99.9	OBSERVACIONES:
Nº 30	0.600	4.4	0.9	0.9	99.1	Arena fina mal graduada sin presencia de grava de gran tamaño.
Nº 40	0.420	6.7	1.3	2.3	97.7	
Nº 50	0.300	15.7	3.1	5.4	94.6	
Nº 80	0.177	233.9	46.8	52.2	47.8	
Nº 100	0.150	122.4	24.5	76.7	23.3	
Nº 200	0.075	113.9	22.8	99.5	0.5	
Retib		2.7	0.5	100.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

INFORME TÉCNICO - 1

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE SUELOS
MTC E 108 / ASTM D 2216**

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO
 Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Aroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022
 Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires
 Calicata: C-3
 Profundidad: 1.50 m.
 Eje proyecto: Avenida 3
 Progresiva: 0+800

Certificado : -
 Hecho Por : -
 Ing. Responsable : -
 Fecha de Muestreo : 18/06/2022
 Fecha de Ensayo : 20/06/2022

Muestra : Suelo subrasante natural (SSN)

DATOS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION	UND.	01	02	03
Número de Tara	Nro.			
Masa de la muestra húmeda+tara	g.	1000.0		
Masa de la muestra seca+tara	g.	988.6		
Masa de la tara	g.			
Masa del agua	g.	11.4		
Masa de la muestra seca	g.	988.6		
Contenido de humedad	%	1.2		
PROMEDIO	%		1.2	

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE ENSAYOS ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

INFORME TÉCNICO - 1

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD
MTC E 110 / ASTM D 4318 / AASHTO T 89
MTC E 111 / ASTM D 4318 / AASHTO T 90

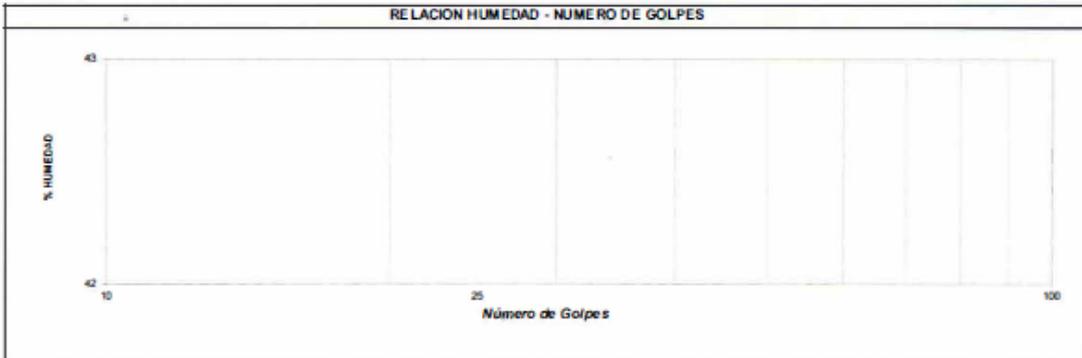
Solicitante: TESISISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO
 Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022
 Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires
 Calicata: C-3
 Profundidad: 1.50 m
 Eje proyecto: Avanzada 3
 Progresiva: 0+800

Muestra : Suelo subrasante natural (SN)

Certificado : -
 Hecho Por : -
 Ing. Responsable : -
 Fecha de Muestreo : 18/06/2022
 Fecha de Ensayo : 20/06/2022

		Material Pasante Tamiz N° 40	
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
Recipiente	N°		
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	NP	NP
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.		
Peso de Recipiente (C)	gr.		
Peso del Agua (A-B)	gr.		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.		
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%		
Golpes	N°		

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍQUIDO	PLÁSTICO	
	N.P.	N.P.	



OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO
MTC E 115 / ASTM D 1557

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO	Certificado: -
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022	Hecho Por: -
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires	Ing. Responsable: -
Calicata: C-3	Fecha de Muestreo: 18/06/2022
Profundidad: 1.50 m.	Fecha de Ensayo: 22/06/2022
Eje proyecto: Avenida 3	Muestra: 90% Suelo subrasante natural + 10% Ceniza cáscara de arroz
Progresiva: 0+800	

COMPACTACIÓN

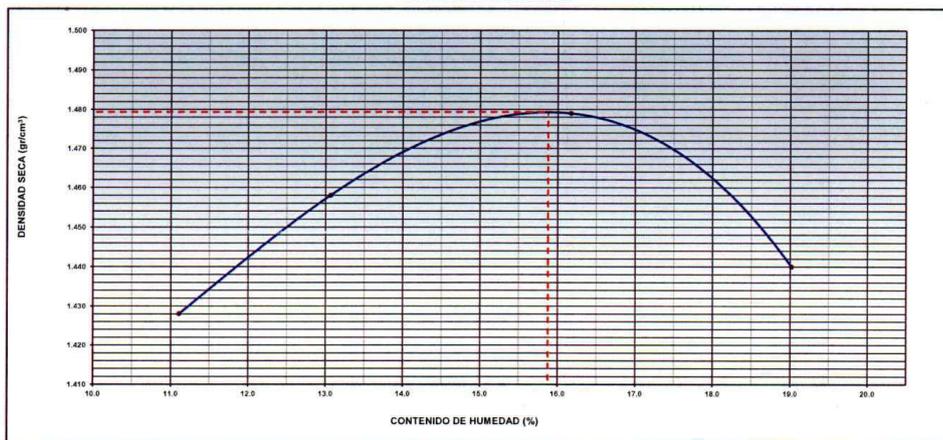
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	: ****			
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	: 56			
NUMERO DE CAPAS	: 5			
NÚMERO DE ENSAYO	1 (6%)	2 (10%)	3 (14%)	4 (18%)
PESO (SUELO + MOLDE) (gr)	9734	9864	10010	10000
PESO DE MOLDE (gr)	6405	6405	6405	6405
PESO SUELO HÚMEDO (gr)	3329	3459	3605	3595
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2098	2098	2098	2098
DENSIDAD HÚMEDA (gr/cm ³)	1.587	1.649	1.718	1.714
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.428	1.458	1.479	1.440

RESULTADOS OBTENIDOS	
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.479
Óptimo Contenido de Humedad (%)	15.9

CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°					
PESO (SUELO HÚMEDO + TARA) (gr)	500.0	500.0	500.0	500.0	
PESO (SUELO SECO + TARA) (gr)	450.0	442.2	430.4	420.1	
PESO DE LA TARA (gr)					
PESO DE AGUA (gr)	50.0	57.8	69.6	79.9	
PESO DE SUELO SECO (gr)	450.0	442.2	430.4	420.1	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.1	13.1	16.2	19.0	

RESULTADOS CORREGIDOS PARA CAMPO ASTM D 4718	
Retenido en Tamiz de 3/4" (%)	-----
Peso específico de Grava > 3/4" (gr.)	-----
Humedad de la Grava > 3/4" (%)	-----
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	-----
Óptimo Contenido de Humedad (%)	-----

CURVA DE COMPACTACIÓN



OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.)
MTC E 132 / ASTM D 1883

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO	Certificado: -
Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022	Hecho Por: -
Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires	Ing. Responsable: -
Calicata: C-3	Fecha de Muestreo: 18/06/2022
Profundidad: 1.50 m.	Fecha de Ensayo: 27/06/2022
Eje proyecto: Avenida 3	Muestra: 90% Suelo subrasante natural + 10% Ceniza cáscara de arroz
Progresiva: 0+800	

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

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12.350	12.868	12.850	13.263	11.890	12.362
Peso molde (gr.)	7.255	7.255	7.985	7.985	7.683	7.683
Peso suelo compactado (gr.)	5.095	5.613	4.865	5.278	4.207	4.679
Volumen del molde (cm³)	3.192	3.192	3.192	3.192	3.192	3.192
Densidad húmeda (gr./cm³)	1.596	1.758	1.524	1.653	1.318	1.466
Humedad (%)	15.8	18.7	16.0	18.6	15.7	18.9
Densidad Seca (gr./cm³)	1.378	1.482	1.314	1.394	1.139	1.233

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara+suelo húmedo (gr.)	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
Tara+suelo seco (gr.)	431.6	421.3	431.2	421.5	432.0	420.6
Peso de agua (gr.)	68.4	78.7	68.8	78.5	68.0	79.4
Peso de tara (gr.)						
Peso de suelo seco (gr.)	431.6	421.3	431.2	421.5	432.0	420.6
Humedad (%)	15.8	18.7	16.0	18.6	15.7	18.9

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO EXPANSIVO				NO EXPANSIVO							

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	Dial	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		106	5.2			68	3.4			43	2.1		
0.050		230	11.3			150	7.4			79	3.9		
0.075		305	15.0			223	11.0			113	5.6		
0.100	70.307	347	17.1	24.1	34.3	258	12.7	12.9	18.3	137	6.8	6.7	9.5
0.150		453	22.4			350	17.3			182	9.0		
0.200	105.460	598	29.5			409	20.2			217	10.7		
0.300		712	35.1			500	24.7			244	12.0		
0.400		762	37.6			526	26.0			290	14.3		
0.500		731	36.1			496	24.5			270	13.3		

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.)
MTC E 132 - ASTM D 1883

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Calicata: C-3

Profundidad: 1.50 m.

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: 0+800

Muestra : 90% Suelo subrasante natural + 10% Ceniza cáscara de arroz

Certificado : -

Hecho Por : -

Ing. Responsable : -

Fecha de Muestreo : 18/06/2022

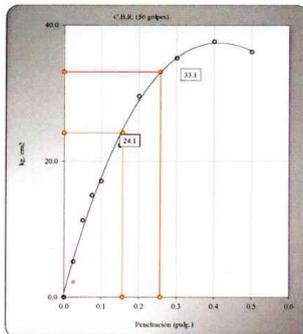
Fecha de Ensayo : 01/07/2022

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.479 gr/cm³

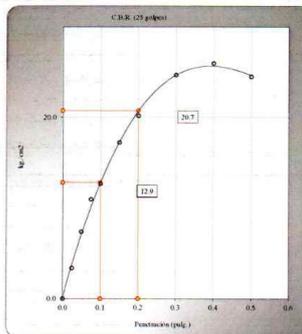
Óptimo Contenido de Humedad 15.88 %

Máxima Densidad Seca al 95% 1.405 gr/cm³



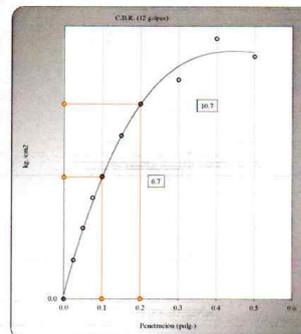
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

34.3 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

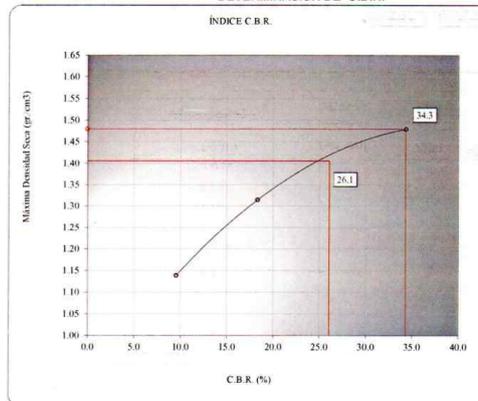
18.3 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

9.5 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 34.3 %

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 26.1 %

OBSERVACIONES :



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME TÉCNICO - 1

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
MTC E 204 / ASTM C 136 / AASHTO T 27

Solicitante: TESISTA ALAN GARCIA CONDORCALLO

Proyecto: Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor – Arequipa 2022

Ubicación: Asentamiento Humano Alto Buenos Aires

Calicata: -

Profundidad: -

Eje proyecto: Avenida 3

Progresiva: -

Certificado: -

Hecho Por: -

Ing. Responsable: -

Fecha de Muestreo: 20/06/2022

Fecha de Ensayo: 21/06/2022

Muestra: Ceniza de cáscara de arroz (CCA)

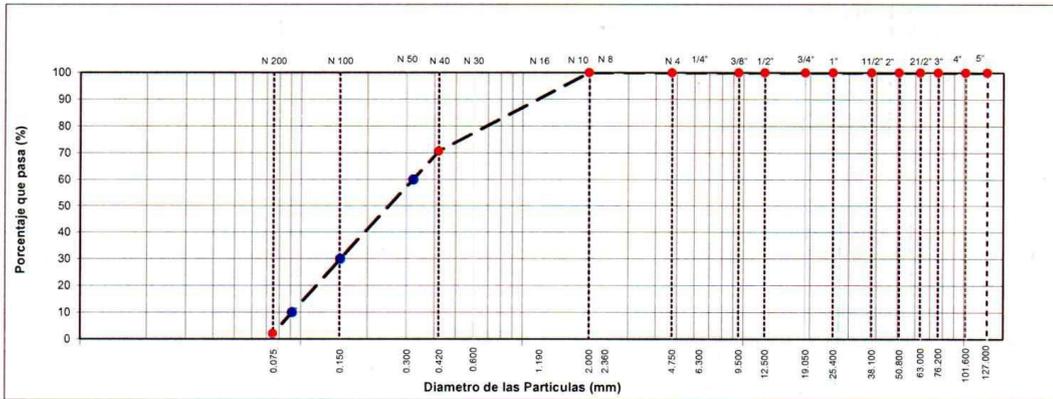
Tamaño Máximo: -

Peso Inicial Seco: 50.0 g

Fracción: - g

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000					Limite Liquido (LL) : N.P
4"	101.600					Limite Plástico (LP) : N.P
3"	76.200					Indice Plástico (IP) : N.P
2 1/2"	63.300					Clasificación (SUCS) : SP
2"	50.800					Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)
1 1/2"	38.100					Max. Dens. Seca : -
1"	25.400					Opt. Cont. Humedad : -
3/4"	19.050					CBR 0.1" (95%) : -
1/2"	12.500					CBR 0.1" (100%) : -
3/8"	9.500					% Grava : 0.0
1/4"	6.300					% Arena : 98.0
Nº 4	4.750	0.0				% Fino : 2.0
Nº 8	2.360	0.0				Cu : 3.51
Nº 10	2.000	0.0				Cc : 0.78
Nº 16	1.190	0.2	0.4	0.4	99.6	Pot. de Expansión: Bajo
Nº 20	0.840	0.0		0.4	99.6	Estable
Nº 30	0.600	5.4	10.8	11.2	88.8	OBSERVACIONES :
Nº 40	0.420	9.1	18.2	29.4	70.6	
Nº 50	0.300	13.0	26.0	55.4	44.6	
Nº 80	0.177	8.1	16.2	71.6	28.4	
Nº 100	0.150	6.9	13.8	85.4	14.6	
Nº 200	0.075	6.3	12.6	98.0	2.0	
Platillo		1.0	2.0	100.0		

CURVA GRANULOMETRICA



CONSTANCIA

El que suscribe, Ing. Roberto Cáceres Flores, gerente del Laboratorio RCF S.R.L.

HACE CONSTAR:

Que el Sr. Tesista de Ingeniería Civil que nuestra representada le ha brindado las instalaciones, equipos y asesoría al Sr. Bachiller:

Alan García Condorcalleo

DNI: 42053367

Para la ejecución de los ensayos de su tesis denominada: **Mejoramiento de la Subrasante Mediante Ceniza de Cáscara de Arroz en el distrito de Samuel Pastor - Arequipa 2022** con fines de obtener el título profesional, realizado del 20 junio al 01 de julio de 2022.

Se expide la presente constancia a favor de la interesada para los fines pertinentes.

Arequipa, 16 de julio de 2022

ROBERTO CACERES FLORES S.R.L.

Ing Roberto Cáceres Flores
GERENTE GENERAL

Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de RCF S.R.L.
El laboratorio no se hace responsable del mal uso, ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.
Los resultados de este informe solo están relacionados a la muestra ensayada y no debe ser utilizado como un certificado de conformidad de productos o certificados de sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Laboratorio : Calle El Palomar N° 107 Lote B-3B - Arequipa (detrás del Mercado El Palomar) - Móvil RPM * 414 995 - RPC: 956 781 874
Telf. (054) 214163 - E-mail: laboratorio@rcflaboratorio.com - spc_laboratorio@hotmail.com - Atn. 8:00 a 1:00 pm y 1:30 a 5:00 pm