



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Aplicación de ceniza de cascara de café, para determinar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la carretera JoséGálvez - Chanchamayo – 2020”**

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

**AUTORES:**

Malaver Vásquez, María Yovani (ORCID: 0000-0002-9887-9660)

Tuesta Campoverde, Abner Antonio (ORCID: 0000-0001-7785-7326)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A mis padres SEGUNDO JUSTO TUESTA ZUMAETA y ELSA CAMPOVERDE RIVERA, quienes no solo están presentes en esta etapa de mi vida, sino que al contrario han estado siempre ahí conmigo brindándome su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor y motivación en momentos difíciles; además de mis hermanos MERY, LLUNIOR, JUSTO EDUARDO, familiares y amigos, que entre todos me han formado en el tipo de persona que soy, con valores, principios, carácter, coraje y perseverancia para conseguir mis objetivos.

**Antonio Tuesta.**

A mis padres FRANCISCO MALAVER ZELADA y EUFEMIA VASQUEZ CHAVEZ, quienes no solo están presentes en esta etapa de mi vida, sino que al contrario han estado siempre ahí conmigo brindándome su apoyo incondicional, consejos, comprensión, amor y motivación en momentos difíciles y toda mi familia, que entre todos me han formado en el tipo de persona que soy, con valores, principios, carácter, coraje y perseverancia y a mis verdaderos amigos que me apoyaron hasta el final de este proyecto.

**María Malaver.**

## **Agradecimiento**

Primeramente a Dios, quien nos supo guiar por el buen camino, dándonos la fuerza necesaria para seguir adelante con el paso firme hasta lograr nuestros objetivos y no rendirnos ante los obstáculos que se iban presentando en el camino, sobre todo en esos momentos donde el camino te presenta varias opciones y no sabes cual tomar por la situación del momento, pero gracias a él elegimos el correcto.

A nuestros padres, hermanos, familiares y amigos que entre todos contribuyeron para hacer posible nuestro sueño de ser un INGENIERO CIVIL.

A nuestros docentes que estuvieron presentes en toda esta etapa de formación, personas de gran sabiduría y experiencia en la formación de profesionales, en especial a nuestro asesor Mg. Ing. CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO, por transmitirnos sus conocimientos, dedicación y consejos que te hacen un buen profesional con principios, valores y ética profesional.

Los Autores.

## Índice de contenido

CARATULA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICES DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y Diseño Metodológico .....	15
3.2. Variables y Operacionalización.....	16
3.3. Población, muestra y muestreo .....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de Análisis de datos.....	19
3.7. Aspectos Éticos.....	19
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN.....	39
VI. CONCLUSIONES .....	43
VII. RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS .....	46
ANEXOS.....	49

## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Identificación de variables</i> .....	16
<i>Tabla 2. Número de calicatas para exploración de suelos</i> .....	17
<i>Tabla 3. Número de ensayos CBR según el tipo de carretera</i> .....	18
<i>Tabla 4. Ensayo de Proctor Modificado</i> .....	23
<i>Tabla 5. Máxima Densidad Seca</i> .....	25
<i>Tabla 6. Máxima Densidad Seca de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	25
<i>Tabla 7. Contenido de Humedad</i> .....	26
<i>Tabla 8. Optimo Contenido de Humedad de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	27
<i>Tabla 9. Ensayo de Proctor Modificado</i> .....	28
<i>Tabla 10. Resultados del ensayo Atterberg adicionando ceniza de cascara de arroz a suelos arcillosos</i> .....	29
<i>Tabla 11. Limite Líquido de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	31
<i>Tabla 12. Limite Líquido de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	31
<i>Tabla 13. Limite Plástico</i> .....	32
<i>Tabla 14. Limite plástico de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	33
<i>Tabla 15. Resultados Ensayo de Atterberg</i> .....	34
<i>Tabla 16. Resultados de Valores de CBR de las combinaciones de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz</i> .....	35
<i>Tabla 17. CBR de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	36
<i>Tabla 18. CBR de acuerdo al % de CCA adicionado</i> .....	37
<i>Tabla 19. Ensayo de CBR</i> .....	38

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Ubicación de la región en el mapa .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2. Ubicación del distrito .....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3. Anexo Jose Galvez .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 4. Resultados MDS Y OCH, tomando valores Patrón, 5%, 10% y 15% .....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5. Resultados MDS, tomando valores Patrón, 7%, 9% y 13%.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 6. Resultados OCH, tomando valores Patrón, 7%, 9% y 13%.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 7. Limite liquido Muestra Patron .....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 8. Limite liquido con 4% CCA.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 9. Limite líquido con 7% CCA .....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 10. Limite líquido con 10% CCA.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Resultados del ensayo de Atterberg.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 12. Resultados de Limite Liquido, tomando valores Patrón, 5%, 6% y 8% .....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13. Resultados de LIMITE PLÁSTICO, tomando valores Patrón, 5%, 6% y 8% .....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 14. Variación del CBR al 95 % con respecto al contenido de CCA entre suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 15. Resultados CBR, tomando valores Patrón, 5%, 8% y 13%.....</i>	<i>37</i>

## Resumen

El presente trabajo de investigación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, se realizó con la finalidad de aportar nuevas técnicas de mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos a partir de la reutilización de un producto agrícola, siendo nuestro principal objetivo evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020, la metodología utilizada es aplicada de tipo cuasi experimental, método realizado a partir de los datos de otra tesis que también tiene el mismo objetivo y mismo producto; por otro lado los ensayos más relevantes para esta investigación son: Proctor Modificado, Atterberg y CBR, para las cuales se determinaron diferentes porcentajes de Ceniza de Cascara de Arroz (CCA) para incorporarlo al suelo, obteniendo los siguientes resultados: en cuanto al ensayo de proctor modificado se utilizó 7% de CCA logrando así reducir el contenido de humedad y aumentar la máxima densidad seca, así mismo para el ensayo Atterberg se adiciono 5% de CCA y los limites tanto liquido como plástico redujeron y finalmente para determinar la capacidad portante se incorporó 13% de CCA alcanzando su máxima resistencia del suelo; por lo que concluimos que la ceniza de cascara de arroz sirve como un aditivo estabilizante de suelos arcillosos, pero con determinados porcentajes.

**Palabras claves:** Reutilización, Ceniza de Cascara de Arroz, Cuasi Experimental, físico-mecánicas.

## **Abstract**

The present research work to obtain the professional title of Civil Engineer, was carried out in order to provide new techniques to improve the physical-mechanical properties of clay soils from the reuse of an agricultural product, being our main objective to evaluate the influence of the application of rice husk ash, to determine the physical-mechanical properties of clay soils on the José Gálvez - Chanchamayo road - 2020, the methodology used is applied of a quasi-experimental type, a method carried out from the data of another thesis that also has the same objective and the same product; On the other hand, the most relevant tests for this research are: Modified Proctor, Atterberg and CBR, for which different percentages of Rice Husk Ash (CCA) were determined to incorporate it into the soil, obtaining the following results, regarding the test of Modified proctor 7% CCA was used, thus reducing the moisture content and increasing the maximum dry density, likewise for the Atterberg test 5% CCA was added and the limits for both liquid and plastic were reduced and finally to determine the bearing capacity incorporated 13% CCA reaching its maximum soil resistance; Therefore, we conclude that rice hull ash serves as a stabilizing additive for clay soils, but with certain percentages.

**Keywords:** Reuse, Rice Husk Ash, Quasi Experimental, physical-mechanical.



## I. INTRODUCCIÓN.

Al paso del tiempo la ingeniería viene dando soluciones en las vías de comunicación que no cuentan con un buen suelo de fundación, mediante la aplicación de diferentes técnicas de estabilización de suelos, que de cierta forma han mejorado de manera significativa a las propiedades físicas-mecánicas del suelo; se han experimentado un gran desarrollo a nivel mundial, siendo los países de Colombia, Ecuador, Alemania y España, que más utilizan la técnica de reutilización de múltiples materiales e insumos naturales como ceniza de cascara de café, ceniza de bagazo de caña, ceniza de cascara de trigo, ceniza de cascara de arroz, cal y cemento, que al agregarlos al suelo mejoran sus propiedades, que benefician la estructura de un pavimento ante el alto índice de tráfico que cada vez son mayores. “La intención de estabilizar el suelo es mejorar sus propiedades físicas y mecánicas para perfeccionar las condiciones de plasticidad e aumentar su resistencia y durabilidad [...]” [1]

Por otro lado en nuestro país uno de los problemas más representativos para el desarrollo económico y cultural, se debe al mal estado de sus redes viales que se encuentran en muy mal estado, sobre todo en la parte sierra y selva del país donde se aprecia constantes lluvias en diferentes épocas del año generando así múltiples fallas patológicas en los pavimentos como grietas, ahuellamientos, hundimientos, piel de cocodrilo, entre otros; generando malestar en la libre circulación de vehículos de carga y buses interprovinciales, por lo cual estas fallas se encuentran a lo largo de todas sus vías limitando el traslado de productos de primera necesidad tanto para la capital como para el extranjero. En cuanto a esta problemática que presenta nuestro país se plantearon distintas técnicas que mejoraron las propiedades físicas-mecánicas del suelo, utilizando ceniza de cascara de arroz en Lonya Grande-Amazonas, cenizas de bagazo de caña de azúcar en Chiclayo, ceniza de cascara de arroz en la región San Martín, entre otros; En el contexto de vías, el mejoramiento de suelos se realiza para mantener las capas de rodadura en perfectas condiciones para la circulación de

---

1. Gavilanes, E. “*Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*”. Quito: Universidad Internacional del Ecuador, 2015.

2. Parra, M. *Estabilización de un Suelo con Cal y Ceniza Volante*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018

vehículos, adicionando diferentes aditivos que puedan mejorar la capacidad portante del terreno en cuanto a su resistencia de sobrecargas y el tiempo que pueda durar en un buen estado de circulación.<sup>2</sup>

Cuando se visitó la carretera José Gálvez, que se encuentra entre el distrito de José Gálvez y Puerto Yurinaqui, provincia de Chanchamayo-Junín, se pudo notar una infraestructura vial que está a nivel de subrasante y su estado de abandono se puede ver a simple vista, presentando fallas como huecos, hundimientos, deslizamientos entre otros, debido al mal prototipo de suelo que esta ostenta, a lo largo de todo el trayecto de la carretera. Por esa razón es que nuestra investigación se enfocó en la aplicación de CCA como aditivo estabilizante de la subrasante de dicha vía, ya que esta carretera es la principal entrada a uno de los distritos con mayor producción de productos agrícolas en el departamento.

### **Formulación del problema**

Tomando en cuenta la problemática que presentaba nuestra zona de estudio se eligió por la aplicación de CCA a nivel de subrasante con el propósito de mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos, esto se determinó gracias a un estudio detallado sobre la CCA y el aporte que lo proporciona al suelo, teniendo en cuenta que esta carretera está sometida a grandes cargas por vehículos pesados que se encargan de trasladar toneladas de café y otros productos agrícolas que se producen en dicho lugar.

### **Problema general**

¿Cuánto influyó la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?

### **Problemas específicos**

¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el contenido de humedad y la máxima densidad seca de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?

¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el índice de plasticidad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?

¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar la capacidad portante de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?

### **Justificación**

Esta investigación desarrolló opciones de solución para mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos, a partir de la reutilización de múltiples materiales e insumos naturales que se encuentran en cada región del país, como un material estabilizante, que además nos proporcione el bajo costo para su aplicación. Además se realizó todos los estudios pertinentes detalladamente de tesis que aplicaron el uso de CCA con sus respectivos ensayos de laboratorio que realizaron, se hizo una interpolación con todos los datos obtenidos y se obtuvo el porcentaje adecuado que será aplicado a un m<sup>3</sup> del suelo.

Este trabajo de investigación se basó en la aplicación de CCA como un material estabilizante para mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos de la carretera José Gálvez, en cuanto a su capacidad portante, contenido de humedad y índices de plasticidad; tomando en cuenta que este material es fácil de conseguirlas, gracias a grandes empresas piladoras de arroz que se encuentran cerca del lugar, que nos permitan dar una nueva reutilización a estos desperdicios naturales, mejorando las propiedades físico-mecánicas del suelo, al mismo tiempo nos permitirá reducir costos de traslado y aplicación.

Además servirá como referencia para las regiones del país como Amazonas, San Martín Lambayeque y Cajamarca donde se producen Arroz en gran escala, además

de presentar suelos con las mismas características en sus vías de acceso a sus diferentes pueblos y que no están en las óptimas condiciones como para soportar grandes cargas en su capa de rodadura.

### **Objetivo general**

Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020

### **Objetivos específicos**

Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el contenido de humedad y la máxima densidad seca de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el índice de plasticidad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar la capacidad portante de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

### **Hipótesis general**

La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, mejora las propiedades físico-mecánica de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

### **Hipótesis específicas**

La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, disminuye el contenido de humedad y aumenta la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, reduce el índice de plasticidad de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, aumenta la capacidad portante de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

## II. MARCO TEORICO

Landa, Torres (2019), en su investigación titulada *“mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal”* de la **Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas**, tuvo como **objetivo** principal manipular residuos agroindustriales en conjunto con la cal, para estabilizar la subrasante pobre de una carretera. La **metodología** fue experimental, por realizarse ensayos con material estabilizador para el suelo, teniendo una **población** general de material de un 0%-100% para su estudio, y se tomó como **muestra** el 5%, 15% y 25% de material, los **instrumentos** empleados son la Granulometría, Ensayo Proctor Modificado y CBR. Los **resultados** fueron que redujo la incidencia de cal al 50% mejorando en un 5% el suelo con una composición parcial de 50% de Cal y 50% de CBCA, aumentando el CBR en un 110.81% respecto a la del suelo natural. **Se concluyó** que la Combinación de 50% Cal y 50% CBCA con una proporción global como Material Estabilizante de 5%, dando resultado un CBR de 7.8%, la cual resulta más factible de implementar, siendo la CBCA la mitad del Material Estabilizante.

Díaz Bruno (2018), en su investigación titulada *“Estabilización de los suelos del caserío de Cascajal Izquierdo con fines de pavimentación, utilizando ceniza de paja de trigo – Distrito Chimbote, Ancash – 2018”* de La **Universidad Cesar Vallejo**, tuvo como **objetivo** determinar la influencia de la ceniza de paja de trigo para la estabilización de suelos con fines de pavimentación. La **metodología**, es experimental de tipo correccional. La **población** es el área de terreno de 12,800m<sup>2</sup>, siendo una prolongación de 2km. La **muestra** se utilizó 4 calicatas, Los **instrumentos** fueron el análisis de Granulometría por tamizado MTC E107, Limite de Consistencia – Astmd-4318, Proctor Modificado, California Bearing Ratio (CBR). Los **resultados** fue el mejoramiento en un 35% con ceniza de paja de trigo, mejorar propiedades en 32 % de CBR, teniendo un suelo patrón de 14 % de CBR. **Se concluyó** que la ceniza de paja de trigo tiene altas propiedades silíceas teniendo un dióxido de sílice de 73.86%, 0.24%, aluminio 0.37% oxido de fierro, 1.3% trióxido de azufre, 1.67% de humedad y 6.71% de perdida por calcinación, el suelo arcilloso estabiliza con adicional del 25% y

CPT esta con un CBR de 20% con la adición al 35% de ceniza de paja de trigo un CBR de 32% y finalmente con la adición al 45% de ceniza de paja de trigo un CBR de 23%.

**Díaz, Fernando (2018)**, realizó una investigación de *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018*, de la **Universidad Cesar Vallejo**, tuvo como **objetivo** de analizar si la ceniza de cáscara de arroz puede aportar en el mejoramiento de la subrasante en la carretera. La **metodología** es experimental. La **población** es la carretera de San Martín. **Muestra** es la determinación de 2 calicatas, **los instrumentos** fueron Ensayos de Granulometría, Proctor y CBR, los **resultados** es que las calicatas nos da una clasificación de SUCS CH, clasificación MH. En **conclusión** que las cenizas de cáscara de arroz impregnan menos volumen de agua, mientras más ceniza de cascara de arroz se le adicione al suelo, su porcentaje de absorción disminuye notablemente, se sumergieron 3 moldes para cada muestra y se obtuvo que a más adición de ceniza de cascara de arroz disminuye de 2.20% hasta 0.98% en el molde 1, de 2.80% a 1.02 % en el molde 2 y de 3.00% a 1.23 % en el molde 3.

**Hernández, Herrera (2019)**, en su investigación titulada *“Análisis de la relación de soporte y resistencia a la compresión de un suelo arcillo-limoso en la vereda de Liberia del municipio de Viotá-Cundinamarca estabilizado con ceniza de cascarilla de café”* de la **Universidad De La Salle – Bogotá – Colombia**, tuvo como **objetivo**, Analizar la relación de soporte y resistencia a la compresión de un suelo arcillo-limoso. La **metodología** fue aplicada – experimental, La **muestra** se utiliza un porcentaje en peso de 4, 6 y 8% de ccc para el análisis como estabilizante de suelo. Los **resultados** fueron que la ceniza de cascarilla de café aumento la relación de soporte de 1.6% a 7.3%, para un suelo con 8% de proporción en peso de la CCC es decir un incremento del 3.56% también presentó una mejora de 24% la reducción es de 0.120% en el suelo natural 0.091% con la adición en peso del 8%. Se **concluyó** dos condiciones evaluadas, la primera se estableció para condición seca que pasa de 1.12MPa (S0C) a 1.35MPa (S8C) es decir mejoró en un 17.4%, y en la segunda se

denota una condición de infiltración por capilaridad aumento 28.0% ya que pasa de 0.25MPa (S0C) a 0.32MPa (S8C).

**Caamaño(2016)**, en su investigación titulada *“mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo Resiliente”*, de la **Universidad Nueva Granada de Bogotá - Colombia**, tuvo como **objetivo** mejorara las características físicas y mecánicas de las propiedades geomecánicas de un suelo blando de subrasante mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz, la **metodología** empleada fue de tipo experimental, la **población** de estudio está comprendida entre Pasto y el municipio de Genoy en el departamento de Nariño, donde se tomó como **muestra** los K3+000 y K3+500; los **instrumentos** empleados fueron ensayos como Proctor Modificado, Granulometría, Gravedad Específica, Limite Líquido y Plástico, pH del Suelo y Módulo Resiliente; los **resultados** fueron que la ceniza de cascarilla de arroz contribuye a la reducción del índice de plasticidad, mejorando la consistencia de suelos blandos. Se **concluyó** el aumento progresivo en más de 100% para el 4% de adición de ceniza de cascarilla de arroz a la subrasante.

**Barragán, cuervo 2019)**, en su investigación titulada *“Análisis Del Comportamiento Físico Mecánico De La Adición De Ceniza De Cascarilla De Arroz De La Variedad Blanco A Un Suelo Areno – Arcilloso”* de la **Universidad Piloto De Colombia Sección Alto Magdalena - Girardot – Cundinamarca -Colombia**, tuvo como **objetivo** analiza lo físico y mecánico de la asociación de la resistencia del suelo areno arcilloso adicionando ceniza de cascarilla de arroz. La **metodología** empleada fue de tipo experimental, La **población** del estudio está comprendida en la ciudad de Girardot – Cundinamarca, donde se tomó como **muestra** de suelos arenoso arcilloso que se sustrajo 3 calicatas para los ensayos, los **instrumentos** empleados fueron ensayos que se realizaron como Proctor Modificado, Granulometría, Limite Líquido y Plástico, Módulo Resiliente, entre otros. Los **resultados** obtenidos fueron que la muestra con la condición del 1% de CCA es de 1,9 y la muestra natural de 1,6 aumento con un 19%. Se **concluyó** que la ceniza de cascara de arroz al 1% agregada al suelo arenoso arcilloso disminuye la densidad seca en un 0.7% pasando a 1,726 r/cm<sup>3</sup> a 1,714 r/cm<sup>3</sup>,

la evidencia que se necesita es de 0,6% de humedad, la expansión de volumétrica aumento en un 0.09% en suelo natural.

**Cañar (2017)**, in his research entitled ***"Comparative analysis of the resistance to cutting and stabilization of fine and clayey sandy soils combined with coal ash"***

- Ambato - Ecuador, from the technical university of Ambato had the objective of research to evaluate the results of the resistance of fine sandy and clayey soils with coal ash. It was a type of experimental methodology, the study population was in the city of Ambato Parroquia Santa Rosa, 1220 kg of soil was taken for the tests, and the instruments used were granulometry, modified proctor test and CBR. The results obtained were that the addition of coal ash influences expansive soils, increases the degree of compaction and improves CBR and cut resistance, it was concluded that fine sandy soils have an extension result of 4.6%, the combination of the clay to the coal is 25%, and the resistance is from 9.10% to 11.20% in the subgrade. The CBR of sandy soil increases from 4.6% to 25%, improving the resistance percentage from 15.0% to 19.60%.

La estabilización de suelos arenoso fino y arcilloso con ceniza de carbón influye en los suelos expansivos, aumenta el nivel de compactación y incremento el CBR y la tenacidad al corte, tiene una extensión del 4.6%, la combinación de la arcilla a carbón es de 25%, la resistencia es 9,10% hasta 11,20% en la subrasante. El CBR de suelo arenoso aumenta de 4.6% a 25% mejorando el porcentaje la resistencia es de 15.0% hasta 19,60%.

**Bastidas, Ortiz (2016)**, in his research entitled ***"Behavior of the Ash of the Rice Husk in the Physical-Mechanical Properties in Standard Concrete Mixes"*** - Quito

- Ecuador of the Universidad Central Del Ecuador, aimed to study the behavior of the rice husk ash in a standard concrete mixture, the methodology used was experimental, the population was carried out in the city of Quito, where the sample was taken that was the mixture of 2 comparative design methods of fresh concrete and hardening. The instruments were used tests that are the granulometry, optimal density of the aggregates. The results obtained were that the aggregate can be established in a favorable percentage, and it was concluded that the density of fresh concrete increases



in CCA and 2152.28kg / m<sup>3</sup> is obtained in standard concrete 2,243.32 k / m<sup>3</sup> with 5% CCA and 228.42 k / m<sup>3</sup> with 10% CCA.

El procedimiento de la ceniza de cascarilla de arroz en el hormigón tiene un porcentaje favorable como la densidad del hormigón fresco aumenta e CCA y se obtiene 2152,28kg/m<sup>3</sup> a hormigón estándar 2243,32 k/m<sup>3</sup> con el 5% de CCA y 228,42 k/m<sup>3</sup> con el 10% de CCA.

**Montero (2017)**, in his research *entitled "Use of rice husk ash as a partial replacement for cement in the manufacture of conventional concretes in Ecuador"* from the **San Francisco De Quito USFQ University**, aimed to determine the optimal percentage of the rice husk ash replacing in the cement with resistance to 21 MPa. The **methodology** used was experimental, having a **population** of industries that discard the material of the rice husk obtaining the used **sample** that was 5 different portions of material of 0%, 10%, 15%, 20% and 25% replacing the ash of rice husk by weight of cement, the **instruments** to be used are the granulometry, CBR to see the resistance, followed by the **result** that the CBR increases the value to 100% of the maximum density, the compaction of the dry density decreased, it is **concluded** that the maximum dry density of the modified proctor from 9.7% to 15.2%, that is, it increases 1.6 times, CA20, had a decrease from 11.2% to 8.1%, and CBR to 95%, its increase was from 8.0% to 13.80% and CBR to 100% from 9.7% to 15.2%.

El uso de la CCA como reemplazo parcial del cemento en la fabricación de hormigones convencionales tiene muestras de 5 porciones diferentes de material de 0%, 10%, 15%, 20% y 25% que fueron analizados obteniendo un resultados que la máxima densidad seca del proctor modificado de 9.7% hasta 15.2% es decir aumenta 1.6 veces, CA20, tuvo una disminución de 11.2% a 8.1%, e CBR al 95% su aumento fue de 8.0% hasta 13.80% y CBR al 100% de 9.7% a 15.2%.

**Álzate (2019)**, *"Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden"* de la **universidad Libre Seccional Pereira**, que tuvo como objetivo de Evaluar el cemento como aditivo estabilizante en la capa de subrasante para la vía de tercer orden, la metodología empleada es de tipo experimental-descriptiva, aplicado en el tramo vial

que conduce a la vereda Llano Grande-Pereira, donde su prioridad es mejorar el comportamiento del suelo original utilizando cuatro procedimientos toma de muestras, caracterización física y mecánica, estabilización con cemento y finalmente la fase de diseño, empleando ensayos de resistencia a la compresión de cilindros moldeados con suelo-cemento. En sus conclusiones el porcentaje con mayor resistencia es de 13%; en el 75% de las muestras realizadas la estabilización se logró una mejora al 100%, siendo la resistencia más baja de 19 toneladas por metro cuadrado y la resistencia más alta es de 149 toneladas por metro cuadrado.

**Jiménez, Bastidas, Consuegra (2019), “Optimización de Residuos Mineros de Carbón para el Mejoramiento de Suelos Viales con Algoritmos Evolutivos Multi objetivo”** en este estudio se desarrolló un algoritmo evolutivo multi objetivo (AEMO) donde determinaremos el material extraído de carbón a cielo abierto con cal y cemento utilizando como estabilizante de infraestructura vial, los residuos mineros se viene utilizando en países como Alemania, España, Polonia y Francia, tomando valores de 7% 5% y 5% para el índice de plasticidad y mientras que nos da un CBR elevado de 18% 25% y 58% por ello se considerara una mezcla de 50 – 50 es decir 50% de los residuos mineros y 50% material de la natural, aplicando la cal 4% y 0.02% de cemento el CBR incrementa en 56.29%. Para la cal y el cemento la adición de 5% de cal en el suelo, se tiene un límite líquido de 36.6%%, límite plástico de 25.1% y el índice de plasticidad es de 10.5%

**Morales, Pailacura (2019), “Estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio”** el objetivo es evaluar el terreno de cloruro de calcio  $\text{CaCl}_2$  para mejorar caminos no pavimentados, el cloruro de calcio es como un sub producto para estabilizante de suelo, es capaz de absorber la humedad, cuando la humedad se encuera alta sobre 30% el cloruro de calcio absorbe hasta 10 veces de su propio peso, este producto cuando se estabiliza produce una cementación parecido a un pavimento el cual se seca el material, la pérdida del curado aumenta la tensión superficial en la superficie. El beneficio máximo del tratamiento con cloruro calcio tiene un estado sólido, se coloca 3 y 10 por tonelada métrica de suelo a tratar para la pavimentación.

### **Propiedades físicas de suelos arcillosos**

A este tipo de suelos arcillosos según sus propiedades físicas se los denominan como suelos pesados, por que demuestran baja permeabilidad de agua y eminente retención de agua y nutrientes, en relación a su textura, estructura, densidad y porosidad que esta presenta; las partículas minerales que estas presentan su tamaño que presentan son menor a 2 mm, y si están por encima de ese tamaño se les considera como fragmentos gruesos y se les clasifica según su tamaño en grava, piedra y roca.

### **Propiedades mecánicas de suelos arcillosos**

Consiste en identificar y estudiar sus características, el comportamiento y la utilización del suelo como un referente estructural, de forma que estén preparados ante las cargas al que estarán expuestas evitando deformaciones y brindando resistencia, durabilidad y estabilidad a las estructuras.

### **Estabilización físico-mecánica**

Consiste en alterar las propiedades físicas del suelo, es decir modificar su granulometría obteniendo un suelo bien gradado con una buena distribución de tamaños en sus partículas. Por otro lado este tipo de método consiste en obtener la densidad máxima seca del suelo para poderlo densificar y así emplear la energía adecuada para compactar el terreno [...]; la estabilización mecánica es la que consigue mejorar las condiciones iniciales del suelo sin que se presenten respuestas químicas considerables.

### **Subrasante**

La subrasante es la capa de rodadura natural que está sometida a diferentes cargas que transitan sobre ella y que sirven como fundación para la estructura de los pavimentos, además esta define la capacidad de soporte estructural del pavimento definiendo los espesores de las capas que conforman el pavimento, ya que la subrasante presentan diferentes tipos de resistencia de acuerdo al tipo de suelo.

### **Caracterización de la subrasante.**

Con unas exploraciones calicatas de 1.5 de profundidad se desea determinar las características físicas y mecánicas de las componentes de la subrasante con la realización de un pozo exploratorio<sup>2</sup>.

### **Resistencia de la subrasante**

Define la capacidad de carga que puede soportar la plataforma sin que esta sea dañada o modificada, “para determinar la firmeza de la subrasante y la capacidad de una estructura de un pavimento, con la información del deflectómetro de impacto, se ostentan la siguientes metodologías: Método AASHTO1993, Modelo de Hoog, Método de Lukanen [...]” [3].

### **Ensayo CBR, (californium Bearing Ratio).**

En el ensayo se determina como parámetro mecánico de CBR, es empleado para el diseño de pavimentos flexibles, es recomendable realizar los ensayos en el mismo campo, es un ensayo que pocos laboratorios realizan. El CBR se expresa en porcentaje y PDC en mm/golpes. Este ensayo de CBR se realiza normalmente en un laboratorio bajo condiciones establecidas de humedad y densidad; pero que además se pueden realizar de manera in-situ sobre pruebas inalteradas en el mismo sitio de estudio<sup>4</sup>.

### **Mejoramiento de la subrasante**

Este mejoramiento consiste que las propiedades mecánicas del suelo de fundación cumplan parámetros que le permitan dar a la capa de rodadura una estabilidad y durabilidad ante la presencia de cargas de los vehículos a las que está sometida, a

---

<sup>2</sup> Manual de Carreteras. “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”. Lima: MTC, 2013.

<sup>3</sup> . Higuera, C. “Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto”. Lima: UPTC, 2010.

<sup>4</sup> Laboratorio de mecánica de suelos. “Californium Bearing Ratio (CBR)”. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.

través de la incorporación de un insumo o aditivo que le permite mejorar su resistencia, entre esos parámetros se considera:

### **Óptimo contenido de humedad**

El óptimo contenido de humedad es aquella que le permite al suelo una densidad máxima durante la compactación, este contenido de humedad son tomadas como muestras que serán puestas en un laboratorio y cumplir ciertos parámetros de acuerdo a norma, que por lo general está entre el 15% y 20%, por debajo del límite líquido<sup>5</sup>.

### **Máxima densidad seca**

“La densidad seca máxima se determina por el ensayo de Proctor. La densidad seca no es infinita, ya que poseen límites que desarrolla una expulsión de poros del suelo, por ello en este caso el suelo es saturado por un mínimo volumen que se vuelve cero, en estos casos a veces la densidad seca se vuelve inalcanzable y llega a ser menor inferior a su densidad total máxima expuesta [...]” [6].

### **Ensayo Proctor Modificado**

El ensayo de proctor modificado es similar al normal solo que en este cambie el tamaño del molde con una capacidad de 2.320 cm<sup>3</sup> y una maza de 4.535 kg, la cual se dejara caer desde una altura mayor, generando una energía mayor de compactación; por otro lado en cuanto al número de golpes (25 golpes) por capa granular ya no serán 3 sino 5 veces<sup>7</sup>.

### **Arroz, proceso y obtención del producto**

El arroz es una planta cereal de hojas largas con el nombre científico de “*Oryza sativa*”, perteneciente al grupo de gramíneas, este producto es comestible, a su vez este grano pasa por un proceso de selección el cual es separado de la cascara para poder realizarse su comercialización, la cascara extraída tiene un equivalente al 20% de peso

---

<sup>5</sup> Quispe, R. “Estudio experimental del comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con métodos tradicionales y ceniza de madera”. Lima: UPC-2019.

<sup>6</sup> Montero, M. *Comparación del comportamiento hidromecánico de la arcilla boom compactada estática y dinámicamente*. España: Universidad Técnica de Cataluña, 2014.

<sup>7</sup> Aldana, J. *Ensayos de Compactación, Proctor Normal y Modificado*. Madrid: UTC, 2019.

total del grano. Por otro lado, la producción anual en el mundo es de 108 toneladas, según los reportes. Asimismo la cual es reutilizada de distintas maneras y en especial en nuestro país se lo utiliza como abono agrícola y como estabilizante de suelos ya que contiene un alto contenido de nutrientes en sus propiedades que aportan de manera significativa una mejora en los suelos.

Para la obtención de CCA, se pasa por un proceso largo desde la cosecha del grano hasta el quemado final, cumpliendo ciertos parámetros ya que el producto principal a obtener es el grano; el quemado de la cascarilla se pueden realizar a campo abierto o en hornos industriales de manera controlada,

De ese modo se logra reducir grandes índices de contaminación, estos llevados de la mano con un buen impacto ambiental dentro de un proceso de estabilización debido a su característica natural. Así también, la cascara de arroz fue definida como una capa leñosa, ligera, de gran soporte y con grandes contenidos de sílice. Asimismo, contenida con celulosa, lignina y SiO<sub>2</sub> en 50%, 30% y 20% respectivamente, todo ello por la presencia de óxido de hierro, óxido de silicio y aluminatos. Por otro lado, este material puede presentar un proceso puzolanico en compañía de Ca (OH)<sub>2</sub>, todo ello enlazado en la ceniza de cascara de arroz. Finalmente, se concluye que este material agroindustrial como residuo cumple el rol de relleno o de refuerzo en el núcleo cementante<sup>8</sup>.

### **Granulometría**

El análisis granulométrico de partículas de un agregado se da de manera manual o mecánica con el propósito de separar partículas, que por medio de un tamizado se obtiene una sustancia estándar para un determinado fin; para separar una determinada muestra se realiza un zarandeo que pasa por diferentes aberturas de las mallas que van seleccionando según el tamaño de partículas<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Rodríguez, M. "Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz". Valdivia-Chile: Universidad Austral de Chile.

<sup>9</sup> Cañas, J. "Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75 μm) en agregado mineral por lavado". El Salvador: Universidad Centro Americana, 2007.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño Metodológico

##### **Tipo de investigación de acuerdo a fin:**

Aplicada: Porque busca dar soluciones a un problema determinado, a partir de conocimientos muy bien fundamentados en su aplicación directa que benefician a la sociedad. Además consiste en poner en practica la aplicación de la ceniza de cascara de arroz para mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo, en base a conocimientos adquiridos y plasmarlo en campo bajo una debida normativa de aplicación; así como mantener estudios científicos con el fin de encontrar respuesta a los problemas que obstaculizan una mejora continua<sup>10</sup>.

##### **Tipo de investigación de acuerdo al nivel:**

La investigación descriptiva tiene de cabecera preocupación y pone énfasis en encontrar características importantes de los conjuntos homogéneos de fenómenos, asimismo esta trabaja en hechos y realidades. Finalmente esta busca una correcta interpretación<sup>11</sup>.

##### **Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico:**

- Cuasi Experimental: Porque tiene ciertas restricciones al aplicar el diseño experimental verdadero, pero que al menos se logra interactuar con una variable independiente (Ceniza de Cascara de Arroz), con el fin de ver el efecto y vínculo con una o más variables dependientes (Propiedades físico-mecánicas). Es por eso que este proyecto de investigación se considera **cuasi experimental**, debido a que se adicionaran intencionalmente los porcentajes (7%, 9%, 13%) de CCA a la subrasante, para mejorar sus propiedades físico-mecánicas del suelo; además, se sub-clasifica como cuasi experimental, puesto a que el tipo de terreno para el presento estudio ha sido pre definido (suelos arcillosos), de acuerdo a

---

<sup>10</sup> El profesorado, E.F y las competencias básicas TIC. *Metodología de la Investigación*. 2003.

<sup>11</sup> Sabino, C. *El Proceso de Investigación*. Bogotá: UCV, 1992.

antecedentes de proyectos que se realizaron en nuestra zona de estudio definiéndolo como tal; definiendo 04 ensayos (Terreno Natural, adicionando 7%, 9%, 13%) de volumen a la muestra, dosificaciones elegidas tentativamente en base a estudios previos realizados por otros tesisistas con porcentajes (5%, 10%, 15%), aplicado en la estabilización de suelos.

**Tipo de investigación de acuerdo a enfoque:**

- Cuantitativo: Está basada en una previa hipótesis planteada en un trabajo de investigación, que cuenta con una pequeña muestra de una determinada población, la cual será analizada como objeto de estudio. Además usa la recolección y análisis de datos para responder y probar si la hipótesis planteada influye de manera positiva o negativa, a través de datos numéricos o estadísticos.

**3.2. Variables y Operacionalización:**

Variable: Está básicamente representada por una insignia que está dependiendo de dos valores antagónicos que se dividen entre ellos. La manera más simple de representarla es a través de una medición normal, donde sus valores representativos son: existe o no existe, pertenece o no pertenece y de acuerdo a la ocasión más propicia se pueden intuir valores numéricos a través de intervalos contantes<sup>12</sup>.

**TABLA 1.** *Identificación de variables.*

<p><b>Variable independiente</b> (ceniza de cascara de Arroz)</p>	<p><b>Variable dependiente</b> (propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos)</p>
<p>La variable independiente se conceptualiza como una variable libre, esto no obedece el impacto de otro componente.</p>	<p>La variable dependiente está sujeta a la variable independiente, porque depende de esta la alteración que esta pueda generar.</p>

Fuente: elaboración propia.

<sup>12</sup> Heineman. Variables. 2003



Definición operacional: Las dosificaciones del aditivo (Ceniza de Cascara de Arroz) con porcentajes (7%, 9%, 13%) se adiciono a una muestra de suelo, con el fin de aumentar (Capacidad Portante) o disminuir (Índices de Plasticidad, Contenido de Humedad) de sus propiedades físico-mecánicas del suelo.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** Es toda la carretera José Gálvez, ubicado entre el Puerto de Yurinaqui y el Anexo José Gálvez con una distancia de 20 km de longitud, por lo que se determinó que la población de nuestro proyecto serán los 20 km. de la carretera José Gálvez – Chanchamayo.

**Muestra:** Para la muestra se determinó una cantidad de calicatas según el Manual de Carreteras-2014 en la sección de suelos y pavimentos Tabla 2, donde indica que para carreteras de bajo volumen de transito con un IMDA menor a 200 veh/día, de una calzada, se harán 01 calicata/km., como mínimo; además la muestra está determinada por las fallas más sobresalientes en un sector del trayecto de la carretera, por lo que la muestra del proyecto es de 03 calicatas ubicadas en la carretera José Gálvez – Chanchamayo.

**TABLA 2.** Número de calicatas para exploración de suelos

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

Fuente: Manual de carreteras, sección de suelos y pavimentos.

Cabe resaltar también que, según el tipo de carretera del presente estudio realizado y de acuerdo a la Tabla 3 Número de Ensayos de CBR del Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos, se indica realizar un (01) Ensayo CBR por cada 3 km como mínimo.

Ante ello y de acuerdo a norma se realizó mínimo un CBR por cada 3 km y una calicata por cada km, entonces se tomó 3 Km para efecto de las calicatas de la muestra, por ello, se realizaron tres (03) calicatas que fueron determinadas como muestra.

**TABLA 3.** Número de ensayos CBR según el tipo de carretera.

Tipo de Carretera	N° 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"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
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"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
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"> <li>Cada 1 km se realizará un CBR</li> </ul>
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"> <li>Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> </ul>
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"> <li>Cada 2 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

Fuente: Manual de carreteras, sección de suelos y pavimentos.

**Muestreo:** El prototipo de muestra se elige en base a las peculiaridades de la investigación así mismo se determina un muestreo no probabilístico porque está establecido de acuerdo a la relación número de ensayos igual al número de muestras.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Técnica:** La técnica utilizada es retrospectivo porque el estudio compara a dos grupos de investigación: aquellos que fueron realizados con una causa (ceniza de cascara de

arroz = variable independiente) y un efecto (mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas = variable dependiente) y otro grupo, en muy similar condición, pero que no pueden ser realizados pero si comparados mediante un análisis documental, por tener un similar antecedente o igual condición experimental.

**Instrumento:** Esta recolección de datos se hará mediante un análisis documental, el cual nos permite tener acceso a datos de información de los ensayos realizados de las tesis con antecedentes de mejora de las propiedades físico-mecánicas del suelo, que usaron de instrumentos de laboratorio con ensayos de laboratorios requeridos (Ensayo Proctor Modificado, Ensayo CBR, Ensayo de Atterberg, entre otros), que estarán sujeto bajo a una normatividad de acuerdo a cada tipo de ensayo; tesis que fueron extraídas de los diferentes repositorios de Universidades Nacionales y Privadas.

### **3.5. Procedimientos**

Nuestro proyecto de investigación está basado en determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos a partir de las tesis referentes a nuestra investigación en relación a nuestra técnica de análisis documental, en base a las similitudes de condiciones (tipo de suelos , tipo de aditivos, tipo de ensayos y similar características del lugar), para posteriormente a ello, obtener sus datos mediante la interpolación de respetando los aportes; para posteriormente realizar nuestro propios análisis de resultados, los mismos que serán presentados mediante gráficos y tablas. De modo que considerar la mejor opción de los resultados obtenidos que sirvan como antecedentes para futuros proyectos.

### **3.6. Método de Análisis de datos**

Para la selección de datos se ejecutará mediante la comparación a dos grupos de investigación: un primer grupo que fueron realizados con una causa y efecto, contra otro grupo, en muy similar condición, pero que no podrán ser realizados pero si comparados mediante un análisis documental; permitiendo tomar apuntes de sus resultados del primero en forma de datos interpolados, y asemejarlos a una posible solución, pues tienen un similar antecedente e igual condición experimental.

### **3.7. Aspectos Éticos.**

Este proyecto está basado de acuerdo al manual ISO, acompañándolo con datos generales, tablas y gráficos para los resultados adquiridos. Como ingenieros civiles esta investigación se desarrolló con total honestidad en relación a una buena conducta ética, como un trabajo netamente original y que cada aporte plasmada en una investigación que pertenezca a otro autor está debidamente citada; de acuerdo a lo mencionado se puede asegurar que este trabajo de investigación está desarrollado bajo una completa honestidad, honradez, respeto y confianza de no haber sido copiado de otra tesis, las cuales serán comparadas por la herramienta web Turnitin.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Descripción de la zona de estudio.

#### Nombre de la tesis:

“Aplicación de Ceniza de Cascara de Café, para determinar las Propiedades Mecánicas de Suelos Arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020”, tiene las siguientes ubicaciones.

Ubicación del proyecto:

Región: Junín  
Provincia: Chanchamayo  
Distrito: Perene  
Centro poblado: José Gálvez



*Figura 1.* Ubicación de la region en el mapa  
Fuente: Google maps



*Figura 2.* Ubicación del distrito  
Fuente: Google maps

#### Ubicación y descripción de la zona de estudio:

El proyecto de estudio se encuentra en el departamento de Junin provincia Chanchamayo, distrito Perene y centro poblado José Gálvez, el tramo de carretera beneficiada esta entre el centro poblado Puerto Yurinaki y el centro poblado José Gálvez que consta de 20 km.

### Ubicación geográfica

El centro poblado de José Gálvez se encuentra ubicado por el Norte el centro poblado Vella Vista, colinda por el Sur con el centro poblado de Canan Carapairo. Asimismo por el Este colinda con el centro poblado de Inkariado y por el Oeste Chincarmas del distrito de Perene, provincia Chanchamayo, departamento Junín.

- Latitud de 10° 77' 45" S
- Longitud 75° 05' 95" O
- Altitud de 1300 m.s.n.m.

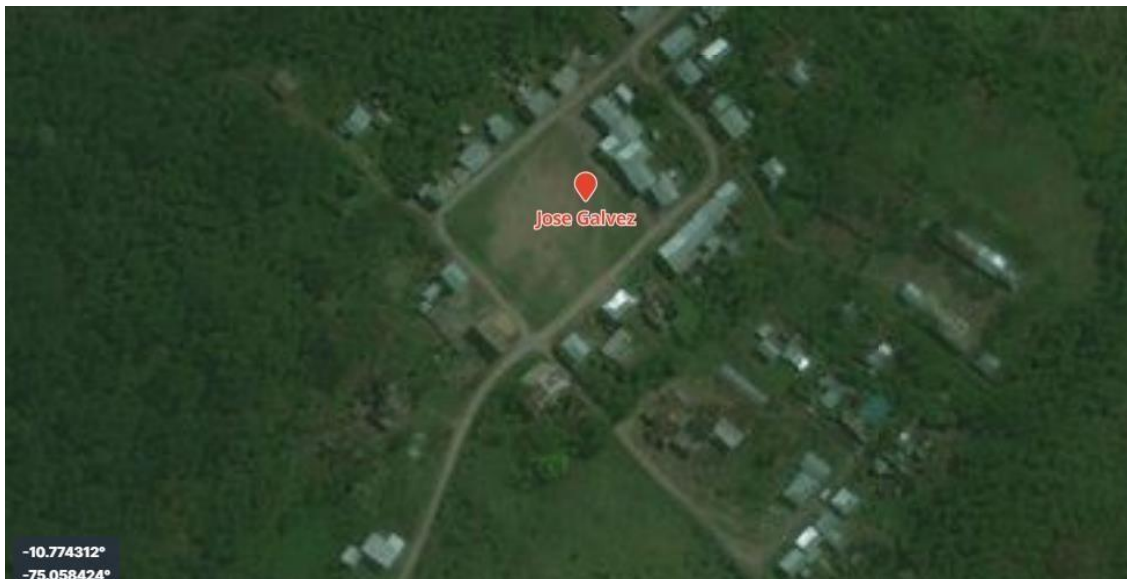


Figura 3. Anexo Jose Galvez.

Fuente: Google earth.

### 4.2. Trabajo de Obtención de Datos

Según el Decreto Supremo N°044-2020-PCM, el Presidente de la Republica Martin Alberto Vizcarra Gamarra, anuncio la inmovilización total domiciliaria, ante el estado

de emergencia que estamos viviendo en nuestro país, debido a que los índices de contagio del COVID-19 se han ido incrementando de manera significativa, por lo que quedó totalmente prohibido el transporte público de buses, tanto local como interprovincial, con el fin de evitar la propagación de la pandemia; así mismo también se decretó el cerrado de lugares donde hay aglomeración de personas, dentro de estas se encuentran los laboratorios de estudios de suelos, por lo que se decidió elaborar el Desarrollo del Proyecto de Investigación, con una nueva técnica de recolección de datos mediante un Análisis Documental, método en el cual se puede obtener datos mediante el acceso a la información de tesis realizadas por otros autores que están ligado con el mismo objetivo de investigación y que contengan los mismos ensayos realizados para poder hacer una interpolación de porcentajes que se emplearon; además estas tesis se encuentran en el repositorio de las Universidades que contaban con la Ingeniería Civil a nivel nacional e internacional, así mismo como también se obtendrá la teoría de los Artículos Científicos los cuales se encontraban en las páginas web de las revistas de investigación on-line.

#### **4.3. Trabajo De Laboratorio**

Las tablas y figuras bases de los ensayos de Atterberg (limites líquidos, limites plásticos, índice de plasticidad), CBR y Proctor Modificado que se apreciara a continuación fueron obtenidas por medio de análisis documental a los ensayos practicados y presentes en las tesis.

#### **Resultados comparativos de laboratorio encontrados de las respectivas tesis:**

<b>TESIS N°01: ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>	
<b>TITULO:</b>	<b>ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018.</b>
<b>AUTORES:</b>	<b>ROY ALDAIR, MALDONADO CHANG DIEGO ALEJANDRO, SARRIN TUERNOS</b>

#### **Ensayo de Proctor Modificado**

En la siguiente Tabla 4, se exponen los porcentajes (5%, 10% Y 15%) de Ceniza de Cascara de Arroz que utilizo el tesista como un aditivo estabilizante para optimizar sus propiedades físico-mecánicas; además se muestran los resultados conseguidos en laboratorio del Ensayo de Proctor Modificado (Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad).

**TABLA 4.** *Proctor Modificado.*

<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO C-3</b>		
<b>CENIZA DE CASACRA DE ARROZ</b>	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>
0.00%	0.524	11.80
5.00%	0.540	8.30
10.00%	0.500	13.00
15.00%	0.502	19.30

Fuente: Roy Aldair, Maldonado Chang y Diego Alejandro, Sarrin Tueros, Ancash-2018.



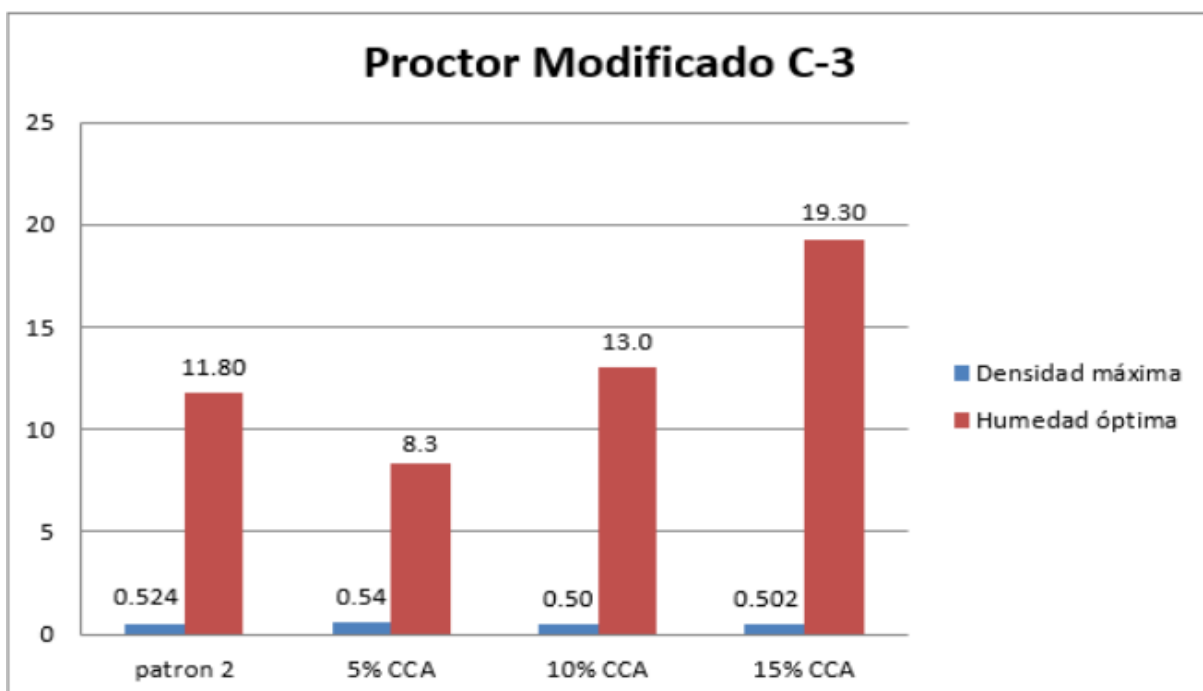


Figura 4. Resultados MDS Y OCH, tomando valores Patrón, 5%, 10% y 15%.

Fuente: Roy Aldair, Maldonado Chang y Diego Alejandro, Sarrin Tueros, Ancash-2018.

### Interpolación lineal

La interpolación es un proceso de estimación de valores entre los puntos conocidos. MATLAB tiene funciones de interpolación basadas en polinomios y transformaciones de Fourier. Es el subconjunto matemático del análisis numérico. La interpolación se llama obtener nuevos puntos basados en el conocimiento de un conjunto de puntos. También la interpolación es una técnica muy útil para aproximar funciones, para estimar valores intermedios de las mismas en una serie de datos. A continuación se presenta los resultados (Y1, Y2, Y3) de la interpolación lineal para determinar la Máxima Densidad Seca, realizada en base a la tesis antes mencionada, en cuanto a la MDS y el OCH, adicionando la Ceniza de Cascara de Arroz en porcentajes de 7%, 9% y 13% respectivamente.

**TABLA 5.** *Máxima Densidad Seca.*

CENIZA DE CASACRA DE ARROZ	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)
0.00%	0.524
5.00%	0.540
10.00%	0.500
15.00%	0.502

Fuente: Roy Aldair, Maldonado Chang y Diego Alejandro, Sarrin Tueros, Ancash-2018.

1. CALCULO Y1

PARA 7% DE CCA	
5.00%	0.54
7.00%	Y1
10.00%	0.51

$$Y1 = 0.54 + \frac{7.00 - 5.00}{10.00 - 5.00} \cdot (0.51 - 0.54)$$

Y1 = 0.53

2. CALCULO Y2

PARA 9% DE CCA	
5.00%	0.54
9.00%	Y2
10.00%	0.51

$$Y2 = 0.54 + \frac{9.00 - 5.00}{10.00 - 5.00} \cdot (0.51 - 0.54)$$

Y2 = 0.51

3. CALCULO Y3

PARA 13% DE CCA	
10.00%	0.51
13.00%	Y3
15.00%	0.50

$$Y3 = 0.51 + \frac{13.00 - 10.00}{15.00 - 10.00} \cdot (0.50 - 0.51)$$

Y3 = 0.50

TABLA 6. Máxima Densidad Seca de acuerdo al % de CCA adicionado.

PORCENTAJE (%) DE CCA	MÁXIMA DENSIDAD SECA
0.00%	0.52
7.00%	0.53
9.00%	0.51
13.00%	0.50

Fuente: Elaboración propia.

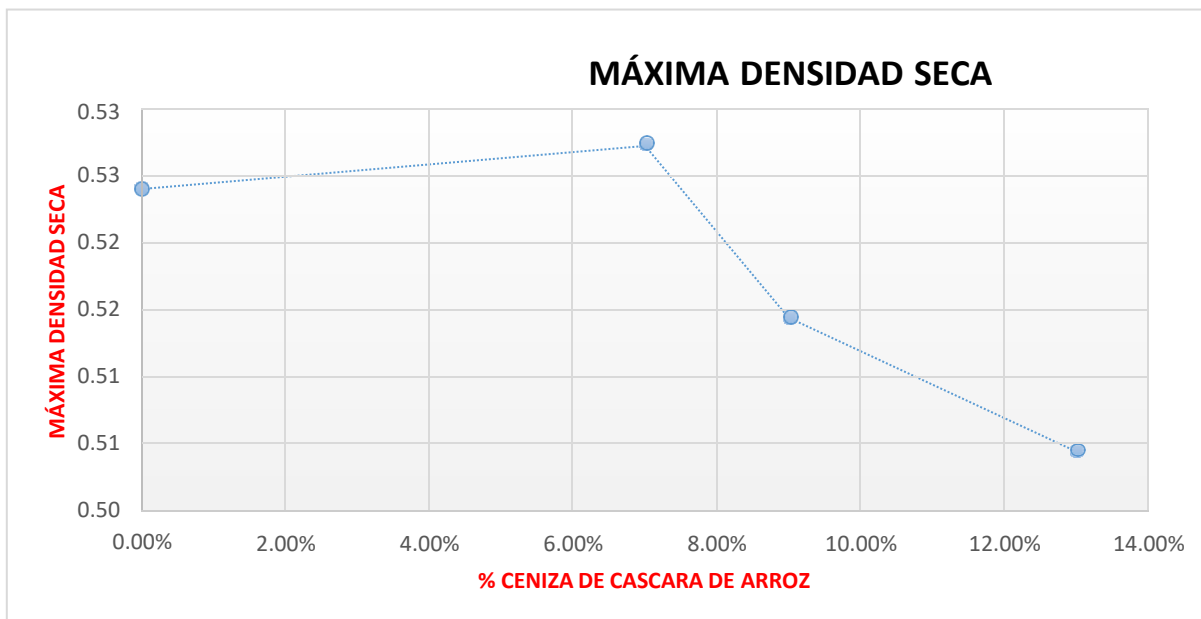


Figura 5. Resultados MDS, tomando valores Patrón, 7%, 9% y 13%.

Fuente: Elaboración propia.

En siguiente Tabla 7, se presentan los resultados alcanzados por el tesista mediante el ensayo de proctor modificado realizado en un laboratorio de suelos, determinando así un porcentaje del contenido de humedad que exhibe dicha muestra; posteriormente se realizó la interpolación lineal adicionando porcentajes propios de (7%, 9% y 13%), en base a resultados de ensayos de laboratorio ya obtenidos, llegando a la siguiente conclusión.

**TABLA 7.** *Contenido de Humedad.*

<b>PORCENTAJE (%)DE CCA</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>
<b>0.00%</b>	<b>11.80</b>
<b>5.00%</b>	<b>8.30</b>
<b>10.00%</b>	<b>13.00</b>
<b>15.00%</b>	<b>19.30</b>

Fuente: Roy Aldair, Maldonado Chang y Diego Alejandro, Sarrin Tueros, Ancash-2018.

**1. CALCULO Y1**

PARA 7% DE CCA	
5.00%	8.30
7.00%	<b>Y1</b>
10.00%	13.00

$$Y1 = 8.30 + \frac{7.00 - 5.00}{10.00 - 5.00} * (13.00 - 8.30)$$

**Y1 = 10.18**

**2. CALCULO Y2**

PARA 9% DE CCA	
5.00%	8.30
9.00%	<b>Y2</b>
10.00%	13.00

$$Y2 = 8.30 + \frac{9.00 - 5.00}{10.00 - 5.00} * (13.00 - 8.30)$$

**Y2 = 12.06**

**3. CALCULO Y3**

PARA 13% DE CCA	
5.00%	13.00
13.00%	<b>Y3</b>
15.00%	19.30

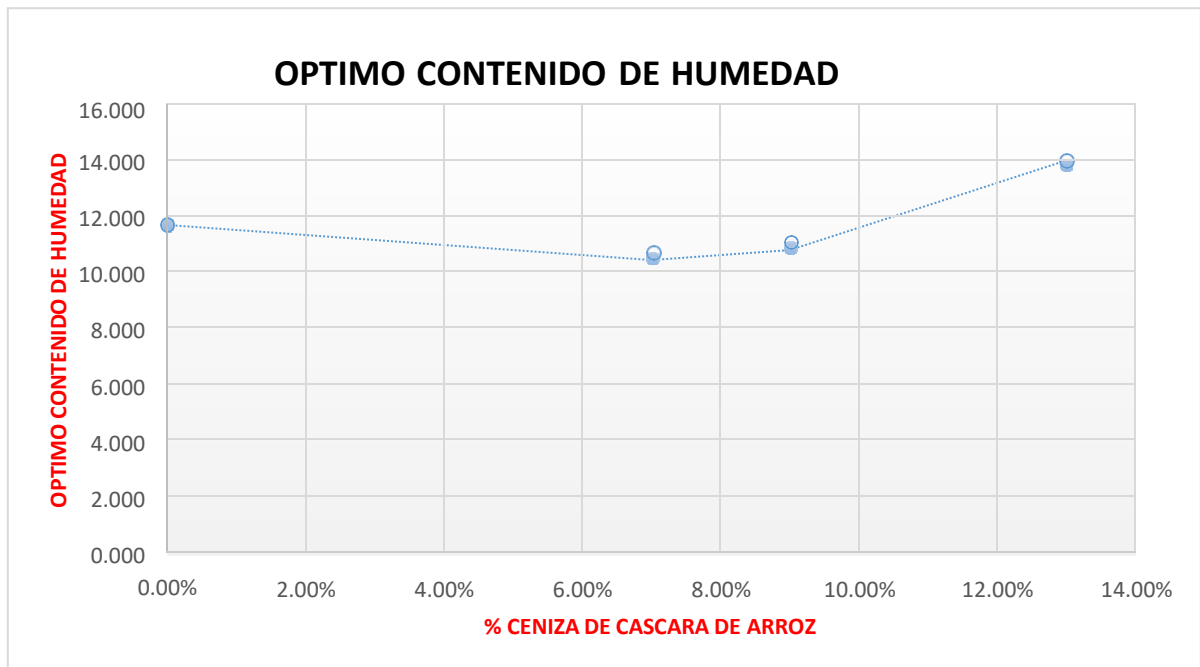
$$Y3 = 13.00 + \frac{13.00 - 10.00}{15.00 - 10.00} * (19.30 - 13.00)$$

**Y3 = 16.78**

**TABLA 8.** Contenido de Humedad de acuerdo al % de CCA adicionado.

PORCENTAJE (%) DE CCA	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
0.00%	11.800
7.00%	10.18
9.00%	12.06
13.00%	16.78

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 6.** Resultados OCH, tomando valores Patrón, 7%, 9% y 13%.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 9.** *Ensayo de Proctor Modificado.*

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO C-3		
PORCENTAJE DE CENIZA DE CASACRA DE ARROZ	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
0.00%	0.524	11.80
7.00%	0.527	10.18
9.00%	0.514	11.08
13.00%	0.504	16.10

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** En la Tabla N°9 se observa, los resultados del ensayo Proctor Modificado en cuanto a su Máxima Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>) y Optimo Contenido de Humedad (%), se observa datos de MDS de 0.524 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 11.80% como muestra patrón del terreno natural y datos adicionando porcentajes (7%, 9% y 13%) de Ceniza de Cascara de Arroz (CCA), con una MDS de 0.53 gr/cm<sup>3</sup>, 0.51 gr/cm<sup>3</sup> y 0.50 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 10.18%, 11.08% y 16.10% respectivamente; obteniendo resultados, que a partir de la incorporación de CCA con porcentajes (%) mayor al 9%, no son los más adecuados para perfeccionar las propiedades de suelos arcillosos, porque el contenido de humedad aumenta y la máxima densidad seca disminuye, determinando así, que los porcentajes más adecuados para ver una mejora del suelo deben estar por debajo del 7%. Por lo que se interpretó que los porcentajes utilizados son muy elevados, porque alteran las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos, pero de manera negativa.

**TESIS N°02: ENSAYO DE ATTERBERG**

**TITULO: "EVALUACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN Y CAPACIDAD PORTANTE DE SUELOS ARCILLOSOS USADOS EN SUBRASANTES AL ADICIONAR CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ, CAJAMARCA 2016"**

**AUTOR: LLAMOGA VASQUÉZ, LUZ YANET**

**Ensayo de Atterberg**

En la siguiente Tabla 10, se muestra los porcentajes (4%, 7%, 10) de CCA, que utilizo el tesista como un aditivo estabilizante para mejorar sus propiedades físico-mecánicas del suelo (Atterberg); además se presentan los resultados conseguidos en el laboratorio de suelos del ensayo de Atterberg (Límites de consistencia Atterberg) según la NTP 339.129-1999.

**TABLA 10.** Resultados del ensayo Atterberg adicionando CCA a suelos arcillosos.

ENSAYO ATTERBERG		
MUESTRA		INDICE DE PLASTICIDAD
% DEL SUELO ARCILLOSO	% DE CCA	
0%	0%	20.02%
96%	4%	14.03%
93%	7%	8.14%
90%	10%	21.42%

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

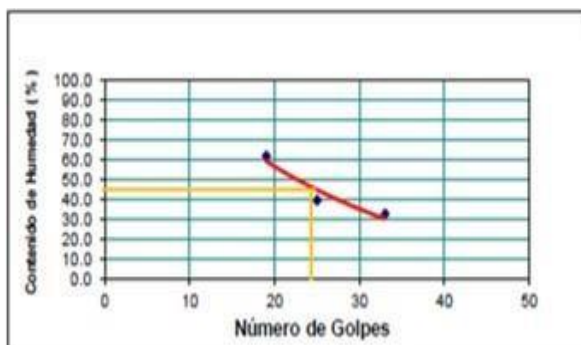


Figura 7. Límite líquido Muestra Patron  
Fuente : Llamoga Vasquéz, Luz (2016).

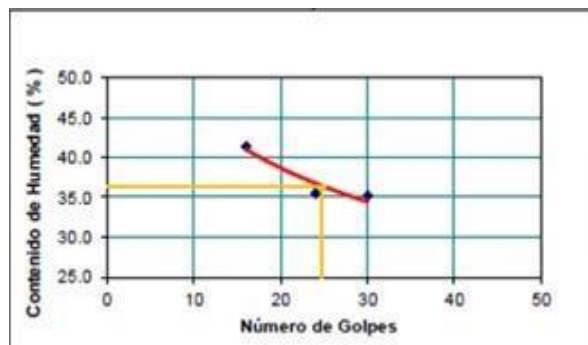


Figura 8. Límite líquido con 4% CCA  
Fuente : Llamoga Vasquéz, Luz (2016).

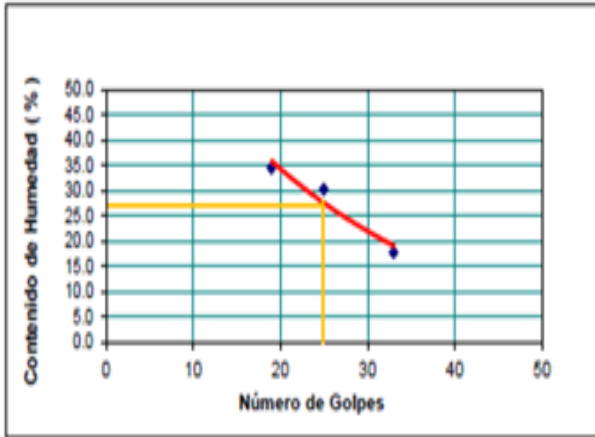


Figura 9. Límite Líquido con 7% CCA.  
Fuente: Llamoga Vásquez, Luz (2016).

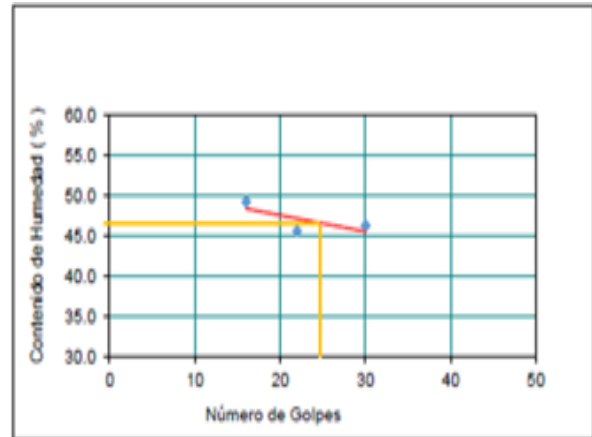


Figura 10. Límite Líquido con 10% CCA.  
Fuente: Llamoga Vásquez, Luz (2016).

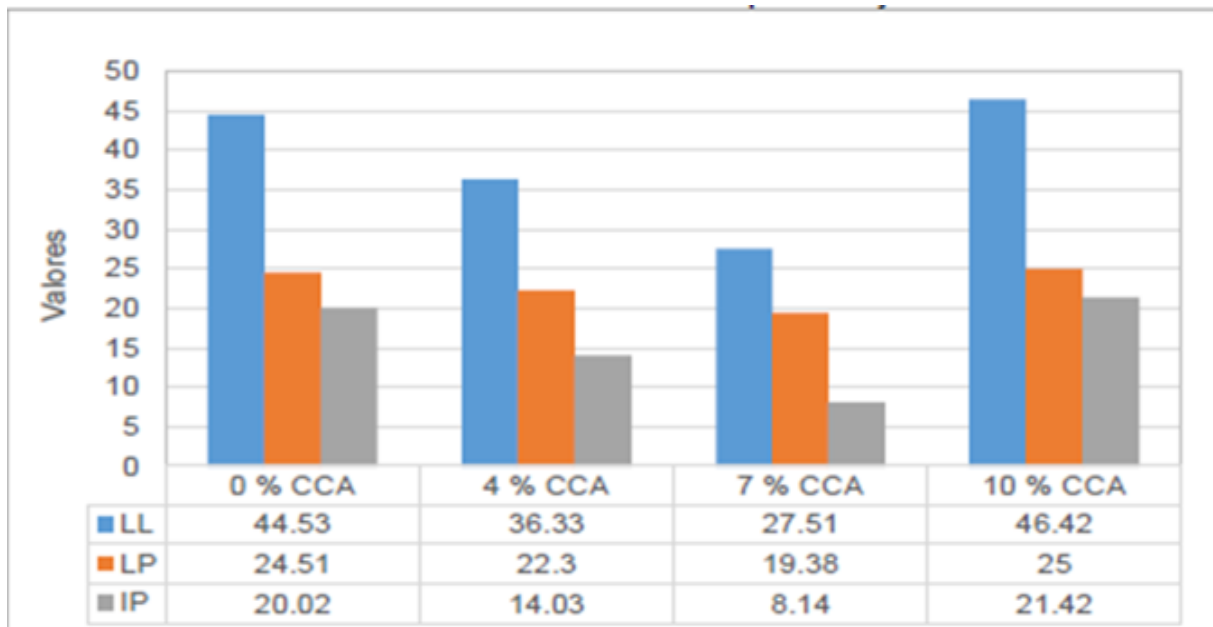


Figura 11. Resultados del ensayo de Atterberg  
Fuente: Llamoga Vásquez, Luz (2016).

### Interpolación lineal de Límite Líquido

A continuación se presenta los resultados (Y1, Y2, Y3) de la interpolación lineal, realizada en base a la tesis antes mencionada, en cuanto al ensayo Atterberg, adicionando la Ceniza de Cascara de Arroz en porcentajes de 4%, 7% y 10% respectivamente.

**TABLA 11. Limite Líquido de acuerdo al % de CCA adicionado.**

PORCENTAJE (%)DE CCA	LIMITE LIQUIDO
0.00%	44.53
4.00%	36.33
7.00%	27.51
10.00%	46.42

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

1. CALCULO Y1 PARA 5% DE CCA	
4.00%	36.33
5.00%	Y1
7.00%	27.51

2. CALCULO Y2 PARA 6% DE CCA	
4.00%	36.33
6.00%	Y2
10.00%	46.42

3. CALCULO Y3 PARA 8% DE CCA	
10.00%	46.42
8.00%	Y3
7.00%	27.51

$$Y1 = 36.33 + \frac{5.00 - 4.00}{7.00 - 4.00} * (36.33 - 27.51) \quad Y2 = 36.33 + \frac{6.00 - 4.00}{10.00 - 4.00} * (46.42 - 36.33) \quad Y3 = 46.42 + \frac{8.00 - 4.00}{10.00 - 4.00} * (46.42 - 27.51)$$

$$Y1 = 39.27$$

$$Y2 = 39.69$$

$$Y3 = 59.02$$

**TABLA 12. Limite Líquido de acuerdo al % de CCA adicionado.**

PORCENTAJE (%)DE CCA	LIMITE LIQUIDO
5.00%	39.27
6.00%	39.69
8.00%	59.02

Fuente: Elaboración propia.



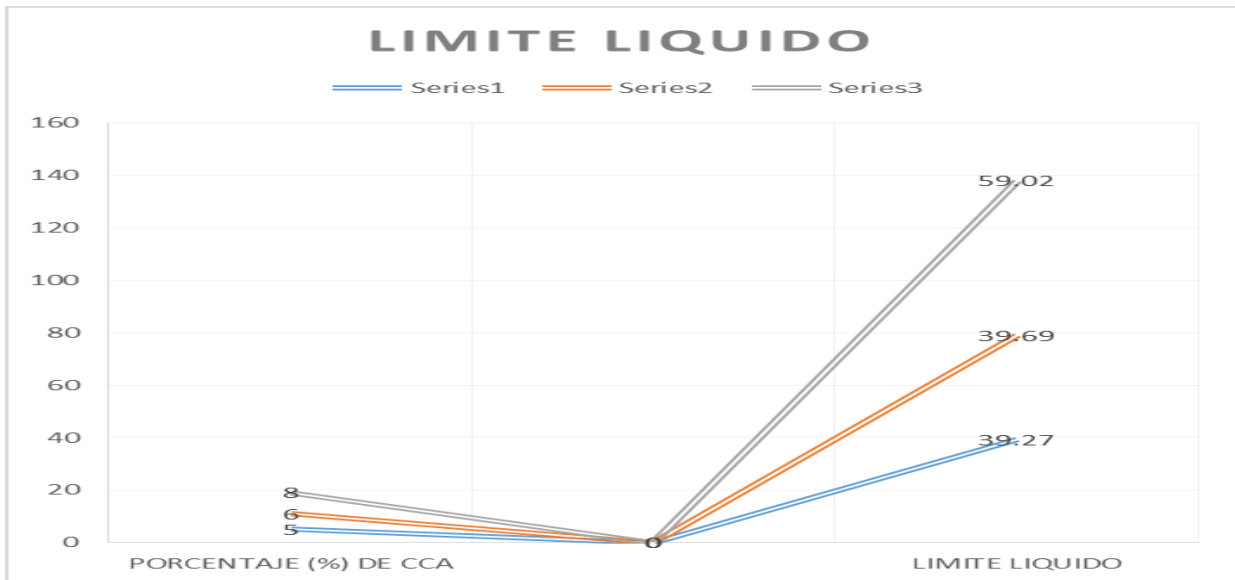


Figura 12. Resultados de Limite Liquido, tomando valores Patrón, 5%, 6% y 8%.

Fuente: Elaboración propia.

En siguiente Tabla N° 13, se muestran los resultados obtenidos por el tesista mediante el ensayo de Atterberg realizado en un laboratorio de suelos, determinando así el limite plástico que presenta dicha muestra; posteriormente se realizó la interpolación lineal adicionando porcentajes propios de (4%, 7% y 10%), en base a resultados de ensayos de laboratorio ya obtenidos.

**TABLA 13.** *Limite Plástico.*

<b>PORCENTAJE (%) DE CCA</b>	<b>LIMITE PLASTICO</b>
<b>0.00%</b>	<b>24.51</b>
<b>4.00%</b>	<b>22.30</b>
<b>7.00%</b>	<b>19.38</b>
<b>10.00%</b>	<b>25.00</b>

Fuente: Llamoga Vásquez, Luz Yanet, 2016.

1. CALCULO Y1	
PARA 5% DE CCA	
4.00%	22.3
5.00%	Y1
7.00%	19.38

2.CALCULO Y2	
PARA 6% DE CCA	
4.00%	22.3
6.00%	Y2
10.00%	25

3. CALCULO Y3	
PARA 8% DE CCA	
10.00%	25
8.00%	Y3
7.00%	19.38

$$Y1 = 22.3 + \frac{5.00 - 4.00}{7.00 - 4.00} * (22.3 - 19.38) \quad Y2 = 22.3 + \frac{6.00 - 4.00}{10.00 - 4.00} * (25 - 22.3) \quad Y3 = 25 + \frac{8.00 - 4.00}{10.00 - 4.00} * (25 - 19.38)$$

$$Y1 = 23.27$$

$$Y2 = 23.2$$

$$Y3 = 28.7$$

TABLA 14. Limite plástico de acuerdo al % de CCA adicionado.

PORCENTAJE (%) DE CCA	LIMITE PLASTICO
5.00%	23.27
6.00%	23.20
8.00%	28.70

Fuente: Elaboración propia.

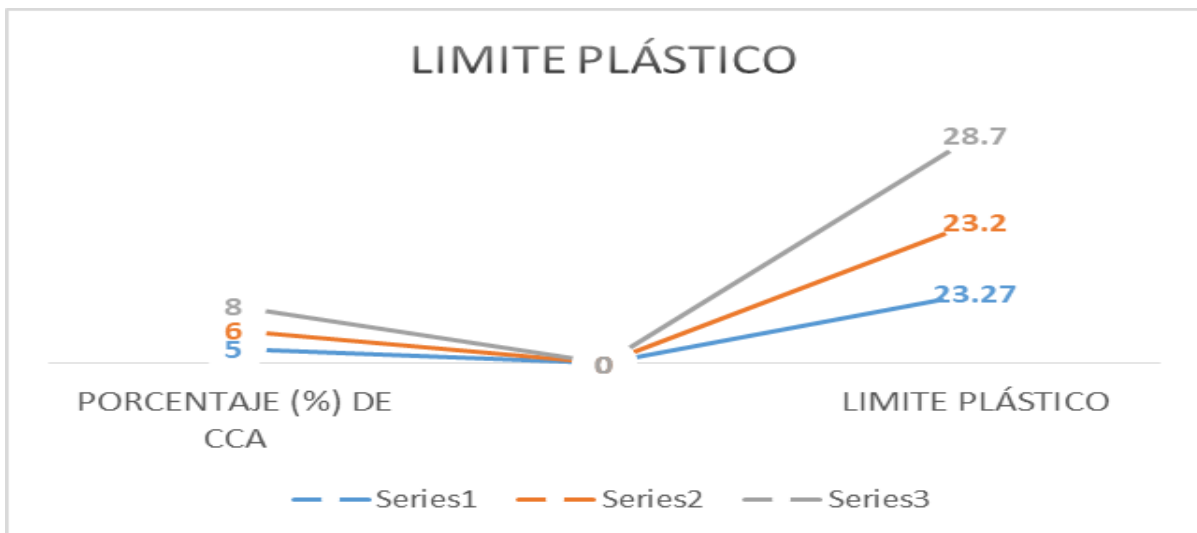


Figura 13. Resultados de LIMITE PLÁSTICO, tomando valores Patrón, 5%, 6% y 8%.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 15.** Resultados Ensayo de Atterberg.

<b>ENSAYO ATTERBERG</b>			
<b>MUESTRA</b>		<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	
<b>% DEL SUELO ARCILLOSO</b>	<b>% DE CCA</b>	<b>LIMITE LIQUIDO (LL)</b>	<b>LIMITE PLÁSTICO (LP)</b>
<b>96.00%</b>	<b>5.00%</b>	<b>39.27</b>	<b>23.27</b>
<b>93.00%</b>	<b>6.00%</b>	<b>39.69</b>	<b>23.2</b>
<b>90.00%</b>	<b>8.00%</b>	<b>59.02</b>	<b>28.7</b>

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** En la Tabla N°15 se observa, los resultados del ensayo de Atterberg (índice de plasticidad), donde podemos notar que al adicionar CCA (Ceniza de Cascara de Arroz), 5%, 6% y 8%, en cuanto a la muestra patrón del terreno natural, con una precisión del índice de plasticidad al 96%, su capacidad va aumentado en el límite líquido que es de 39.27%, 39.9% y 59.02% y con respecto al límite plástico es 23.27, 23.2 y 28.7 va en aumento mientras más porcentaje de CCA se adiciona al suelo.

<b>TESIS N°03: ENSAYO CBR</b>	
<b>TITULO:</b>	<b>“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS A NIVEL DE SUBRASANTE CON CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ, CARRETERA YANUYACU BAJO – SEÑOR CAUTIVO”</b>
<b>AUTORES:</b>	<b>PAOLA MARYURI DEL ROCIO GALVEZ REYES JESSICA KATHERINE SANTOYO VILLEGAS</b>

### **Ensayo CBR.**

En la siguiente Tabla 16, se muestran los porcentajes (3%, 10% Y 15%) de Ceniza de Cascara de Arroz que utilizó el tesista como un aditivo estabilizante para mejorar sus propiedades físico-mecánicas del suelo (CBR); además se muestran los resultados obtenidos en laboratorio de suelos, del Ensayo de CBR, según la NTP 339.145.

**TABLA 16.** *Valores del CBR obtenidos de la combinación del suelo arcilloso y la ceniza de cáscara de arroz.*

<b>ENSAYO CBR</b>		
<b>MUESTRAS</b>		<b>CBR 95%</b>
<b>% DEL SUELO ARCILLOSO</b>	<b>% DE CCA</b>	
100%	0.00%	3.92
97%	3.00%	6.68
90%	10.00%	10.93
85%	15.00%	13.77

Fuente: Paola Maryuri del Rocío, Gálvez Reyes y Jessica Katherine, Santoyo Villegas, Jaen-2019.

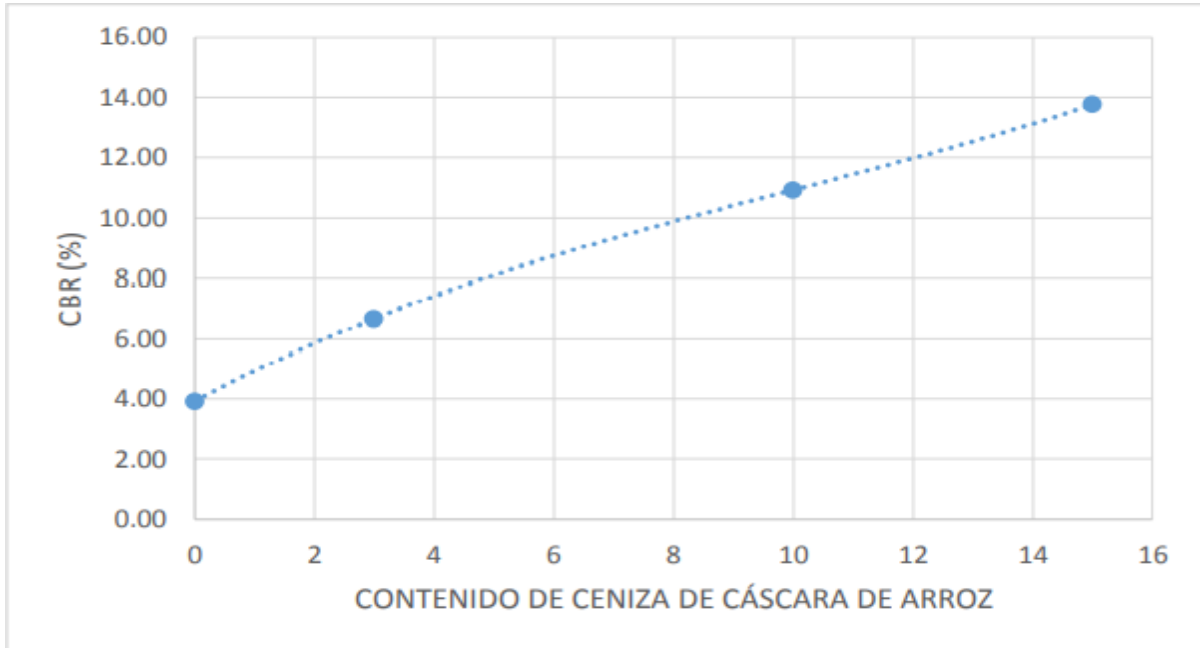


Figura 14. Variación del CBR al 95 % con respecto al contenido de CCA entre suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz.

Fuente: Paola Maryuri del Rocío, Gálvez Reyes y Jessica Katherine, Santoyo Villegas, Jaen-2019.

### Interpolación lineal

A continuación se presenta los resultados (Y1, Y2, Y3) de la interpolación lineal, realizada en base a la tesis antes mencionada, en cuanto al ensayo CBR, adicionando la CCA en porcentajes de 5%, 8% y 13% respectivamente.

TABLA 17. CBR de acuerdo al % de CCA adicionado.

PORCENTAJE (%)DE CCA	CBR
<b>0.00%</b>	<b>3.92</b>
<b>3.00%</b>	<b>6.68</b>
<b>10.00%</b>	<b>10.93</b>
<b>15.00%</b>	<b>13.77</b>

Fuente: Paola Maryuri del Rocío, Gálvez Reyes y Jessica Katherine, Santoyo Villegas, Jaen-2019.

1. CALCULO Y1

PARA 5% DE CCA	
3.00%	6.68
5.00%	<b>Y1</b>
10.00%	10.93

$$Y1 = 6.68 + \frac{5.00 - 3.00}{10.00 - 3.00} \cdot (10.93 - 6.68)$$

**Y1 = 7.89**

2. CALCULO Y2

PARA 8% DE CCA	
3.00%	6.68
8.00%	<b>Y2</b>
10.00%	10.93

$$Y2 = 6.68 + \frac{8.00 - 3.00}{10.00 - 3.00} \cdot (10.93 - 6.68)$$

**Y2 = 9.72**

3. CALCULO Y3

PARA 13% DE CCA	
10.00%	10.93
13.00%	<b>Y3</b>
15.00%	13.77

$$Y3 = 10.93 + \frac{13.00 - 10.00}{15.00 - 10.00} \cdot (13.77 - 10.93)$$

**Y3 = 12.63**

TABLA 18. CBR de acuerdo al % de CCA adicionado.

PORCENTAJE (%) DE CCA	CBR
0.00%	3.92
5.00%	7.89
8.00%	9.72
13.00%	12.63

Fuente: Elaboración propia.

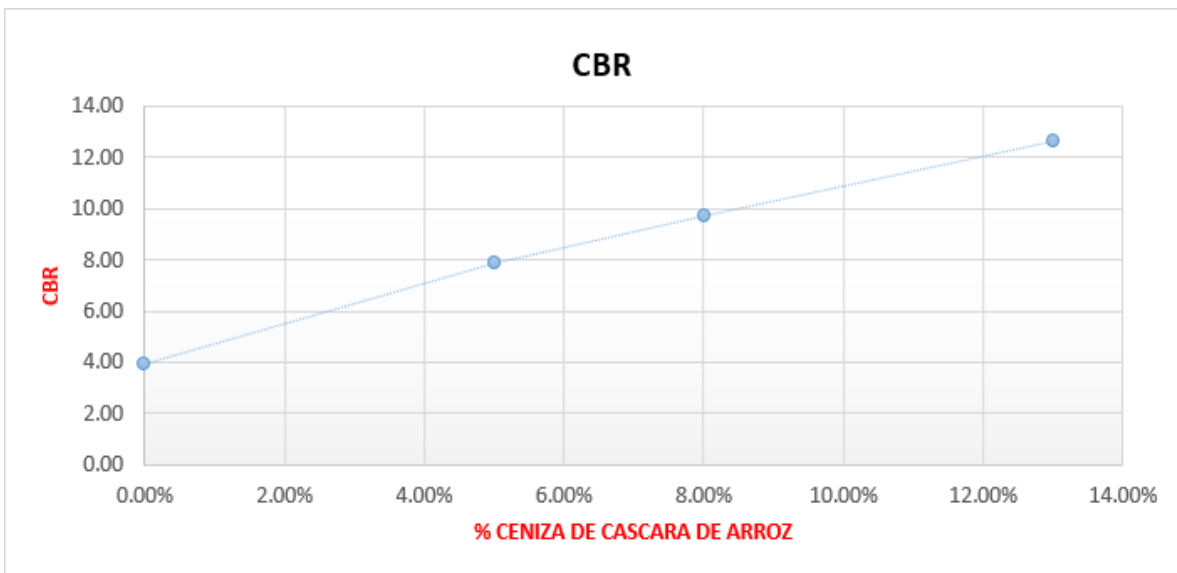


Figura 15. Resultados CBR, tomando valores Patrón, 5%, 8% y 13%.

Fuente: Elaboración propia.

**TABLA 19.** *Ensayo de CBR.*

ENSAYO CBR		
MUESTRAS		CBR 95%
% DEL SUELO ARCILLOSO	% DE CCA	
100%	0.00%	3.92
97%	5.00%	7.89
90%	8.00%	9.72
85%	13.00%	12.63

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** En la Tabla 19 se denota, los resultados del ensayo de CBR (capacidad portante del suelo), donde podemos notar que al agregar CCA, 0%, 5%, 8% y 13%, en cuanto a la muestra patrón del terreno natural, con una precisión de CBR al 95%, su capacidad portante va mejorando conforme se va adicionando la CCA de 3.92%, 7.89%, 9.72% y 12.63% respectivamente; obteniendo resultados totalmente favorables porque el CBR va en aumento mientras más porcentaje de CCA se adiciona al suelo.

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. Influencia de la Ceniza de Cascara de Arroz (CCA) en los resultados del Proctor Modificado de la subrasante.**

Resultados: Al incorporar CCA a los suelos arcillosos en los porcentajes de 7%, 9% y 13%, se logró reducir el Contenido de Humedad (OCH) y al mismo tiempo aumentar la Máxima Densidad Seca (MDS) con el porcentaje más bajo.

Antecedentes: Maldonado y Sarrin (2018), en su proyecto de investigación adiciono CCA, en porcentajes de 5%, 10% y 15% de manera directa a suelos arcillosos, obteniendo variaciones en sus resultados en cuanto al proctor modificado, porque el contenido de humedad redujo utilizando su porcentaje más bajo, en cuanto a la muestra patrón; por otro lado la máxima densidad seca se mantuvo de manera constante con una ligera variación en cuanto a su MDS de la muestra patrón.

Hipótesis: La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, mejora las propiedades físico-mecánica de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020. A partir de la interpolación de porcentajes basado en una tesis experimental que realizo ensayos de laboratorio de Proctor Modificado, se afirma que la aplicación de CCA a suelos arcillosos, mejora las propiedades físico-mecánicas siempre y cuando los porcentajes de CCA sean menor al 7%, ya que el contenido de humedad disminuyo y la MDS aumento.

Pregunta: En la siguiente interrogante ¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el contenido de humedad y la máxima densidad seca de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?, se dio respuesta haciendo constar que este proyecto está basado en los resultados obtenidos por el tesista que tenemos como referencia del proyecto de investigación, ya que su suelo fue clasificado como un suelo arcilloso, datos arrojados de un laboratorio de suelos; al mismo que el tipo de suelo que fue basado este proyecto, información recopilada en base a estudios de otros proyectos que se realizaron en dicho tramo de la carretera José Gálvez – Chanchamayo, teniendo como resultado un suelo arcilloso; con un contenido de humedad de 11.8% y una máxima densidad seca de 0.52% como muestra patrón (datos del tesista), y a la



medida que se adiciono la CCA en 7%, 9% y 13% se determinó que el porcentaje más favorable es el de 7%, ya que redujo el contenido de humedad a 10.18% y aumento su máxima densidad seca a 0.53%, resultados que son favorables para ser aplicables como aditivo estabilizante de suelos arcillosos.

## **5.2. Influencia De La Ceniza De Cascara De Arroz (CCA) en los resultados de Límite de Atterberg.**

Resultados: Al incorporar CCA a suelos arcillosos como aditivo estabilizante, adicionando porcentajes de 5%, 6% y 8%, se logró disminuir el Índice de Plasticidad del suelo (Limite Liquido, Limite Plástico), de manera significativa conforme se incorporó más porcentaje de CCA.

Antecedentes: Llamoga Vásquez luz Yanet (2016), en su investigación incorporo porcentajes de 4%, 7% y 10% de Ceniza De Cascara De Arroz (CCA) directamente al suelo como un aditivo estabilizante en la ciudad de Cajamarca, de esta manera se obtuvo la disminución del índice de plasticidad: el Limite Liquido disminuyo en 18.41% y 38.22% con el contenido de ceniza de 4% y 7% como también el Límite Plástico muestran una reducción del 29.92% y 59.34% para el contenido de 4% y 7% de ceniza respectivamente y un incremento del 6.99% para el 10% de ceniza.

Hipótesis: La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, reduce el índice de plasticidad de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020. La CCA disminuye el índice de plasticidad en los Limites de Atterberg del terreno de fundación. Por medio de los ensayos de Limite Liquido y Plástico se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones de 4% 7% y 10% de cenizas de cascara de arroz en el terreno natural, ya que disminuyó el contenido de humedad del límite líquido y también disminuyó progresivamente el índice de plasticidad.

Pregunta: ¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el índice de plasticidad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020? En base a los resultados del Tesista, el terreno natura e clasificado como arcilloso con un contenido de humedad 38.22% en el límite líquido y a medida que se incorporó a ceniza de cascara de arroz en 4% , 7% y 10% el que mejor resulto en la disminución del contenido de humedad fue el de

7% que disminuyo hasta el 24.80% así mismo el terreno natural presenta un índice de plasticidad de 59.34% pero al incorporar la ceniza de cascara de arroz en 4% y 7% redujo a 29.92%.

### **5.3. Influencia de la Ceniza de Cascara de Arroz (CCA) en los resultados del CBR**

Resultados: Al incorporar CCA a suelos arcillosos como aditivo estabilizante, adicionando porcentajes de 5%, 8% y 13%, se logró aumentar el Capacidad Portante del suelo (CBR) de manera significativa conforme el porcentaje de CCA es mayor con respecto a la muestra patrón plasmada en la tesis en la cual está basada esta discusión.

Antecedente: Gálvez y Santoyo (2019), en su proyecto de investigación incorporaron porcentajes de 3%, 10% y 15% de CCA de manera directa, como un aditivo estabilizante de la subrasante de la carretera Yanuyaco Bajo-Señor Cautivo-Jaén, y determinaron la influencia que tiene la CCA cuando entra en contacto con suelos arcillosos, con el objetivo de mejorar la capacidad portante del suelo; por lo que llegaron a tener resultados favorables, porque su CBR inicial como muestra patrón era de 3.92% y a partir de los porcentajes adicionados el CBR fue incrementando de 6.68%, 10.93% y 13.77% respectivamente, teniendo como conclusión final que la Ceniza de Cascara de Arroz sirve como un material estabilizante para aumentar la capacidad portante de suelos arcillosos.

Hipótesis: La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, aumenta la capacidad portante de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020. A partir de la interpolación de porcentajes basado en una tesis experimental que realizo ensayos de laboratorio de CBR, se afirma que la incorporación de CCA a suelos arcillosos aumenta la capacidad portante del suelo (CBR); cuando se adicionó el porcentaje más alto de CCA de 13% el suelo alcanzo su máxima resistencia con un CBR de 12.63%.

Pregunta: Para la siguiente interrogante ¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar la capacidad portante de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?, se hizo constar que este proyecto está basado en resultados obtenidos por el tesista

mediante ensayos de laboratorio, en el cual se referencio este proyecto de investigación, ya que su suelo fue clasificado como un suelo arcilloso; así mismo la características que presentan este suelo del proyecto lo definen como suelo arcilloso; información recopilada en base a estudios de otros proyectos que se realizaron en dicho tramo de la carretera José Gálvez – Chanchamayo; posteriormente se analizaron resultados en base a una interpolación con resultados de una tesis, teniendo como muestra patrón del terreno natural un CBR de 3.92% definiéndolo como un suelo malo, por lo que se incorporó Ceniza de Cascara de Arroz en 5%, 8% y 13%, como un aditivo estabilizante que mejore las características físico-mecánicas del suelo, por lo que se determinó que el porcentaje más favorable es el de 13%, ya que aumento la capacidad portante del suelo de 3.92% a 12.63%, como su máxima resistencia; resultados que son favorables para ser aplicables como aditivo, ya que aumenta el CBR del suelo a medida que se adiciona CCA en mayor porcentaje.

## VI. CONCLUSIONES

Objetivo general: Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.

Se evaluó que la estabilidad de un suelo de fundación con ceniza de cascara de arroz, mejoran las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos encontrado en la carretera de José Gálvez – Chanchamayo – 2020, en relación a los distintos porcentajes de CCA utilizado, se manipuló el porcentaje más adecuado para ver su mejor evolución del suelo: en cuanto al CH y la MDS, se adiciono el porcentaje más bajo, ya que con este se logró disminuir el CH Y aumentar la MDS; por otro lado se lo cumplió con el objetivo de reducir los índices de plasticidad (Limite Liquido y Limite Plástico) incorporando CCA y finalmente se logró aumentar la capacidad portante (CBR), de suelos arcillosos adicionando el porcentaje más alto de CCA.

**Objetivo Específico 1:** Se estableció la dependencia del porcentaje adicionado de ceniza de cascara de arroz en el ensayo de Proctor Modificado, ya que influyeron en la reducción del contenido de humedad en **1,62% (P)** en cuanto a la muestra patrón, al emplearse un **7%** de ceniza de cascara de arroz; por otro lado también se logró aumentar la máxima densidad seca de un **0.003%** en relación a la muestra patrón al adicionar un porcentaje de **7% (P)** de la ceniza de cascara de arroz. Entonces la influencia de CCA está relacionada directamente con el porcentaje más bajo, por la influencia de mejora que generó al incorporar al suelo con respecto al Contenido de Humedad y la Máxima Densidad Seca, el cual queda comprobada en la siguiente expresión:

### **Contenido de Humedad Y Máxima Densidad Seca.**

Natural CH= 11.80; **CCA 7% (CH= 10.18%)**, 9% (CH=12.06%) y 13% (CH= 16.78%).

Natural DS = 0.524; **CCA 7% (DS= 0.53%)**, 9% (DS= 0.51) Y 13% (DS= 0.50%).

**Objetivo Específico 2:** Se estableció la dependencia de los porcentaje utilizados de Ceniza de Cascara de Arroz para determinar la influencia que generó al incorporarlo al suelo arcilloso de manera directa en cuanto a los índices de plasticidad, ya que influyeron en la **reducción** del Límite Plástico de un **1.31%** en relación a la muestra patrón al adicionarse un **6% (P)** de CCA; así mismo la **disminución** del límite líquido de un porcentaje de **5.24%** al incorporarse **5% (P)** de CCA, la cual queda sustentada en la siguiente expresión.

**Índice De Plasticidad (Limite Líquido y Limite Plástico).**

Natural LL= 44.53%; **CCA 5% (LL= 39.27%)**, 6% (LL= 39.69%) Y 8% (LL= 59.02%)

Natural LP= 24.51%; **CCA 5% (LP= 23.27%)**, 6% (LP= 23.2%) Y 8% (LP= 28.7%)

**Objetivo Específico 3:** Se estableció la dependencia de la añadidura de un porcentaje de ceniza de cascara de arroz sobre suelos arcillosos para determinar su capacidad portante, donde se vio la influencia que género sobre los resultados del ensayo de CBR al **aumentar** su resistencia máxima sobre la muestra inicial con un aumento de **8.71%** al adicionarse el porcentaje más alto de CCA de un **13% (P)**, el cual esta detallada en la siguiente expresión.

**CBR**

Natural CBR= 3.92; CCA 5% (CBR = 7.89%), CCA 8% (CBR = 9.72%) y **CCA 13% (CBR = 12.63).**

## VII. RECOMENDACIONES

**Objetivo Especifico 1:** En la vigente investigación se eligieron porcentajes de CCA de 7%, 9% y 13% como un material estabilizante de suelos arcillosos para determinar el Contenido de Humedad y la Máxima Densidad Seca, por lo que en base a resultados se **recomienda** utilizar el porcentaje más bajo (7%), ya que tuvo mayor influencia con respecto a los demás, porque se logró disminuir el Contenido de Humedad y a la vez aumentar la Máxima Densidad Seca, en cambio con los otros porcentajes no cumplen con nuestros objetivos que es reducir el CH y aumentar la MDS.

Natural CH= 11.80; **CC 7% (CH= 10.18%)**, 9% (CH=12.06%) y 13% (CH= 16.78%).

Natural DS = 0.524; **CC 7% (DS= 0.53%)**, 9% (DS= 0.51) Y 13% (DS= 0.50%).

**Objetivo Especifico 2:** En la vigente investigación se adicionaron porcentajes de CCA de 5%, 6% y 8% a suelos arcillosos para determina los índices de plasticidad; así mismo se logró diferentes resultados luego de realizar la interpolación de datos, por lo que se recomienda tomar el porcentaje más bajo (5%), ya que resulto el más adecuado, ya que se logró disminuir el Limite Liquido y el Limite Plástico en base a la muestra patrón.

Natural LL= 44.53%; **CC 5% (LL= 39.27%)**, 6% (LL= 39.69%) Y 8% (LL= 59.02%)

Natural LP= 24.51%; **CC5% (LP= 23.27%)**, 6% (LP= 23.2%) Y 8% (LP= 28.7%)

**Objetivo Especifico 3:** En la presente investigación se utilizó CCA como aditivo estabilizante de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en porcentajes de 5%, 8% y 13% respectivamente, del cual se obtuvieron resultados favorables por todos aumentaron la capacidad portante del suelo, por lo que se recomienda utilizar el porcentaje más alto (13%), ya que al adicionar este porcentaje el suelo alcanzo su máxima resistencia.

Natural CBR= 3.92; CCA 5% (CBR = 7.89%), CCA 8% (CBR= 9.72%) y **CCA 13% (CBR= 12.63)**.

## REFERENCIAS

AGENCIA AGRARIA DE NOTICIAS, *Crecimiento del arroz*. Perú: Agraria, (2013).

AGUILAR, S.J. *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. (Tesis de Maestría). Universidad de Sucre, Sucre, Colombia, (2009).

ALDANA, J. *Ensayos de Compactación, Proctor Normal y Proctor Modificado*. Madrid: UTC, 2019.

ÁLZATE. *“Mejoramiento de subrasante en vías de tercer orden”*. Universidad Libre Seccional Pereira, 2019.

BARRAGÁN, CUERVO. *“Análisis Del Comportamiento Físico Mecánico De La Adición De Ceniza De Cascarilla De Arroz De La Variedad Blanco A Un Suelo Areno – Arcilloso”*. Universidad Piloto De Colombia Sección Alto Magdalena - Girardot – Cundinamarca –Colombia, 2019.

BASTIDAS, ORTIZ. *“Behavior of the Ash of the Rice Husk in the Physical-Mechanical Properties in Standard Concrete Mixes”* Quito - Ecuador of the Universidad Central Del Ecuador, 2016.

CAAMAÑO. *“mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo Resiliente”*. Universidad Nueva Granada de Bogotá – Colombia, 2016.

CAÑAR. *“Comparative analysis of the resistance to cutting and stabilization of fine and clayey sandy soils combined with coal ash”*. Ambato - Ecuador, from the technical university, 2017, pag.10.

CAÑAS, J. *Análisis de tamaño de partículas por tamizado en agregado fino y grueso y determinación de material más fino que el tamiz no. 200 (75µm) en agregado mineral por lavado*. El Salvador: Universidad Centro Americana, 2007.

CRESPO, CARLOS. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limusa, 644 pp. ISBN: 978-968-18-6963-2, 2014.

DAS, BRAJA. *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. 4ta. Ed. Mexico: Cengage Learning editores, 636 pp, 2013.

DÍAZ FERNANDO. *“Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martín – Lonya Grande, Amazonas 2018”*. Universidad Cesar Vallejo. Perú, 2018.

- FONSECA, A. *Ingeniería de Pavimentos para vías terrestres*. Bogota: Agora, (2002).
- GALVEZ, SANTOYO. *Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cascara de arroz, carretera yanuyacu bajo – señor cautivo*. Universidad nacional de Jaén, 2019.
- GAVILANES, E. *Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador, 2015.
- HEINEMAN. *Variables*. 2003
- HIGUERA, C. Characterization of the resistance of the subgrade with the information from the impact deflectometer. Lima: UPTC, 2010.
- HERNÁNDEZ, HERRERA. "Analysis of the relationship of support and resistance to compression of a clay-silty soil in the village of Liberia in the municipality of Viotá-Cundinamarca stabilized with coffee husk ash". De La Salle University - Bogotá - Colombia, 2019.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática, *Producción de arroz cascara*. Perú: INEI, (2015).
- JHA, J. AND GILL, K. Effect of rice husk ash on soil stabilization. In Engineering Journal of India, 85 (2) pp. 33-39, (2006).
- JIMÉNEZ, BASTIDAS, CONSUEGRA. *Obtaining of Coal Mining Waste Mixtures for the Soil Stabilization Through Multiobjective Evolutive Algorithm*. Ingeniería Mecánica, Universidad de La Guajira, 2019.
- LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS. *Californium Bearing Ratio (CBR)*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.
- LANDA, TORRES. "mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal". Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). Perú, 2019.
- LLAMOGA LUZ. *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016*. Universidad privada del norte, 2017.
- MANUAL DE CARRETERAS. *Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: MTC, 2013.
- MATTEY, P., ROBAYO, R. AND DÍAZ, J. Application of rice husk ash obtained from an agro-industrial process for the manufacture of non-structural concrete blocks. In Latin American Journal of Metallurgy and Materials, 35 (2) pp. 285-294, (2015).
- MINAGRI. *Anuario Estadístico de Producción Agrícola*. p. 63-65. 2017.



- MONTERO. *"Use of rice husk ash as a partial replacement for cement in the manufacture of conventional concretes in Ecuador"*. San Francisco De Quito USFQ University, 2017.
- MONTERO, M. Comparison of the hydromechanical behavior of statically and dynamically compacted boom clay. Spain: Technical University of Catalonia, 2014.
- MORALES, PAILACURA. *Study of the behaviour of an unpaved road stabilized with calcium chloride*. Universidad Católica del Norte, 2019.
- PARRA, M. *Estabilización de un Suelo con Cal y Ceniza Volante*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018.
- PEREZ, Carolina. Stabilization of clayey soils with coal ash for use as an improved subgrade. Thesis (civil engineer). Lima: National University of Engineering, 2014.
- RONDON, Hugo and REYES, Fredy. Pavements: materials, construction and design. Colombia: Ecoe Ediciones, 605 pp, 2015.
- SABINO, C. *El Proceso de Investigación*. Bogota: UCV, 1992.
- SÁNCHEZ, H., REYES, C. Y MEJÍA, K. *Manual De Términos En Investigación Científica, Tecnológica Y Humanística*. 1ra ed. Perú: Lima, 2018. ISBN 978-612-47351-4-1.
- SOLANO R., AND NIÑO C. Evaluation of the stabilization of expansive clays in the laboratory by implementing pilotines with salt and lime. Industrial University of Santander, Bucaramanga Colombia, (2010).
- SUAREZ, Jaime. *Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Colombia: Ingeniería de Suelos Ltda., 548 pp. 1998.
- VALDERRAMA, Santiago. Steps to develop scientific research projects and theses. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L. 310 pp, 2007.
- VALERINO, Elizabeth, YABER, Guillermo y CEMBORAIN, María. *Metodología de la investigación: paso a paso*. México: Trillas, 309 pp, 2015.
- MALE CJ. "Design, construction and commissioning of a prototype burner for continuous and efficient combustion of rice husk". The Man and the Machine Magazine. 2005.
- VELAZQUEZ, Ángel y REY, Nérida, *Metodología de la investigación científica*. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 311 pp, 2013.
- WITHLOW, R. Soil mechanics. England: Pearson, (2001).

<b>Variables de estudio</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento (Escala de</b>
<b>Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)</b>	La cascarilla de arroz como una capa leñosa, liviana, oca, dura y con alto contenido de sílice, compuesta por 50% de celulosa, 30% de lignina y 20% de SiO <sub>2</sub> . Por la presencia de óxidos de silicio, aluminatos y óxidos de hierro, este material puede presentar una actividad puzolánica en presencia de Ca (OH) <sub>2</sub> que corrientemente se encuentra en la ceniza de cascarilla de arroz.	Para la obtención de la ceniza de cascarilla de arroz, se pasa por un proceso largo desde la cosecha del grano hasta el quemado final, que se pueden realizar a campo abierto o en hornos industriales de manera controlada; posteriormente sera adicionado al suelo en forma de ceniza por porcentajes establecidos como un estabilizante de producto natural.	Dosificación con ceniza de cascara de arroz (CCA)	aplicación de 7%, 9% y 13% de ceniza de arroz	Experimento aplicando el porcentaje de ceniza de cascara de Arroz a un m <sup>3</sup> del suelo.
				aplicación de 5%, 6% y 8% de ceniza de arroz	
				aplicación de 5%, 8% y 13% de ceniza arroz	
<b>Propiedades Fisico-Mecánicas de Suelos Arcillosos (PMSA)</b>	"La Mecánica de Suelos brinda las herramientas que permiten la solución a muchos problemas de la ingeniería de suelos: el origen y la formación del suelo es el primer análisis para sectorizar o inferir sobre la presencia de formaciones litológicas diferentes; la relación de fases permite conocer los pesos y volúmenes de los suelos y sus variaciones cuando cambia su humedad". (Duque, 2016.).	Los ensayos de laboratorio se realizan en su estado natural del suelo y adicionando ceniza de cascara de arroz, se uso los porcentajes respectivos para determinar las propiedades fisico-mecánicas de suelos arcillosos (contenido de humedad, índices de plasticidad y capacidad portante del suelo).	Contenido de Humedad	Proctor Modificado	Ensayo proctor modificado, ensayo CBR, ensayo de atterberg, Clasificación de Suelos.
			Índice de Plasticidad	Límite Líquido (LL) Límite Plástico (LP)	
			Capacidad Portante del Suelo	CBR	

Título:	"Aplicación de ceniza de cascara de Café, para determinar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo - 2020"					
Autor1:	Tuesta Campoverde, Abner Antonio					
Autor2:	Malaver Vásquez, María Yovani					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E INSTRUMENTO			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE: Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)			<b>Metodo:</b> (Científico) <b>Tipo:</b> (Aplicada) <b>Nivel:</b> (Explicativa Causal) <b>Diseño:</b> (Cuasi-Experimental) <b>Enfoque:</b> (Cuantitativo) <b>Población:</b> Los 20 km de la carretera José Galvéz-Chanchamayo. <b>Muestra:</b> 3 km. de la carretera José Galvéz-Chanchamayo. <b>Muestreo:</b> No Probabilístico <b>Técnica:</b> Retrospectivo. <b>Instrumentos:</b> Analisis Documental.
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?	Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020	La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, mejora las propiedades físico-mecánica de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	Dosificación de la Ceniza de Cascara de Arroz (CCA)	Aplicación de 7%, 9% y 13% de ceniza de cascara de arroz	Interpolacion de porcentajes en base a datos obtenidos en laboratorio de otro testista.	
				Aplicación de 5%, 6% y 8% de ceniza de cascara de arroz		
				Aplicación de 5%, 8% y 13% de ceniza de cascara de arroz		
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	V. PENDIENTE: Propiedades Mecanicas de Suelos Arcillosos (PMSA)			
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el contenido de humedad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?	Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el contenido de humedad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, disminuye el contenido de humedad de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	Contenido de Humedad	Proctor Modificado	Ensayo proctor modificado, ensayo CBR, ensayo de atterberg, clasificacion de suelo.	
¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el índice de plasticidad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?	Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar el índice de plasticidad de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, reduce el índice de plasticidad de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	Índice de Plasticidad	Limite Liquido (LL) Limite Plastico (LP)		
¿Cuánto influyo la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar la capacidad portante de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020?	Evaluar la influencia de la aplicación de ceniza de cascara de Arroz, para determinar la capacidad portante de las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	La aplicación de ceniza de cascara de Arroz, aumenta la capacidad portante de los suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.	Capacidad Portante del Suelo	CBR (suelo natural), CBR (suelo con ceniza).		

### Anexo 3. Ensayo Proctor Modificado.

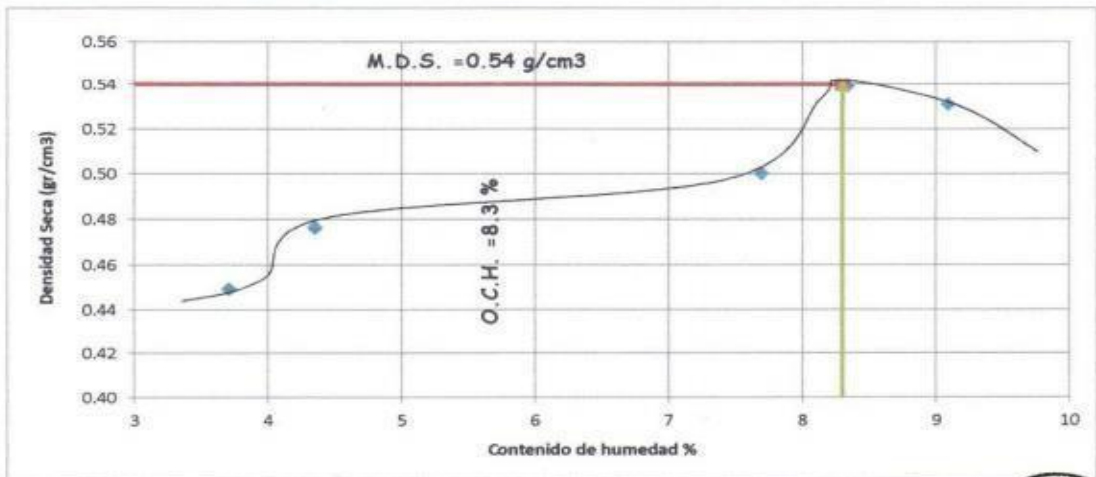
#### ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

**SOLICITANTE** MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN  
TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

**PROYECTO** "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES  
DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL  
CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ  
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA -  
ANCASH - 2018" **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

**CALICATA** C-2 **MUESTRA** M-1 +5%

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	56	Peso de Molde (gr.):	4035.3	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	5532	5632	5766	5913	5897	
PESO DEL MOLDE	Grs.	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1496.7	1596.7	1730.7	1877.7	1861.7	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/cc	0.47	0.50	0.54	0.58	0.58	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	49.0	46.0	31.0	25.0	41.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	48.0	45.0	30.0	24.0	39.0	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	21.0	22.0	17.0	12.0	17.0	
PESO DEL AGUA	Grs.	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	27.0	23.0	13.0	12.0	22.0	
HUMEDAD	%	3.7	4.3	7.7	8.3	9.1	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/cc	0.45	0.48	0.5002	0.5395	0.53	



DENSIDAD MAXIMA = 0.54 HUMEDAD OPTIMA = 8.3

CAMPUS CHIMBOTE  
Av. Central Mz. H Lt. 1  
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote  
Tel: (043) 403 000 Fax: 4000



**Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda**  
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



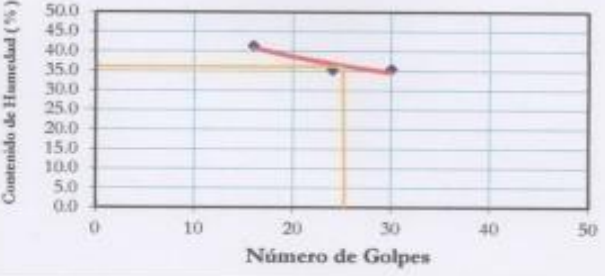





*R.F.F.*



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante

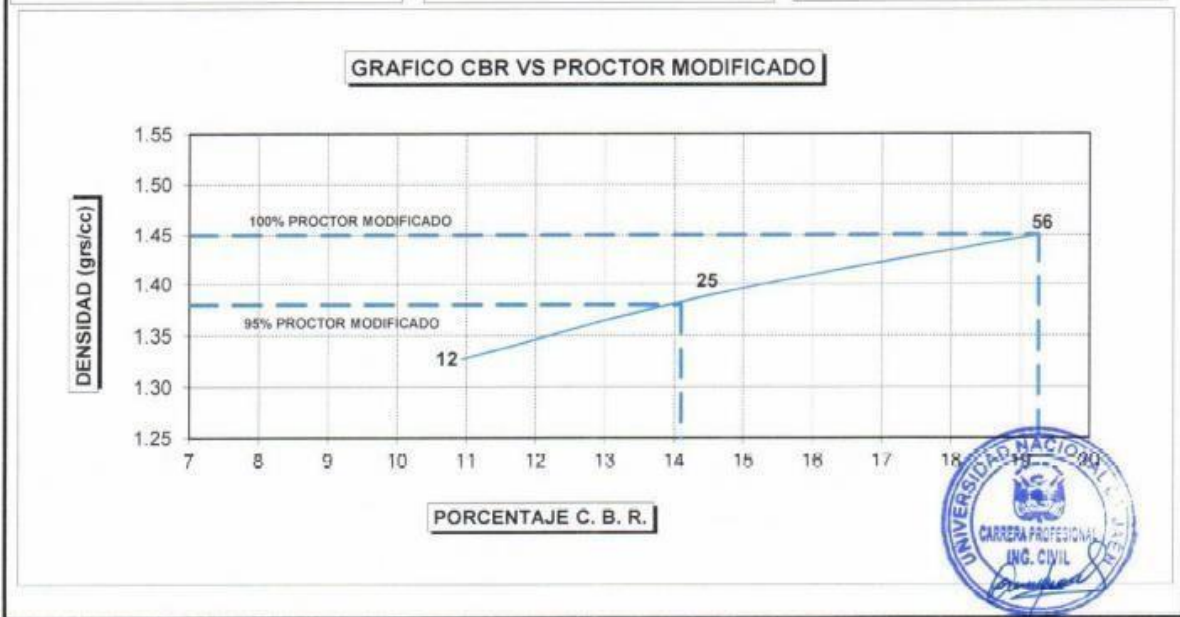
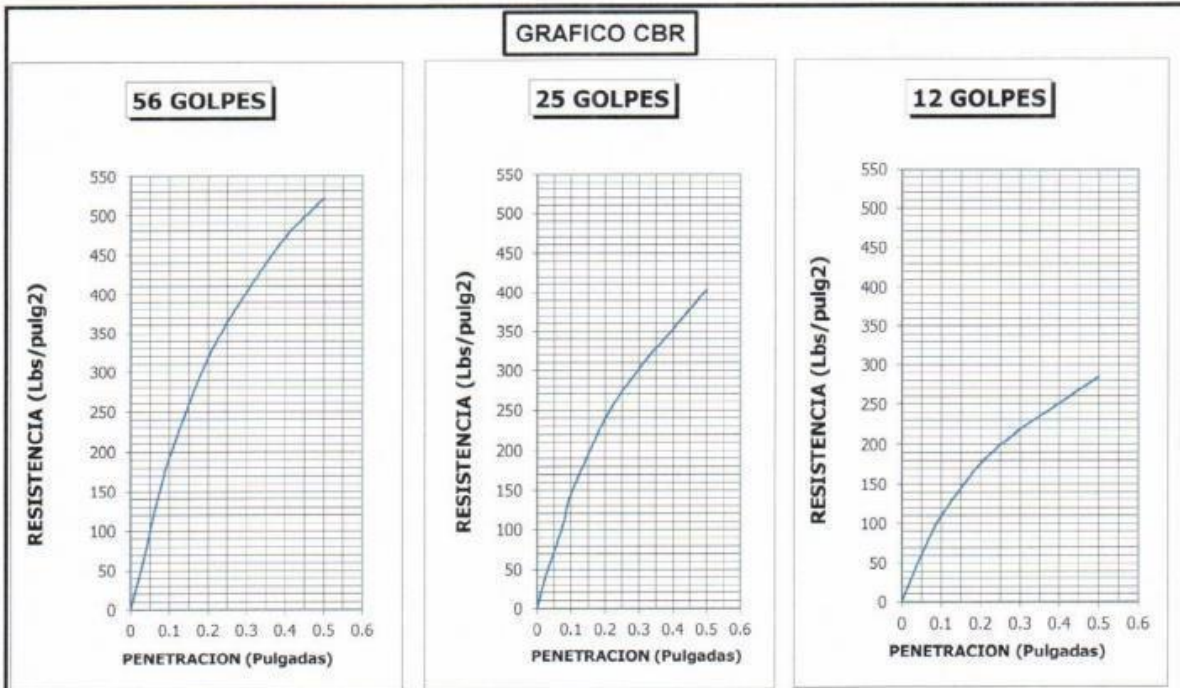
Anexo 4. Ensayo de Atterberg.

	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b> <b>INGENIERIA CIVIL</b>		
<b>ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA</b> NORMA TÉCNICA PERUANA 339.129.1999			
<b>DATOS GENERALES</b>			
Proyecto :	Tesis		
Descripción :	Suelo con 4% de CCA		
Fecha :	16/05/2016		
LÍMITE LÍQUIDO	Norma :	ASTM D 4318	
LÍMITE PLÁSTICO	Norma :	ASTM D 4319	
<b>DESCRIPCION</b>	<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	
Tara Número / Unidades	9      2      14	13      20	
Peso Tara + Muestra Húmeda Gr	48.70    52.80    50.70	29.10    29.90	
Peso Tara + Muestra Seca Gr	42.80    45.90    43.70	28.62    29.40	
Peso de la Tara Gr	26.20    26.30    26.80	26.60    27.00	
Peso de la Muestra Seca Gr	16.60    19.60    16.90	2.02      2.40	
Peso del Agua Gr	5.90      6.90      7.00	0.48      0.50	
Contenido de Humedad %	35.54    35.20    41.42	23.76    20.83	
Número de Golpes	30      24      16	Promedio : 22.30	
<b>Límites de Consistencia</b>			
Límite Líquido: LL =	36.37%		
Límite Plástico: LP =	22.30%		
Índice de Plasticidad: IP =	14.07%		
Contenido de Humedad: W <sub>n</sub> =	17.00%		
Grado de Consistencia: K <sub>w</sub> =	1.38		
Observaciones:			
<b>Límite Líquido del suelo con 4 % CCA</b>			
			
<b>APROBACIÓN</b>			
<b>Asesor de Tesis</b>		<b>Coordinador de Laboratorio</b>	
Nombre:	Ing. Alejandro Cubas Becerra	Nombre:	Sr. Víctor Cuzco Minchán
Firma:		Firma:	
<b>Responsable de investigación</b>			
Nombre:	Llamoga Vásquez Luz Yanet		
Firma:			



**Anexo 6. Ensayo de CBR vs Proctor Modificado.**

DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL CBR	
Dens. Máx. :	1.45	AI 100%	19.26
Hum. Opt. :	25.2	AI 95%	14.10



**Anexo 7. Carretera José Gálvez.**





**Anexo 8. Análisis de suelos: caracterización.**



Anexo 9. Resultados de Análisis de suelos: caracterización.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



## ANÁLISIS DE SUELOS : CARACTERIZACIÓN

**Solicitante** : C.A.C. LA FLORIDA

**Departamento** : JUNIN

**Distrito** :

**Referencia** : H.R. 47040-099C-14

**Provincia** : CHANCHAMAYO

**Predio** : FUNDO EL TROBOL

**Fecha** : 13/10/14

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E. (1:1) dSm	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico		Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables meq/100g			Suma de Cationes Bases	% Sat. De Bases				
								Arena %	Limo %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>			Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>		
16920	Malaver Zelada Francisco, Lote 1	3.93	0.26	0.00	2.66	2.9	25	25	35	40	Fr.	19.68	1.79	0.58	0.16	0.07	7.10	9.70	2.60	13

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ;  
Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

Lab.	Número de Muestra Claves	B ppm	Cu ppm	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm



*Dra. Stady García Bendezú*  
Jefe del Laboratorio

Acti

Ve-a

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Telefax: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

# Anexo 10. Tabla de interpretación.

## MÉTODOS SEGUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcio total (CaCO<sub>3</sub>): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio. %MO = %Cx1.724.
6. Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub>-0.05M, pH 8.5.
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>N, pH 7.0.
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH<sub>3</sub> - COOCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>N; pH 7.0.
10. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>: cambiables, reemplazamiento con acetato de amonio

- (CH<sub>3</sub> - COONH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
11. Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup>: método de Yuan. Extracción con KCl, N
  12. Iones solubles:
    - a) Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
    - b) Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> solubles: volumetría y colorimetría, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> turbidimetría con cianuro de Bario.
    - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
    - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

**Equivalencias:**  
 1 ppm=1 mg-kilogramo  
 1 milimho (mmho/cm) = 1 decSiemens/metro  
 1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+) / kg  
 Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes  
 CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

## TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad	CE(es)	CLASIFICACIÓN	Materia Orgánica %	Fósforo disponible ppm P	Potasio disponible ppm K	Relaciones Catiónicas		
						K/Mg	Ca/Mg	
Clasificación del Suelo	pH					Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*def. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4 - 8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*def. K	>0.2	
*fuertemente salino	>8					*def. Mg		>10

Reacción o pH	CLASES TEXTURALES	
Clasificación del Suelo	Fr,Ar,A	Fr,Ar,A = franco arcillo arenoso
*fuertemente ácido	A,Fr	Fr,Ar = franco arcilloso
*moderadamente ácido	El,A	Fr,Ar,L = franco arcilloso limoso
*ligeramente ácido	Fr	Ar,A = arcilloso arenoso
*neutro	Fr,L	Ar,L = arcilloso limoso
*ligeramente alcalino	L	Ar = arcilloso
*moderadamente alcalino		
*fuertemente alcalino		

Distribución de Cationes %	
Ca <sup>2+</sup>	= 60 - 75
Mg <sup>2+</sup>	= 15 - 20
K <sup>+</sup>	= 3 - 7
Na <sup>+</sup>	= <15

**Anexo 11. Declaratoria de Originalidad de los autores.**



**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, Tuesta Campoverde, Abner Antonio y Malaver Vásquez, María Yovani, egresados de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, Sede Lima Norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: **“Aplicación de ceniza de cascara de Café, para determinar las propiedades mecánicas de suelos arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo - 2020”**, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:


1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Lima 30 de Noviem0bre del 2020

Apellidos y Nombres del Autor Tuesta Campoverde, Abner Antonio	
DNI: 70826080	Firma: 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0001-7785-7326">0000-0001-7785-7326</a>	
Apellidos y Nombres del Autor Malaver Vásquez, María Yovani	
DNI: 73431888	Firma: 
ORCID: <a href="https://orcid.org/0000-0002-9887-9660">0000-0002-9887-9660</a>	

## Anexo 12. Porcentaje % de similitud TURNITIN.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Aplicación de Ceniza de Cascara de Café, para determinar las Propiedades Mecánicas de Suelos Arcillosos en la carretera José Gálvez - Chanchamayo – 2020.**

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

**AUTORES:**  
Malaver Vásquez, María Yovani (0000-0002-9887-9660)  
Tuesta Campoverde, Abner Antonio (0000-0001-7785-7326)

**ASESOR:**  
Mg. Ing. Minaya Rosario, Carlos Danilo (0000-0002-0655-523X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ  
2020

**Resumen de coincidencias**

20 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

Coincidencias

1	<a href="#">repositorio.ucv.edu.pe</a> <small>Fuente de Internet</small>	10 %
2	<a href="#">ciencia.lasalle.edu.co</a> <small>Fuente de Internet</small>	2 %
3	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %
4	repositorioacademico... <small>Fuente de Internet</small>	1 %
5	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %
6	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	1 %
7	Entregado a Universida... <small>Trabajo del estudiante</small>	<1 %