

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO  
CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN  
CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS,  
ANCASH”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Yeffer Jesus Flores Valverde

**Asesor:**

Mg. Germán Sagástegui Vásquez  
<https://orcid.org/0000-0003-3182-3352>

Lima - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Julio Christian Quesada Llanto</b>	<b>42831273</b>
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	<b>Wilder Alexander Calixtro Calixtro</b>	<b>06803344</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>German Sagastegui Vásquez</b>	<b>45373822</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

COD-F-REC-VAC-5.15\_6\_TESIS\_FINAL\_1\_1.pdf

### ORIGINALITY REPORT

<b>5</b> %	<b>6</b> %	<b>1</b> %	<b>3</b> %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Internet Source	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Internet Source	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>ciencia.lasalle.edu.co</b> Internet Source	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Internet Source	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>pt.scribd.com</b> Internet Source	<b>1</b> %

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 1%

Exclude bibliography  On

## **DEDICATORIA**

Lleno de esperanza, amor y alegría, esta tesis va dedicada a todos mis seres queridos, quienes fueron base en mi formación profesional.

A mis padres, quienes me han formado con buenos valores y sentimientos para formarme profesionalmente.

A mi enamorada, quien me apoyó y me motivó, para ser un profesional competente y nunca rendirme ante las adversidades.

## **AGRADECIMIENTO**

En principio ,agradezco a dios quien me ha dado salud, para poder seguir adelante y  
luchando con este sueño anhelado.

A mis padres por su comprensión y apoyo a lo largo de mi formacion profesional.

A mi enamorada, quien me dió fortalezas para poder seguir adelante.

Tambien, agradezco a mi asesor, quien me dedico su tiempo para que esta tesis se  
realizara con éxito.

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
<b>1.1. Realidad problemática</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Formulación del problema</b>	<b>34</b>
<b>1.3. Objetivos</b>	<b>34</b>
<b>1.4. Hipótesis</b>	<b>34</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	35
CAPÍTULO III: RESULTADOS	41
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	62
REFERENCIAS	72
ANEXOS	79

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de suelos de acuerdo a su índice de plasticidad .....	25
<b>Tabla 2:</b> Clasificación de suelos según el Equivalente de Arena .....	25
<b>Tabla 3:</b> Clasificación de suelos según Índice de Grupo.....	27
<b>Tabla 4:</b> Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS .....	28
<b>Tabla 5:</b> Categorías de Sub rasante.....	30
<b>Tabla 6:</b> Clasificación de aditivos estabilizadores.....	31
<b>Tabla 7:</b> Cuadro de muestras .....	40
<b>Tabla 8:</b> <i>Composición Elemental de ceniza de coronta de maíz en % de la masa total.</i> .....	41
<b>Tabla 9:</b> <i>Humedad Promedio de C-1</i> .....	43
<b>Tabla 10:</b> <i>Humedad Promedio de C-2</i> .....	44
<b>Tabla 11:</b> <i>Humedad Promedio de C-3</i> .....	44
<b>Tabla 12:</b> <i>Granulometría de C-1, C-2 y C-3</i> .....	46
<b>Tabla 13:</b> <i>Determinación de limite liquido en C-1 (MTC E 110)</i> .....	47
<b>Tabla 14:</b> <i>Determinación de limite liquido en C-2 (MTC E 110)</i> .....	48
<b>Tabla 15:</b> <i>Determinación de limite liquido en C-3 (MTC E 110)</i> .....	48
<b>Tabla 16:</b> <i>Determinación de limite plástico e índice de plasticidad en C-1</i> .....	49

<b>Tabla 17:</b> Determinación de limite plástico e índice de plasticidad en C-2 .....	49
<b>Tabla 18:</b> Determinación de limite plástico e índice de plasticidad en C-3 .....	50
<b>Tabla 19:</b> Proctor Modificado de las 03 calicatas (MTC-E115-2016) .....	52
<b>Tabla 20:</b> Compactación de suelos en laboratorio - Proctor Modificado del suelo natural C-3 y de las muestras experimentales añadiendo las cenizas de coronta de maíz (CCM) y cal .....	54
<b>Tabla 21:</b> Combinación de materiales de acuerdo a su proporción para las mezclas de suelo, cal y CCM.....	57
<b>Tabla 22:</b> Proctor Modificado de la muestra C-3 y C-3 adicionando CCM+Cal ...	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	23
<b>Figura 2:</b> Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y ASTM D 3282 .....	29
<b>Figura 3:</b> Requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos .....	33
<b>Figura 4:</b> Composición Elemental de ceniza de coronta de maíz en % de la masa total. ....	42
<b>Figura 5:</b> Humedad Promedio de C-1, C-2 y C-3.....	45
<b>Figura 6:</b> Estudio granulométrico de las 03 calicatas realizadas .....	47
<b>Figura 7:</b> Limite liquido, limite plástico y limite de plasticidad de las calicatas ...	51
<b>Figura 8:</b> Proctor Modificado de las 03 calicatas, suelos en estado natural. ....	52
<b>Figura 9:</b> CBR de las calicatas en su estado natural del suelo .....	53
<b>Figura 10:</b> compactación de suelos en laboratorio - Proctor Modificado del suelo natural C-3 y de las muestras experimentales añadiendo las cenizas de coronta de maíz (CCM) y cal. ....	55
<b>Figura 11:</b> CBR de las muestras experimentales y el suelo natural C-3 .....	56
<b>Figura 12:</b> CBR de la muestra experimental N°03 adicionando 3% de CCM y 3% de Cal.....	59
<b>Figura 13:</b> Proctor Modificado de la muestra C-3 y C-3 adicionando CCM+Cal .	60

<b>Figura 14:</b> Comparación del CBR del suelo natural de la C-3 y la Muestra Experimental 3%CCM y 3%Cal.....	61
<b>Figura 15:</b> Comparación con otros autores de los componentes químicos mas importantes de la ceniza de coronta de maíz. ....	63
<b>Figura 16:</b> comparación de MDS y OCH de la muestra C-3 y muestras C-3 adicionando 03 dosificaciones distintas de CCM y cal. ....	64
<b>Figura 17:</b> Comparación con otros autores de ensayo de CBR del suelo natural y adicionando ceniza de coronta de maíz CCM + cal. ....	65
<b>Figura 18:</b> Comparación del Porcentaje de aumento de CBR con otros autores. ..	67
<b>Figura 19:</b> Comparación con otros autores de ensayo Proctor Modificado (MDS y OCH) del suelo natural y adicionando ceniza de coronta de maíz CCM + cal. ....	69

## RESUMEN

Este trabajo de investigación cuyo objetivo es realizar el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz y cal. La investigación es aplicada y diseño experimental, las propiedades de CCM, son cementantes por tener elevado SiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, realicé 03 calicatas, y se eligió la calicata con suelo de baja capacidad portante, la C-3 presenta un 3.90% de CBR al 100% de MDS. Con el material de C-3 se realizaron 03 muestras experimentales, adicionando 1%CCM+1%Cal, 2%CCM+2%Cal y 3%CCM+3%Cal, el ensayo de CBR al 100% de MDS, dio como resultados favorables 10.9%, 24.4% y 41.30% respectivamente, el ensayo Proctor Modificado de la muestra del suelo natural C-3 es 1.97 gr/cm<sup>3</sup> en la MDS y su OCH es 9%, mientras que al adicionar 1%CCM+1%Cal, la MDS es 1.91gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 12.5%, en la adición de 2%CCM+2%Cal, la MDS es 1.89 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 13%, y en la adición de 3%CCM+3%Cal, la MDS es 1.88 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 15%, se determinó que la adición de 3%CCM+3%Cal, es la dosificación que cumple con lo requerido según el Manual de Carreteras, y las propiedades del suelo mejoran al ser combinado con CCM+cal.

**PALABRAS CLAVES:** subrasante, ceniza de coronta de maíz, cal, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

La red vial de un país es esencial para su crecimiento y desarrollo, debido a que el transporte es un medio necesario para movilizar a las personas y los cargamentos (Guzman,2015). Por lo tanto, diversos estudios han coincidido en que las estructuras construidas sobre un suelo débil e inestable es el origen de fatales accidentes y fallas estructurales, por ello las estructuras civiles están altamente involucradas al suelo, el cual requiere de un adecuado cuidado durante el diseño y ejecución de un proyecto (Wibowo, et al., 2022).

El mal estado de las vías en España provocan fatales accidentes automovilísticos, la Asociación Española de la Carretera, señala que el 94 % de accidentes son originados por las malas condiciones que se encuentran las vías de transporte, se puede deducir que uno de los problemas que afrontan las infraestructuras viales, es la falta de estabilización de subrasante, Ipince (2020).

En Indonesia la mayor parte de carreteras se encuentran a nivel de suelo, por ello las carreteras dependen de un estudio y evaluación con la razón de definir las propiedades y características de resistencia en el suelo, de este modo precisar los análisis y cálculos (Wibowo, et al., 2022).

Por otro lado, en Latinoamérica existe un problema de infraestructuras viales, lo cual desfavorece en la competencia. En Colombia se hallan suelos con baja capacidad portante el

cual impactan en las infraestructuras produciendo fallas, asentamientos y colapsos, Aguilar y Borda (2015).

A diferencia de lo anterior, existen países desarrollados en el transporte, esto permite que el costo de la movilización sea mucho menor, mientras que en el estado peruano hasta la fecha existen caminos con desvíos o tramos deteriorados, el cual aumentan los precios de la movilización (Guzman,2015).

Según el Plan Bicentenario (2011), el mas grave problema que mantiene en estancamiento al Perú, es el mínimo desarrollo de la infraestructura vial, el cual debería aportar de modo significativo a la incorporación territorial y así mismo el incremento de las actividades productivas, favoreciendo el transporte de las personas y bienes, de esta manera minimizando los precios que conlleva al progreso y desarrollo del país, a fin de que sea una nación competitiva.

Otro problema que afronta nuestro país en la ingeniería vial es que dentro de su territorio el tipo de suelo que predomina es arcilloso, cuyas características no son favorables para cualquier tipo de construcción, debido a la baja capacidad portante del suelo, Valdivia y Quijano, (2021). La carretera longitudinal de Conchucos, ubicado en la región Ancash, en la actualidad no se encuentra pavimentado, por lo que los habitantes de esta zona se encuentran en la necesidad de una adecuada via para el traslado de personas y bienes.

El estudio de suelos es una pieza primordial en las construcciones, sobre todo las infraestructuras viales, ya que sobre el suelo se construyen las obras ingenieriles. A medida que pasa el tiempo es necesario mejorar la calidad que ofrece la naturaleza, respecto a los

suelos, haciendo mejoras en las características mas importantes durante ejecución de obra; este proceso es comúnmente llamado estabilización (Altamirano y Diaz, 2015).

En la construcción de estructuras viales, cuando se encuentra suelos con alta plasticidad, refiriéndose a las arcillas, existe la pregunta, de qué manera se puede dar solución a este problema. Un adecuado tratamiento de suelos plásticos haciendo uso de la estabilización, permitirá usar el suelo natural del lugar de ejecución de obra, minimizando los precios de préstamo, acarreo de material y desalojo (Altamirano y Diaz, 2015).

Actualmente los gobiernos de cada localidad y región del Perú tiene como objetivo ejecutar proyectos de inversión, pero lo que detiene este proceso son los primeros estudios básicos de ingeniería, que constan de la realidad problemática del proyecto y en muchos casos los suelos se encuentran con problemas de baja capacidad portante, y con deficiencia en sus propiedades mecánicas y físicas del suelo, es por ello que en estos casos, es obligatorio realizar un adecuado mejoramiento del suelo existente o sustituirlo por otro suelo con las características necesarias, por lo tanto, todo ello conlleva a elevados movimientos de tierra y por ende elevados precios económicos.

Es por este motivo que se debe tener en cuenta que, en primer lugar se debería realizar los estudios de mecánica de suelos añadiendo nuevos materiales adicionales a fin de elegir el método más adecuado, esto se debería realizar antes de cambiar el suelos natural de la subrasante, con baja capacidad portante.

La ceniza de coronta de maíz funciona como un estabilizador sustentable y económico, esto debido a que, al añadirlo a un suelo tipo arcilloso, éste logra mejorar sus

propiedades mecánicas y físicas, de esta manera, aumentando la capacidad portante de la subrasante, Valdivia y Quijano, (2021).

Según Ipince, de acuerdo a los resultados de su investigación, menciona lo siguiente; la ceniza de tusa de maíz, actúa adecuadamente como un material puzolánico, y por ende serviría como un complemento para estabilizar suelos de baja capacidad portante, Ipince (2019).

A nivel mundial el maíz es uno de los productos que más se consume, por sus aportes valiosos en la alimentación, los principales productores se concentran en los países de Estados Unidos, Argentina, China y Brasil, el cual forman más de dos tercios de la producción a nivel mundial, McCormick, (2020). Mientras que en el Perú después de la papa, el maíz es uno de los principales alimentos que consumen los habitantes de la sierra del Perú, el maíz es sembrado en las tres regiones naturales de nuestro país, costa, sierra y selva, en la cual, la mayor producción se destina al autoconsumo, en distintas presentaciones, como choclo, mote, cancha, harina, bebidas, entre otras maneras de consumo. Por lo tanto, la producción de maíz tiene relevancia en la sociedad y en la economía porque representa un fuerte motor de desarrollo; ya que 8 millones de habitantes que pertenecen a los estratos más pobres del Perú, en consecuencia se considera un cultivo estratégico e importante para la seguridad alimentaria, Garcia (2017).

Por otro lado, se tiene que con la ayuda de la química se propone un material cementante, las cenizas de coronta de maíz y cal, como aditivo con el fin de aumentar las buenas propiedades de la subrasante y el estudio de mecánica de suelos nos permite tener un

adecuado diseño estructural para el pavimento, lo cual nos conllevan a realizar una buena ejecución en obra y un buen control en la estructura vial.

En ese sentido, como objetivo principal de la presente investigación es analizar las propiedades físicas y mecánicas de subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz y cal en Carretera Longitudinal de Conchucos - Ancash, esperando un impacto positivo obteniendo resultados favorables para la ingeniería de suelos, buscando un comportamiento adecuado ante la deformación y el esfuerzo de los suelos, y por consiguiente, de la estructura construída sobre ellos, en toda su vida útil.

### **Antecedentes de investigación**

#### **Internacionales:**

Ramos y Illidge (2017), “Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento”. Su objeto fue analizar un suelo altamente plástico, añadiendo cascarilla de arroz y ceniza volante. Fue una tesis experimental, En los resultados se obtuvieron favorables valores: el índice de plasticidad, descendió de 102,9% para el suelo A0C0 a 21,49% para el suelo modificado con 6% de cascarilla de arroz y 30% de ceniza volante A6C30, El CBR. aumentó del 2,02% para el suelo A0C0 a 3,76% para el suelo A6C30, las deformaciones permanentes del suelo disminuyeron de 2,32% en el suelo A0C0 a 1,36% para el suelo A6C30. Se concluyó que esta alternativa fue muy favorable al adicionar ceniza volante C en un 30 % y cascarilla de arroz CA en un 6%. De esta investigación de puede deducir que agregándole especímenes

de ceniza de volante se puede aumentar la capacidad portante de un suelo disminuyendo posibles deformaciones.

Behak y Peres (2008) “Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación”, con el objetivo de estudiar las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas, su tesis fue de grado experimental, y los resultados evidencian lo favorable que son las cenizas de cascara de arroz con las cal. El valor de CBR del suelo fue 9% y adicionándolo 20%CCA+10%Cal su valor de CBR fue de 25%, es decir, pues aumentó 2,8 veces en el CBR de la mezcla con relación al de suelo. Los difractogramas de rayos x indican que, al cabo de 28 días de cura, se forman productos cementantes al momento que reaccionan los iones de calcio de la cal con la sílice amorfa de la CCA. En ese sentido estos productos son los causantes de la estabilización del suelo arenoso. Este trabajo de investigación sirve de apoyo porque muestra de manera detallada como aumenta el CBR de un suelo altamente arenoso mediante el uso de ceniza y cal, lo cual aporta en la presente investigación, como un correcto fundamento y guía.

Cobos, Ortegon y Peralta (2019) “Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café”, su objetivo general es evaluar el comportamiento geotécnico de suelos usando ceniza de cáscara de coco y cisco de café. La tesis es experimental, empleando la norma del INVIAS 2013. En los resultados del CBR de la muestra inalterada sin la adición de ceniza es de 76.67% a 56 golpes, se obtuvieron resultados favorables en la adición del 15% de CCO con 56 golpes, con un valor de 101.61% de CBR y en la adición del 15% de CCF a 56 golpes

se obtuvo 99.63% de CBR. Se concluye que la ceniza de CCF y CCO es un material conglomerante ya que, tiene la capacidad de mejorar la propiedades un suelo, pues al adicionarle al suelo el 15% de biomasa se obtienen porcentajes de compactación superiores al 100%. Esta investigación es una buena referencia para el presente proyecto debido a que la elaboración de la metodología que emplean los autores son detallados, analizando el contenido orgánico que presenta el suelo natural, así como la manipulación de las variables para un eficiente resultado en el laboratorio de mecánica de suelos.

#### **Nacionales:**

En la investigación de Quijano (2021) su objeto de estudio fue la estabilización de subrasante adicionando ceniza de carbón y tusa de maíz en trocha carrozable en porcentajes de 15, 20 y 25%. La metodología que empleo fue de tipo exploratorio, descriptivo y explicativo, con sus resultados determinó que la tusa de maíz y la ceniza de carbón de manera independiente mejora en la plasticidad de la subrasante en estado natural. El CBR del suelos en estado natural de 7.5% aumentando 25% de ceniza de carbón ascendió a un 8.2% de CBR y al adicionar 25% de tusa de maíz se obtuvo un CBR de 9.10, de este modo queda demostrado que estas cantidades mejoran el CBR. De esta investigación se puede concluir: adicionando la ceniza de carbon en mayor cantidad el valor del CBR aumenta, de manera que se puede afirmar una mayor capacidad portante del suelo.

Por otro lado, en la investigación de Herrera y Montañéz (2022), “Mejora de las propiedades del concreto con adición de residuos de maíz calcinado”, cuyo objetivo principal fue evaluar el afecto mecánico y físico del concreto, añadiendo residuos de maíz calcinado

en función al peso del cemento en distintos porcentajes (5%,10% y 15%). Es una investigación Cuantitativa-Experimental, los residuos de maíz calcinado a una temperatura de 400 C° , luego elaboró concreto estructural de 140 kg/cm<sup>2</sup>, 175 kg/cm<sup>2</sup> y 210 kg/cm<sup>2</sup>. Tuvo como resultado en la adición de 5% de residuos de maíz calcinado, en cuanto a la resistencia a la compresión de Fc: 210 kg/cm<sup>2</sup> – 28 días, un valor que destaca de 281.41 kg/cm<sup>2</sup>, para una resistencia a la compresión de 175 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvo como resultado superior de 281.41 kg/cm<sup>2</sup> y para una resistencia a la compresión de 140 kg/cm<sup>2</sup>, se obtuvo como resultado superior de 238.53 kg/cm<sup>2</sup>. Los resultados de esta investigación sirve como referencia porque usa residuos de maíz calcinado, el cual tiene mucha similitud con las cenizas de coronta de maíz, de tal manera que sirve como un material que mejora la resistencia en un diseño de mezcla.

Cubas y Chávez (2016), “Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas”, cuyo objetivo fue la evaluación de las cenizas de carbón mediante la activación alcalina para estabilizar suelos. El tipo de investigación es cuantitativo, cuasi-experimental. utilizó porcentajes de 7%, 14% y 21%. Según los resultados se obtuvo lo siguiente, la humedad óptima desciende con las adiciones de CC, teniendo un 1.69% para 14% respecto al suelo patrón, así mismo, se tiene la adición de CC – M2, donde se tiene que en adiciones de 21% se logra una densidad máxima de 1.826g/cc, pues las adiciones de 7% y 14% descienden a un 1.719g/cc y 1.654g/cc su densidad seca. También se tiene que la humedad optima asciende al adicionar el 14% y 21%, determinando que esta ultima alcanza un 4.79%, sin

embargo se aprecia que en adiciones de 7% no varía significativamente. en carreteras no pavimentadas.

Este trabajo de investigación sirve de apoyo porque muestra de manera detallada como las cenizas de carbón mediante activación alcalina mejoran la estabilización de suelos con características SP-SC, lo cual aporta en la presente investigación, como un correcto fundamento y guía.

Bueno y Torre (2019). “Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz”. Explican su objetivo principal de optimizar la estabilidad de un suelo con los residuos de carbón. El tipo de metodología científica en su tesis, fue de enfoque cuantitativo, a nivel aplicado, diseño no experimental, tuvo como resultado de acuerdo a sus ensayos en el laboratorio de Proctor, límites consistencia y CBR adicionando los porcentajes de 3,5,10%. Ha obtenido resultados favorables ya que al utilizar 5% de la ceniza de carbón en el suelo con CBR 95% ha obtenido un máximo porcentaje de 14.32%, así mismo minimizando sus índices de plasticidad de 11.1% al 3%. Llega a la conclusión, que el suelo logró la estabilización con adicionar el 5% de cenizas de carbón al suelo, también se redujo el índice de plasticidad de 11.1% a 3%. Esta investigación sirve de apoyo porque muestra de manera detallada como aumenta la estabilización de un suelo mediante el uso de ceniza de carbón, lo cual aporta en la presente investigación, como un correcto fundamento y guía.

López & Zapata (2021) “Estabilización de suelo con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante en el distrito – Tumbes”, como objetivo principal fue

demostrar en que influye la adición de ceniza de cascara de arroz en el suelos a nivel de subrasante. Su diseño es experimental, el enfoque que posee es cuantitativa, en sus resultados de CBR de la subrasante se tiene para la muestra 1 + CCA 6%, en el análisis de CBR, tuvo como resultado 8.7% al 100% M.D.S y para la muestra 1 + CCA 4%, se obtuvo 8.2% al 95% M.D.S, concluyendo que al utilizar la ceniza de cascara de arroz ayuda a incrementar la resistencia de la subrasante teniendo un valor de 5.4% en el CBR, en el porcentaje de 6% de ceniza de cascara de arroz, así como teniendo 12.20% en su contenido de humedad optima, logrando alcanzar en su máxima densidad seca de 1.90 gr/cm<sup>3</sup> de su compactación, en esta forma se puede determinar que al utilizar la ceniza de cascara de arroz en el mejoramiento de suelo de la subrasante, disminuye la absorción de agua, obteniendo un suelo más estable. La cascara de arroz es un especimen que también ayuda a mejorar la capacidad portante del suelo, empleado en cantidades mayores, en tal sentido se tiene suelos mas estables, ya que su absorción de agua es menor.

## **CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Los suelos se pueden clasificar en grupos y subgrupos en relación con sus propiedades, sus características mecánicas y su comportamiento. La clasificación proporciona un lenguaje común para manifestar de forma consistente las particularidades generales de los suelos, las cuales son grandemente variadas, y que no tienen una detallada descripción. Actualmente, se utilizan para aplicaciones de ingeniería, dos sistemas de clasificación elaborados, estos son la distribución del tamaño de las partículas y la plasticidad de los suelos. Estos son la

Asociación Estadounidense de Oficiales de Carreteras Estatales (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos. (Braja, 4<sup>o</sup> Edición)

## **SUBRASANTE**

La subrasante se denomina a la capa superficial del terreno en estado natural, es el fundamento de la estructura del pavimento. Para diseñar el pavimento se sectoriza desde el suelo de fundación y a partir de ello, se analizan en campo y en laboratorio, las propiedades físicas, químicas y mecánicas. (Ramos, 2014).

Montejo (2002) afirma que: En muchas ocasiones los ingenieros se deben enfrentar a suelos que están destinados para una obra proyectada, en donde según sus características, están comprometidos a tomar las posibles decisiones:

- Admitir el material en su estado actual, como se sitúa, pero en relación al diseño, estableciendo las restricciones debido a su calidad.
- Desechar el material poco satisfactorio o dejar de usarlo, reemplazándolo por otro material cuyas características son deseadas.
- Cambiar las propiedades del suelo existente, a fin que cumpla de la mejor forma los requisitos esperados. (p.75)

La última posibilidad, da origen a lo que se conoce como estabilización de suelos, el cual es el tema que estamos tratando en la presente investigación.

Según Menéndez (2013), las principales propiedades que se debe analizar en la subrasante son propiedades físicas (tamaño de partícula, densidad, límites de consistencia, contenido de agua), propiedades de rigidez (módulo de elasticidad, CBR,

módulo resiliente) propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión).

### 1. Granulometría:

Es la representación de la distribución granulométrica del agregado por tamizado de acuerdo a las especificaciones técnicas (Prueba MTC E 107). Después de ellos se estima, con mayor o menor aproximación, el resto de propiedades que pueden ser de interés. El objetivo del análisis granulométrico de un suelo es determinar la proporción de sus distintos elementos que componen, clasificados según su tamaño. En relación al tamaño de las partículas de suelo, se establecen los siguientes términos:

**Figura 1:** Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

*Nota:* La figura 1 describe la clasificación del suelo según el tamaño de partículas (mm). Del “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”

### 2. La Plasticidad:

Según el Manual de suelos y Pavimentos: es la estabilidad que tienen los suelos a una determinada humedad sin disgregarse, por lo cual, depende únicamente de sus elementos finos. Con un análisis granulométrico no se puede

apreciar esta característica, es por esto que se necesita establecer los Límites de Atterberg, el cual define lo sensible que es el comportamiento de un suelo en función de su contenido de humedad, de esta manera se define los límites correspondientes según su humedad a los 03 estados de consistencia.

Los límites de Atterberg miden la cohesión del suelo y son: límite líquido, el límite de contracción (de acuerdo al ensayo MTC E 112) y el límite plástico (de acuerdo al ensayo MTC E 111).

Límite Plástico (LP), es un suelo cuyo estado plástico pasa al estado semisólido hasta que se rompe.

Límite Líquido (LL), el suelo que pasa del estado semilíquido a plástico con capacidad de moldearse.

Límite de Contracción (retracción), es el suelo cuyo estado semisólido pasa al estado sólido, luego deja de contraerse cuando pierde humedad. Otra característica que se debe presentar es el Índice de plasticidad IP, cuyo valor es la diferencia entre LL y LP.

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad señala el intervalo de humedades, donde el suelo tiene consistencia plástica y faculta clasificar adecuadamente un suelo. Cuando el índice de plasticidad es un valor elevado, indica que es suelo muy arcilloso; y si se tiene un valor pequeño de IP, eso indica que es suelo poco arcilloso. Por lo cual, un suelo se puede clasificar en función a su índice de plasticidad de la siguiente manera:

**Tabla 1:** *Clasificación de suelos de acuerdo a su índice de plasticidad*

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	alta	suelos muy arcillosos
$7 < IP \leq 20$	media	suelos arcillosos
$IP < 7$	baja	suelos poco arcillosos
$IP = 0$	no plástico	suelos extensos de arcilla

*Nota:* Manual de Suelos y Pavimentos

### 3. Equivalente de Arena:

Es la relación relativa de la cantidad de material arcilloso o polvo fino nocivo en los suelos o agregados finos. El valor de EA indica la plasticidad de un suelo. Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, en menor precisión. Cuya ventaja es fácil de efectuar y rápido.

**Tabla 2:** *Clasificación de suelos según el Equivalente de Arena*

Equivalente de Arena	Característica
Si $EA > 40$	el suelo no es plástico, es arena

Si $40 > EA > 20$	el suelo es poco plástico y no heladizo
Si $EA < 20$	el suelo es plástico y arcilloso

---

*Nota:* Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Sección: Suelos y Pavimentos

#### **4. Índice De Grupo**

El índice de grupo está normalizado por AASHTO con fin de clasificar suelos, basado mayormente en los límites de Atterberg. Cuya definición está denotado con la siguiente fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

donde:

$a = F - 35$  ( $F$  = fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Cuya expresión es por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

$b = F - 15$  ( $F$  = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

$c = LL - 40$  ( $LL$  = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

$d = IP - 10$  ( $IP$  = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice

cero significa un suelo muy bueno y un índice  $\geq$  a 20, un suelo no utilizable para caminos.

**Tabla 3:** *Clasificación de suelos según Índice de Grupo*

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG>9	No adecuado
4 a 9	Insuficiente
2 a 4	Regular
1 a 2	Bueno
0 a 1	Muy Bueno

Nota: índice de grupo extraído del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos  
Sección: Suelos y Pavimentos.

## 5. Humedad Natural

La humedad natural es otra característica fundamental de los suelos; debido a que la resistencia de los suelos de sub rasante, sobre todo de los finos, está directamente relacionada a las condiciones de densidad y humedad que los suelos presentan.

Determinar la humedad natural nos permite tener una comparación con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo. Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista esta en la responsabilidad de proponer la compactación normal del suelo así como el aporte de la cantidad conveniente de agua. Sí la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá,

aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

## 6. Clasificación De Los Suelos

Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego la clasificación de los suelos.

La clasificación será mediante el sistema mostrado en la tabla. Lo cual, permite pronosticar el aproximado comportamiento de los suelos, lo que ayudará a delimitar los sectores homogéneos desde un punto de vista geotécnico.

Por lo que, se presenta a continuación una correlación de los 02 sistemas más difundidos de clasificación, AASHTO y ASTM (SUCS):

**Tabla 4:** *Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS*

Clasificación de los Suelos AASHTO	Clasificación de los Suelos SUCS
A -1-a	GP, GW, GM, SP, SW, SM
A -1-b	GP, GM, SP, SM
A – 2	GC, GM, SC, SM
A – 3	SP
A – 4	ML, CL,
A – 5	ML, CH, MH
A – 6	CH, CL
A – 7	OH, CH, MH

Nota: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos  
Sección: Suelos y Pavimentos.

**Figura 2:** Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
<b>Análisis granulométrico</b> % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
<b>Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)</b>												
<b>Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)</b>												
<b>LL: Límite de Líquido</b>				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
<b>IP: Índice de Plasticidad</b>	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 <sup>(a)</sup>	mín. 11 <sup>(a)</sup>
<b>Tipo de material</b>	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>Estimación general del suelo como subrasante</b>	Exelente a bueno						Regular a insuficiente					

*Nota:* Clasificación de los Suelos basada en AASHTO y ASTM Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos  
Sección: Suelos y Pavimentos

### 7. Ensayos CBR

Después de clasificar los suelos mediante los sistema AASHTO y SUCS, se tendrá que realizar para cada sector homogéneo o tramo en estudio el perfil estratigráfico, luego se determina los ensayos para fundar el CBR, cuyo valor es el soporte o resistencia del suelo, el cual estará referido al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Luego de determinar el valor del CBR de diseño, para cada sector de cualidades homogéneas, a continuación se clasifica a qué categoría de sub rasante pertenece, de acuerdo a lo siguiente:

**Tabla 5:** *Categorías de Sub rasante*

Categorías de Sub rasante	CBR
S1: No Adecuada	CBR < 3%
S1: Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Excelente	CBR ≥ 30%

*Nota: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*  
*Sección: Suelos y Pavimentos*

### **Estabilización química de suelos**

Es una tecnología con amplios datos, consiste en aplicar un producto químico a un determinado suelo, que se mezcla homogéneamente con el suelo que será mejorado, a corde a las especificaciones técnicas correspondientes del producto. Se puede definir a la estabilización de suelos como el mejoramiento de sus propiedades físicas, mediante procedimientos mecánicos incorporando productos, naturales, sintéticos, químicos. Estas estabilizaciones, generalmente son realizados en suelos con pobre o inadecuado subrasante, son conocidos comunmente como estabilización suelo cal, suelo asfalto, suelo cemento, entre otros diversos productos. De este modo se mejora las características mecánicas y/o físicas, precisamente la deformabilidad,

la resistencia al esfuerzo cortante, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, compresibilidad, entre otros, con el fin de obtener un buen comportamiento ante el esfuerzo y deformación de los suelos, así también de la estructura que se coloque sobre ellos, en el curso de su vida útil. Este mejoramiento es empleado también para estabilizar una base, subbase, materiales granulares, a fin de obtener un suelo de mejor calidad, el cual se denomina subbase, base o material granular estabilizado. (metodología de alternativas técnicas de pavimentos en PIP de carretera, 2015).

Se tienen distintas metodologías de estabilización, no obstante, debe predominar la importancia que se obtiene al contar con ensayos de laboratorio, que constaten en cada tramo constructivo la ratificación del adecuado resultado. Cabe decir que, es necesario garantizar que la construcción y la conservación vial, se puedan ejecutar en forma económica, simple y con el equipamiento disponible. (metodología de alternativas técnicas de pavimentos en PIP de carretera, 2015).

Los aditivos estabilizadores se pueden agrupar de la siguiente manera:

**Tabla 6:** *Clasificación de aditivos estabilizadores*

---

Absorbentes de agua	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Cloruro de magnesio
Derivados del petróleo	Emulsión asfáltica Líquidos asfálticos Emulsiones de asfalto modificado

---

	Grasa de animales
No derivados del petróleo	Lignosulfatos Melaza-azúcar de beterraga Emulsiones de aceite de tallos Aceites vegetales
Electroquímicos	Enzimas Productos iónicos Aceite sulfonatos
Polímeros sintéticos	Acetato polivinílico Vinil acrílico
Aditivos de arcilla	Bentonita Montmorillonita
Cementantes	Cemento Cal Cenizas

---

*Nota:* adaptado de “pautas metodológicas para alternativas técnicas de pavimentos en pip de carretera, por ministerio de economía y finanzas, 2015

## REQUISITOS MÍNIMOS PARA LOS DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTO

La orientación general para las especificaciones técnicas en la construcción de concreto de cemento Portland, de pavimentos asfálticos, entre otros como adoquines, respectivamente, se alinean a los requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos, de acuerdo a la siguiente figura,

Figura 3: Requisitos mínimos para los diferentes tipos de pavimentos

Elemento		Tipo de Pavimento		
		Flexible	Rígido	Adoquines
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm <sup>2</sup> (3,4 MPa)	f <sub>c</sub> ≥ 380 Kg/cm <sup>2</sup> (38 MPa)

Notas: \* N.A.: No aplicable; \*\* N.R.: No Recomendable; \*\*\* El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

### Composición químicas de las cenizas de coronta de maíz

Las cenizas de coronta de maiz estan compuestas, por oxido de hierro, como material que más predomina, seguido la cal, el carbon, y en menor cantidad, el sílice, magnesia, alúmina, oxido de azufre, álcali entre otros elementos. Quijano, (2021)

### Beneficio de las cenizas de coronta de maíz

Las cenizas de coronta de maiz impacta de manera positiva en suelos arcillosos, por los resultados obtenidos, se comprueba que aumenta el porcentaje de CBR. Quijano, (2021)

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz y cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general:**

Realizar el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz y cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash.

### **1.3.2 Objetivos Específicos:**

- Determinar las propiedades químicas de ceniza de coronta de maíz.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz y cal
- Determinar el porcentaje óptimo de cenizas de coronta de maíz y cal.
- Comparar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante natural y adicionando ceniza de coronta de maíz y cal.

## **1.4. Hipótesis**

La adición de cenizas de coronta de maíz y cal mejora las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en la carretera longitudinal de Conchucos – Ancash.

## **CAPÍTULO II: METODOLOGÍA**

### **2.1 Tipo y Diseño de Investigación**

#### 2.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de la presente investigación es aplicada, ya que busca conocer, solucionar y detectar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal (Borja, 2012 p. 12)

#### 2.1.2 Diseño de Investigación

El diseño es Experimental, porque se realizará experimentos utilizando “ceniza de coronta de maíz y cal en distintos porcentajes” para mejorar la resistencia de la subrasante, estos experimentos se llevarán a cabo dentro del laboratorio Mecánica de suelos, donde se determinará las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante. (Herrera y Montañez, 2022 p. 60)

### **2.2 Población y Muestra**

#### 2.2.1 Población

La población de estudio es la subrasante de la Carretera Longitudinal de Conchucos, cuya distancia es de 21 kilómetros.

#### 2.2.2 Muestra

La muestra que se analiza en la presente investigación, será de 3 kilómetros, por lo cual, se realizará 3 calicatas extraídas de la Carretera Longitudinal de Conchucos - Ancash, cuyas medidas son 1.00 x 1.00 x 1.50.

### **2.3 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos**

En la presente investigación se llama datos a los elementos básicos que se obtiene de la información directamente de la realidad.

#### 2.3.1 Técnicas

La técnica que se usará, es la observación, cuyo método es el más usado en la ingeniería vial, ya que la ventaja de la observación directa es su relación directa con la realidad. Para lo cual, en la visita de campo, mediante la observación visual de la Carretera Longitudinal de Conchucos - Ancash, que se encuentra a nivel de trocha, se seleccionará un tramo con existencia de partículas finas con presencia de limo y/o arcilla, a fin de extraer las muestras mediante una calicata.

Luego se trasladará las muestras al laboratorio para dar inicio con los ensayos que servirá de completa ayuda para llevar a cabo, los objetivos, conclusiones y recomendaciones de la investigación.

#### 2.3.2 Instrumentos

Los instrumentos que se utilizarán, para la investigación, se utilizará el instrumento guía de observación, mediante el uso de los equipos del laboratorio de química, para determinar la composición química de la ceniza de coronta de maíz;

los equipos del laboratorio de mecánica de suelos, para los ensayos de las muestras, como el CBR y Proctor modificado, y sus estudios básicos de la mecánica de suelos; y equipo de cómputo para realizar el procesamiento de datos.

## **2.4 Procedimientos**

### **Preparación de ceniza de coronta de maíz.**

1. Primero se preparará las cenizas de coronta de maíz, para lo cual, se recolectó en un contenedor metálico, para ser quemado a cielo abierto, sin usar combustible, a fin de obtener las cenizas sin otro elemento que pueda alterar las cenizas, luego se tamizó para obtener un material homogéneo.
2. Luego de obtener las cenizas de coronta de maíz se ha procedido trasladar una muestra al Laboratorio de Arqueometría – UNMSM, se analizó por fluorescencia de rayos – X dispersiva en energía (FRXDE) mediante el uso de un espectrómetro de marca Ampetek, en la cual se obtuvo los resultados, que se presentarán en Resultados del presente trabajo de investigación.
3. Se adquirió la cal, el cual se usó junto a las cenizas, para su posterior procedimiento en el laboratorio de mecánica de suelos.

### **Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz y cal.**

4. Se localizó la muestra en la carretera de Conchucos, con el apoyo de los técnicos del laboratorio de suelos, se realizó las 3 calicatas para extraer las muestras y llevar a cabo los ensayos preliminares y específicos como el Proctor y CBR, empleando los métodos recomendados por el MTC.

5. Se realizó los ensayos respectivos de las tres calicatas, a continuación se presentan las pruebas realizadas en el laboratorio de mecaniza de suelos.

- **Ensayo de Granulometría**

La granulometría del agregado fino y grueso se hace en base a la NTP 400.012. Se seca la muestra en el horno a una temperatura de 650°C por 24 horas ya que la muestra debe estar completamente seca. Se determina el peso de la muestra. Preparar el tamizado para posteriormente pasar la muestra. Luego se agita los tamices y pesar la cantidad retenida en cada malla. Evaluar el porcentaje retenido y el porcentaje que pasa en cada tamiz.

- **Ensayo de Contenido de Humedad**

Se utilizó un recipiente de peso y masa conocida, luego se obtiene la cantidad de la muestra, luego se coloca en un recipiente para calcular el peso del recipiente mas la muestra. A continuación se traslada al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ . luego que el material seca, es retirado del horno a una temperatura estable, finalmente se determina el peso seco para los porterores cálculos respectivos.

- **Ensayo de Límite Líquido**

Luego de ser preparado el material, se coloca una parte en la cazuela para enrasar sobre la copa de Casagrande. Luego se hace una ranura de arriba hacia abajo, de forma continua, se extrae en el recipiente la muestra de la copa y se calcula el peso. Después se registra el peso de recipiente

añadiendo la porción del suelo. Se seca la muestra 110 °C en horno, finalmente se hacen los cálculos respectivos.

- **Ensayo de Límite Plástico**

Se pesa una porción de 1,5 g., luego en la placa de vidrio, con la mano y dedos se hace rodar la muestra formando rollos, hasta formar el rollo uniforme de 3.3 mm, luego se vuelve a repetir este procedimiento hasta que el rollo se agriete y demorone. Se coloca en un recipiente de masa conocida y se registra los pesos.

- **Ensayo del CBR**

Pesar del molde, cada molde debe tener escrita su altura y volumen.

Se debe armar el equipo de compactación de tal manera que sea estable durante el proceso del ensayo.

Se hace la compactación, que para el caso serán cinco 5 capas.

Retiramos la camisa superior del molde y enrasamos la muestra, apartamos el material sobrante como una muestra representativa para determinar el porcentaje de humedad.

Pesamos el conjunto del molde más el suelo compactado.

### **Determinar el porcentaje óptimo de cenizas de coronta de maíz y cal**

6. Para determinar el porcentaje óptimo se trabajó con la muestra de suelo de la calicata N<sup>a</sup> 03, porque según sus características y sus resultados en laboratorio de suelos, es un suelo con menor capacidad portante. Por lo que

se extrajo las muestras para proceder con la parte experimental, en la cual se trabajó con dosificaciones según se detalla en el siguiente cuadro.

**Tabla 7:** *Cuadro de muestras*

MUESTRAS	% CENIZA DE CORONTA DE MAIZ (CCM)	% DE CAL
<b>M-1</b>	1%	1%
<b>M-2</b>	2%	2%
<b>M-3</b>	3%	3%

*Nota:* El porcentaje de dosificación de ceniza de coronta de maíz y porcentaje de cal se trabajaron son del 1%, 2% y 3% adicionados al peso normado para realizar los ensayos correspondientes.

Después de pesar las cantidades requeridas de acuerdo a las dosificaciones, se hacen las pruebas de CBR y en función a sus resultados se determina el porcentaje óptimo de CCM y la Cal, el cual se determinará en Resultados de la presente Investigación.

## 2.5. Aspectos Éticos:

- La información de la presente investigación es verídica, se utilizaron como referencia tesis, libros confiables y artículos. Dicha información se citó de acuerdo a la norma ISO.
- Se respetó la propiedad intelectual, existe responsabilidad social y ética.
- Los datos que se consignaron de los ensayos y análisis de laboratorio son reales y atencivos, sustentados mediante normas establecidas.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 1. Determinar las propiedades químicas de ceniza de coronta de maíz.

Las propiedades químicas obtenidas de la ceniza de coronta de maíz, fue efectuado en el Laboratorio de Arqueometría – UNMSM, en el que, se obtuvo los siguientes resultados:

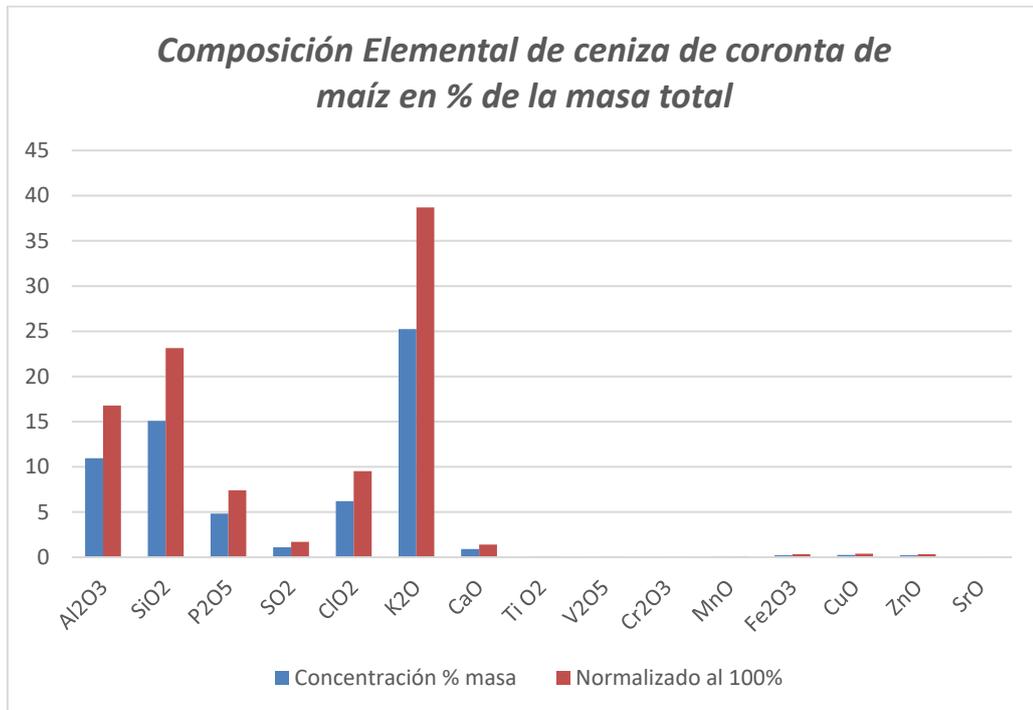
**Tabla 8:** *Composición Elemental de ceniza de coronta de maíz en % de la masa total.*

<u>Óxido</u>	<u>Concentración % masa</u>	<u>Normalizado al 100%</u>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>10.950</b>	<b>16.789</b>
SiO <sub>2</sub>	<b>15.096</b>	<b>23.147</b>
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<b>4.835</b>	<b>7.412</b>
SO <sub>2</sub>	<b>1.109</b>	<b>1.700</b>
ClO <sub>2</sub>	<b>6.210</b>	<b>9.521</b>
K <sub>2</sub> O	<b>25.240</b>	<b>38.699</b>
CaO	<b>0.919</b>	<b>1.409</b>
Ti O <sub>2</sub>	<b>0.040</b>	<b>0.061</b>
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<b>0.034</b>	<b>0.052</b>
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0.013</b>	<b>0.020</b>
MnO	<b>0.061</b>	<b>0.093</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>0.227</b>	<b>0.348</b>
CuO	<b>0.255</b>	<b>0.392</b>
ZnO	<b>0.222</b>	<b>0.340</b>

SrO	<b>0.011</b>	<b>0.016</b>
total	<b>65.221</b>	<b>100.00</b>

*Nota:* Porcentajes de la composición elemental de la ceniza de coronta de maíz, elaborado en el laboratorio de Arqueometría – UNMSM.

**Figura 4:** Composición Elemental de ceniza de coronta de maíz en % de la masa total.



*Nota:* Porcentajes de la composición elemental de la ceniza de coronta de maíz, elaborado en el laboratorio de Arqueometría – UNMSM.

Se puede apreciar que predomina el óxido de potasio, tiene una concentración de 25.240% de masa, seguido de ello es el óxido de silicio con una cantidad de

concentración de 15.096 % de masa y el óxido de aluminio con una cantidad de 10.950 % de masa.

**2. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz (CCM) y cal**

Para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante adicionando CCM y cal, primero se realizó 03 calicatas en la carretera longitudinal de Conchucos, con el fin de encontrar el suelo con características desfavorables, que no cumplen con las condiciones para una futura infraestructura vial, y se obtuvieron los resultados de los ensayos de mecánica de suelos respectivos de cada calicata C-1, C-2 y C-3. Cabe decir que, son los suelos en su estado natural sin la adición de CCM y cal.

**2.1 Determinación de contenido de humedad del suelo (MTC E 108-2016)**

- Se obtuvo para la Calicata C-1 una humedad promedio de 11%

**Tabla 9:** *Humedad Promedio de C-1*

DESCRIPCIÓN		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	g. Mcws	267.08	236.53
Peso Suelo Seco + Contenedor	g. Mcs	243.77	215.48
Peso del Contenedor	g. Mc	22.43	23.26
Peso Partículas Sólidas (Ms=Mcs-Mc)	g. Ms	221.34	192.22
Peso del Agua (Mw=Mcws-Mcs)	g. Mw	23.31	21.05

Contenido de Humedad ( $W=M_w/M_s$ )	g.	W	10.53	10.95
<b>Humedad Promedio (%)</b>			<b>11</b>	

Fuente: Humedad Promedio de C-1 realizado en el laboratorio de suelos.

- Se obtuvo para la Calicata C-2 una humedad promedio de 04%

**Tabla 10:** *Humedad Promedio de C-2*

DESCRIPCIÓN			M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	g.	Mcws	236.97	237.81
Peso Suelo Seco + Contenedor	g.	Mcs	228.83	228.58
Peso del Contenedor	g.	Mc	22.5	21.24
Peso Partículas Sólidas ( $M_s=M_{cs}-M_c$ )	g.	Ms	206.33	207.34
Peso del Agua ( $M_w=M_{cws}-M_{cs}$ )	g.	Mw	8.14	9.23
Contenido de Humedad ( $W=M_w/M_s$ )	g.	W	3.95	4.45
<b>Humedad Promedio (%)</b>			<b>4</b>	

Fuente: Humedad Promedio de C-2 realizado en el laboratorio de suelos.

- Se obtuvo para la Calicata C-3 una humedad promedio de 15%

**Tabla 11:** *Humedad Promedio de C-3*

DESCRIPCIÓN			M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	g.	Mcws	246.21	205.96
Peso Suelo Seco + Contenedor	g.	Mcs	217.24	183.53

Peso del Contenedor	g.	Mc	23.98	24.57
Peso Partículas Sólidas ( $M_s=M_{cs}-M_c$ )	g.	$M_s$	193.26	158.96
Peso del Agua ( $M_w=M_{cws}-M_{cs}$ )	g.	$M_w$	28.97	22.43
Contenido de Humedad ( $W=M_w/M_s$ )	g.	W	14.99	14.11

---

**Humedad Promedio (%)**

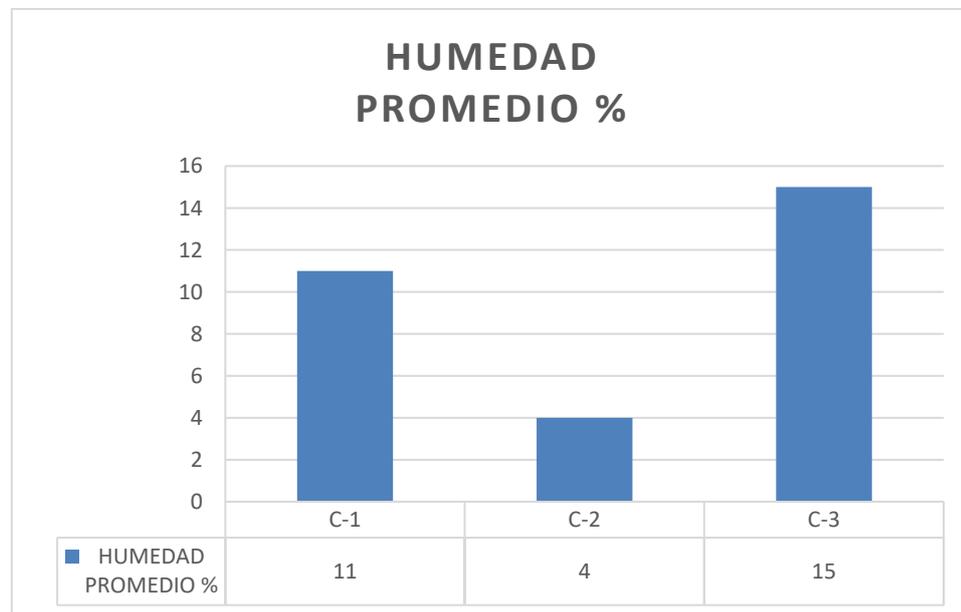
**15**

---

Fuente: Humedad Promedio de C-3 realizado en el laboratorio de suelos.

En conclusión tenemos en la siguiente figura la humedad promedio de las 3 calicatas del suelo natural.

**Figura 5:** Humedad Promedio de C-1, C-2 y C-3



Nota: humedad promedio de las tres calicatas de suelos en sus estado natural.

La humedad promedio % de la calicata C-3 tiene un mayor porcentaje, y se aprecia la C-2 con menor presencia de humedad.

## 2.2 Análisis Granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107-2016)

- Análisis granulométrico de la C-1: se obtuvo 37.4 % de grava, 22.6 % de arena y 40% de elementos finos.
- Análisis granulométrico de la C-2: se obtuvo 35.7 % de grava, 31.9 % de arena y 14.4 % de elementos finos.
- Análisis granulométrico de la C-3: se obtuvo 25.5 % de grava, 29.3 % de arena y 45.2 % de elementos finos.

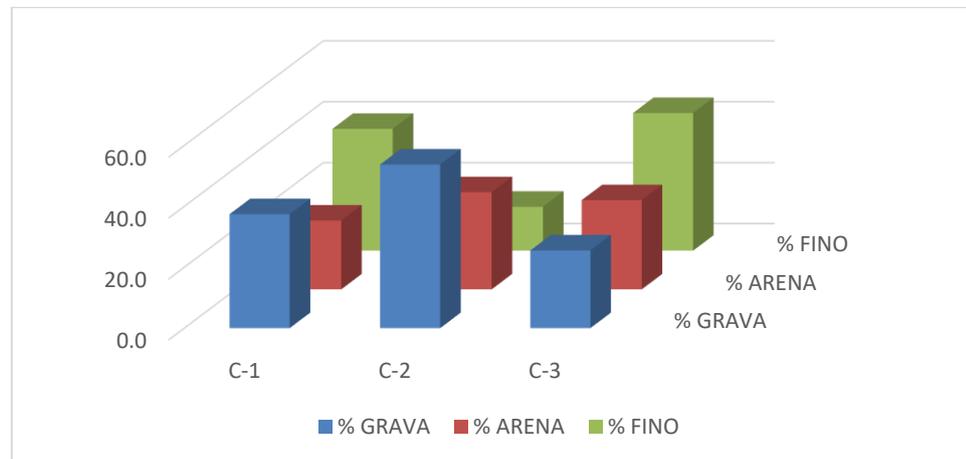
**Tabla 12:** Granulometría de C-1, C-2 y C-3

GRANULOMETRIA	C-1	C-2	C-3
% GRAVA	37.4	53.7	25.5
% ARENA	22.6	31.9	29.3
% FINO	40.0	14.4	45.2

*Nota:* Análisis granulométrico de las tres calicatas realizadas de acuerdo al MTC E 107-2016.

Se aprecia la calicata C-2 con mayor presencia de grava y la calicata C-3 con mayor presencia de elemento fino.

**Figura 6:** Estudio granulométrico de las 03 calicatas realizadas



**Nota:** Imagen comparativa del análisis granulométrico de las 03 calicatas realizadas. Se aprecia que la C-3 es un suelo con características físicas poco favorables, mientras que la calicata C-2 es un suelo con mejores características, por tener mayor cantidad de grava.

### 2.3 Determinación de limite liquido

**Tabla 13:** Determinación de limite liquido en C-1 (MTC E 110)

. N. ° de golpes	15.00	25.00	34.00
P. Suelo Húmedo+Rec.	29.71	29.16	30.47
P. Suelo Seco+Rec.	27.15	26.84	27.94
Peso del recipiente	16.68	16.94	16.77
Peso Suelo Seco	10.47	9.90	11.17
Peso del Agua	2.56	2.32	2.53
C. de Humedad %	24.45	23.43	22.65

**Nota:** Los resultados del contenido de humedad en la calicata C-1 es de 24.45 % a 15 golpes, 23,43 % a 25 golpes y 22.65 % a 34 golpes.

**Tabla 14:** *Determinación de limite liquido en C-2 (MTC E 110)*

N. ° de golpes	15.00	25.00	34.00
P. Suelo Húmedo+Rec.	26.60	29.08	29.18
P. Suelo Seco+Rec.	24.81	26.96	27.22
Peso del recipiente	16.77	16.52	17.16
Peso Suelo Seco	8.04	10.44	10.06
Peso del Agua	1.79	2.12	1.96
C. de Humedad %	22.26	20.31	19.48

*Nota:* Los resultados del contenido de humedad en la calicata C-2 es de 22.26 % a 15 golpes, 20.31 % a 25 golpes y 19.48 % a 34 golpes.

**Tabla 15:** *Determinación de limite liquido en C-3 (MTC E 110)*

N. ° de golpes	15.00	25.00	34.00
P. Suelo Húmedo+Rec.	29.11	29.60	29.64
P. Suelo Seco+Rec.	25.61	26.16	26.30
Peso del recipiente	16.32	16.40	16.37
Peso Suelo Seco	9.29	9.76	9.93
Peso del Agua	3.50	3.44	3.34
C. de Humedad %	37.67	35.25	33.64

*Nota:* Los resultados del contenido de humedad en la calicata C-3 es de 37.67 % a 15 golpes, 35.25 % a 25 golpes y 33.64 % a 34 golpes.

## 2.4 Determinación de límite plástico e índice de plasticidad de los suelos

**Tabla 16:** *Determinación de límite plástico e índice de plasticidad en C-1*

P. Suelo Húmedo+Rec.	26.30	24.20
P. Suelo Seco+Rec.	24.81	22.68
Peso del Recipiente	14.78	12.52
Peso Suelo Seco	10.03	10.16
Peso del Agua	1.49	1.52
C. de Humedad %	14.86	14.96

*Nota:* Datos para determinar la plasticidad de la muestra C-1

El límite plástico en la calicata C-1 es 15% y el índice de plasticidad es la diferencia del límite líquido y el límite plástico, cuyo valor es de 8%.

Límite líquido	=	<b>23</b>
Límite Plástico	=	<b>15</b>
Límite Plasticidad	=	<b>8</b>

**Tabla 17:** *Determinación de límite plástico e índice de plasticidad en C-2*

P. Suelo Húmedo+Rec.	25.75	24.29
P. Suelo Seco+Rec.	24.56	23.17
Peso del Recipiente	15.50	14.62
Peso Suelo Seco	9.06	8.55

Peso del Agua	1.19	1.12
C. de Humedad %	13.13	13.10

---

**Nota:** datos para determinar la plasticidad de la muestra C-2

El límite plástico en la calicata N°02 es 13% y el índice de plasticidad es la diferencia del límite líquido y el límite plástico, cuyo valor es de 8%.

Límite líquido	=	<b>21</b>
Límite Plástico	=	<b>13</b>
Límite Plasticidad	=	<b>8</b>

**Tabla 18:** *Determinación de limite plástico e índice de plasticidad en C-3*

---

P. Suelo Húmedo+Rec.	24.81	24.50
P. Suelo Seco+Rec.	23.53	23.23
Peso del Recipiente	15.18	14.83
Peso Suelo Seco	8.35	8.40
Peso del Agua	1.28	1.27
C. de Humedad %	15.33	15.12

---

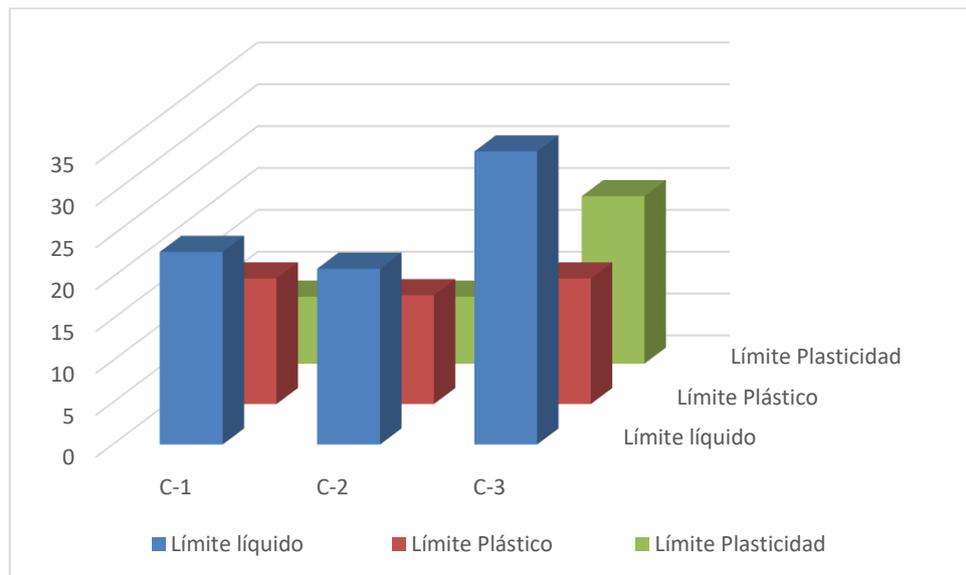
**Nota:** datos para determinar la plasticidad de la muestra C-3

El límite plástico en la calicata N°03 es 15% y el índice de plasticidad es la diferencia del límite líquido y el límite plástico, cuyo valor es de 20%.

Límite líquido = 35  
 Límite Plástico = 15  
 Límite Plasticidad = 20

En este sentido, se tiene a continuación la figura que muestra los límites líquidos y la plasticidad para cada calicata C-1, C-2 y C-3.

**Figura 7:** Límite líquido, límite plástico y límite de plasticidad de las calicatas



*Nota:* Se tiene los límites líquidos, límites plásticos y límites de plasticidad de las tres calicatas.

Se aprecia que en la calicata C-3 presenta un mayor valor en el límite líquido, por ende, su plasticidad es superior, por lo que indica que el material de la Calicata C-3 indica que el suelo es desfavorable.

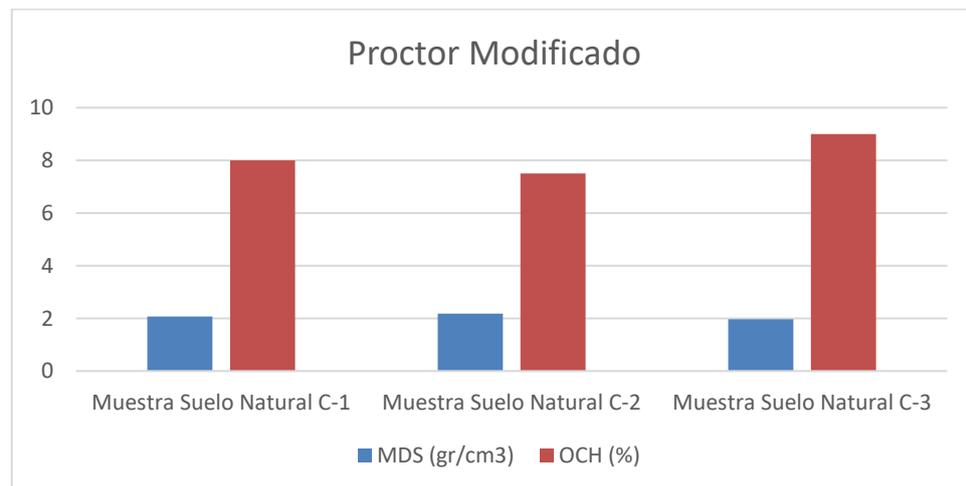
## 2.4 Proctor Modificado de las 03 calicatas del suelo en estado natural.

**Tabla 19:** Proctor Modificado de las 03 calicatas (MTC-E115-2016)

MUESTRAS	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
Muestra Suelo Natural C-1	2.07	8
Muestra Suelo Natural C-2	2.18	7.5
Muestra Suelo Natural C-3	1.97	9

*Nota:* Prueba de laboratorio de suelos, Proctor Modificado, de acuerdo al MTC-E115-2016.

**Figura 8:** Proctor Modificado de las 03 calicatas, suelos en estado natural.

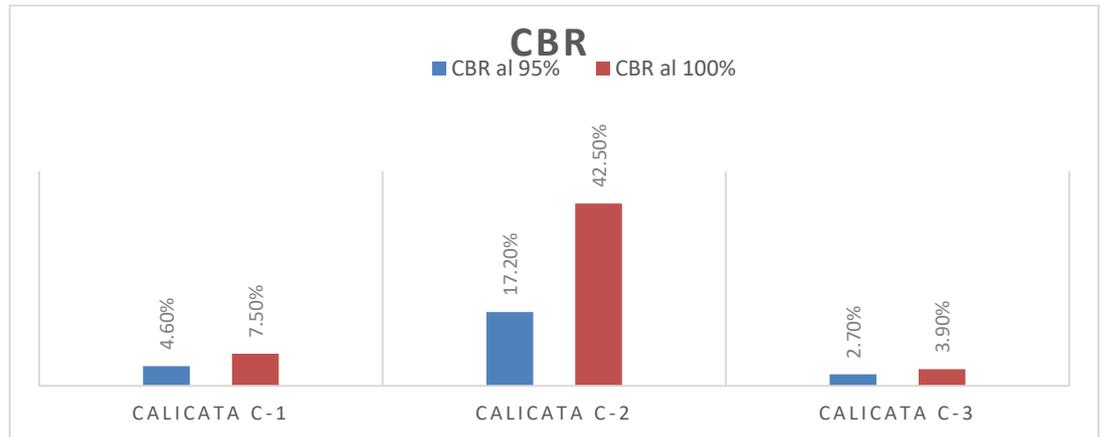


*Nota:* Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

Se aprecia que en la calicata C-1, tiene una máxima densidad seca de 2.07 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad es de 8%, la C-2 tiene una máxima densidad seca de 2.18 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad es de 7.5% y la C-3 tiene una máxima densidad seca de 1.97 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad es de 9%.

## 2.5 CBR de las 03 de calicatas del suelo en estado natural.

**Figura 9:** CBR de las calicatas en su estado natural del suelo



*Nota:* Ensayo de CBR de las 3 calicatas, del suelo en su estado natural.

Se aprecia en la figura anterior que la calicata C-3 tiene valores con menor porcentaje, por lo tanto, es el suelo más desfavorable, por tener menor capacidad portante, y la calicata C-2 es el suelo con mayor capacidad portante, tiene 42.5%.

### PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ (CCM) Y CAL

Después de haber realizado los estudios de suelos correspondientes de las calicatas C-1, C-2 y C-3, en su estado natural, se concluye que la calicata C-3 tiene un suelo con características físicas y mecánicas desfavorables, por lo que se utilizará como una muestra patrón para realizar las muestras experimentales.

A continuación, se presentará las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante adicionando ceniza de coronta de maíz (CCM) y cal, en porcentajes de 1% CCM + 1% Cal, 2% CCM + 2% Cal y 3% CCM + 3% Cal.

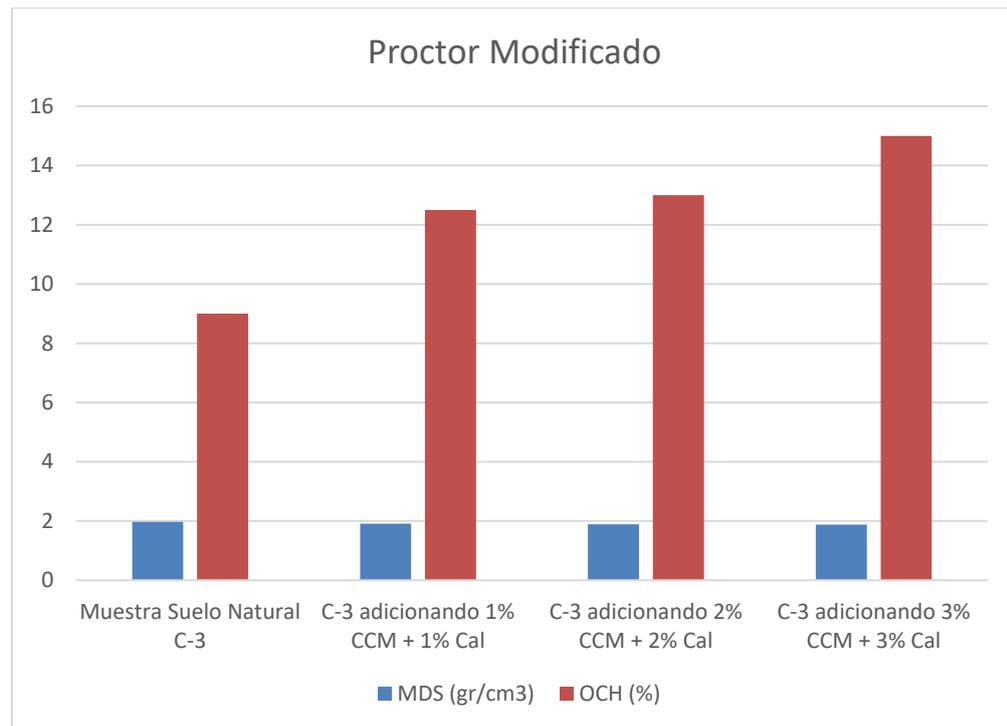
- **Proctor Modificado de las muestras experimentales añadiendo las cenizas de coronta de maíz (CCM) y cal.**

**Tabla 20:** *Compactación de suelos en laboratorio - Proctor Modificado del suelo natural C-3 y de las muestras experimentales añadiendo las cenizas de coronta de maíz (CCM) y cal*

MUESTRAS	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
Muestra Suelo Natural C-3	1.97	9
C-3 adicionando 1% CCM + 1% Cal	1.91	12.5
C-3 adicionando 2% CCM + 2% Cal	1.89	13
C-3 adicionando 3% CCM + 3% Cal	1.88	15

*Nota:* Compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada (Proctor modificado)

**Figura 10:** Compactación de suelos en laboratorio - Proctor Modificado del suelo natural C-3 y de las muestras experimentales añadiendo las cenizas de coronta de maíz (CCM) y cal.

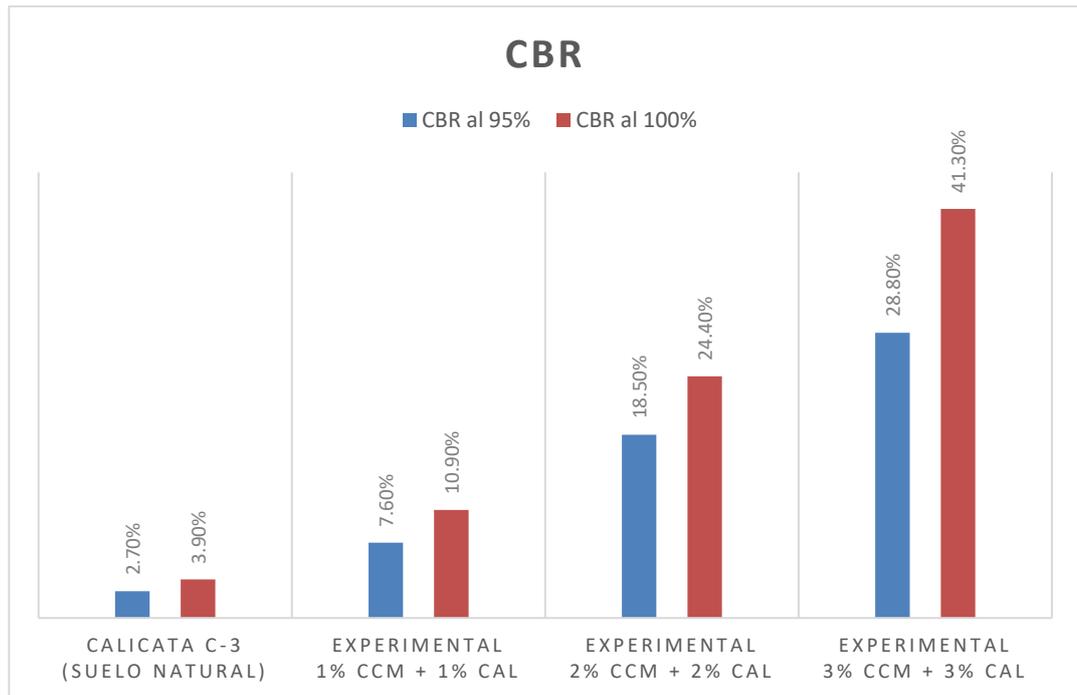


*Nota:* Compactación de suelos en laboratorio usando una energía modificada (Proctor modificado).

Se tiene que adicionando 1%CCM + 1%Cal, el óptimo contenido de humedad (OCH) aumenta en 12.5% mientras que su máxima densidad seca (MDS) reduce 1.97 gr/cm<sup>3</sup>, adicionando 2%CCM + 2%Cal, el óptimo contenido de humedad (OCH) aumenta en 13% mientras que su máxima densidad seca (MDS) reduce 1.89 gr/cm<sup>3</sup> y adicionando 3%CCM + 3%Cal, el óptimo contenido de humedad (OCH) aumenta en 15% mientras que su máxima densidad seca (MDS) reduce 1.88 gr/cm<sup>3</sup>.

- **CBR de las muestras experimentales añadiendo las cenizas de coronta de maíz (CCM) y cal.**

**Figura 11:** CBR de las muestras experimentales y el suelo natural C-3



*Nota:* CBR de las muestras experimentales y el suelo natural C-3 realizado en el laboratorio de suelos, de acuerdo al MTC – E 132-2016.

Según los resultados presentados en la figura anterior, demuestra que al adicionar 1%CCM + 1%Cal el CBR al 100%, aumenta a 10.9%, al adicionar 2%CCM + 2%Cal el CBR al 100%, aumenta a 24.4% y al adicionar 3%CCM + 3%Cal el CBR al 100%, aumenta a 41.3%, el cual ésta última adición representa datos favorables que cumplen con el parámetro de seguridad.

### 3. Determinar el porcentaje óptimo de cenizas de coronta de maíz y cal.

Para determinar la proporción óptima de ceniza de coronta de maíz y cal, y sea adicionado al suelo en estudio, se definió agregar diferentes cantidades de ceniza con relación al peso del suelo seco.

**Tabla 21:** *Combinación de materiales de acuerdo a su proporción para las mezclas de suelo, cal y CCM*

Combinación	Porcentaje de suelo	Porcentaje de coronta de maíz	Porcentaje de cal	Simbología
Suelo Arena Arcillosa con Grava	100	0	0	SC
Ceniza de coronta de maíz	0	100.00	100.00	CCM
Combinación 1 (Muestra Experimental N° 1)	100.00	1.00	1.00	V02-2023-01
Combinación 2	100.00	2.00	2.00	V02-2023-02

(Muestra

Experimental N° 2)

Combinación 3	100.00	3.00	3.00	V02-2023-03
---------------	--------	------	------	-------------

(Muestra

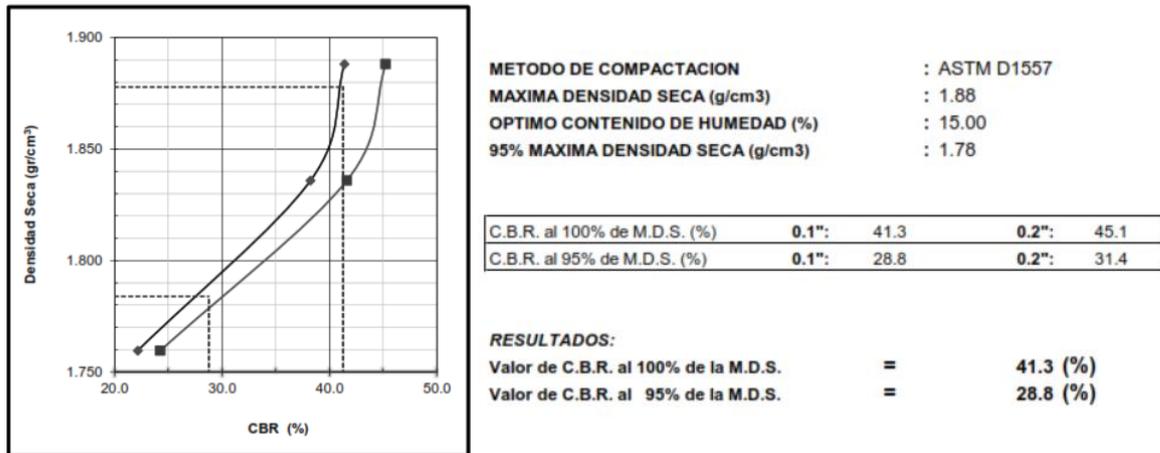
Experimental N°3)

---

Según los resultados obtenidos, se tiene de la Calicata N° 03, que el CBR al 100% de M.D.S. 3.9 (%), lo cual es muy bajo, por ello se ha trabajado en forma de experimentación usando el suelo de la calicata N°03 combinándolo con la CCM y cal.

De acuerdo a los resultados obtenidos del CBR de las 03 combinaciones, tenemos que los porcentajes de la combinación N° 03 es el más óptimo, ya que en el CBR se obtuvo un favorable resultado de 41.3% al 100% de la Máxima Densidad Seca para 0.1" de penetración y 28.8% al 95% de la M.D.S. Según se aprecia en la imagen siguiente:

**Figura 12:** CBR de la muestra experimental N°03 adicionando 3% de CCM y 3% de Cal



**Fuente:** Estudio de CBR elaborado en el laboratorio de mecánica de suelos

Entonces, la Combinación optima de materiales de acuerdo a su proporción para las mezclas de suelo, cal y CCM es la combinación N° 03, 3% de CCM y 3% de Cal.

**4. Comparar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante natural y adicionando ceniza de coronta de maíz y cal.**

**Comparación de las propiedades físicas:**

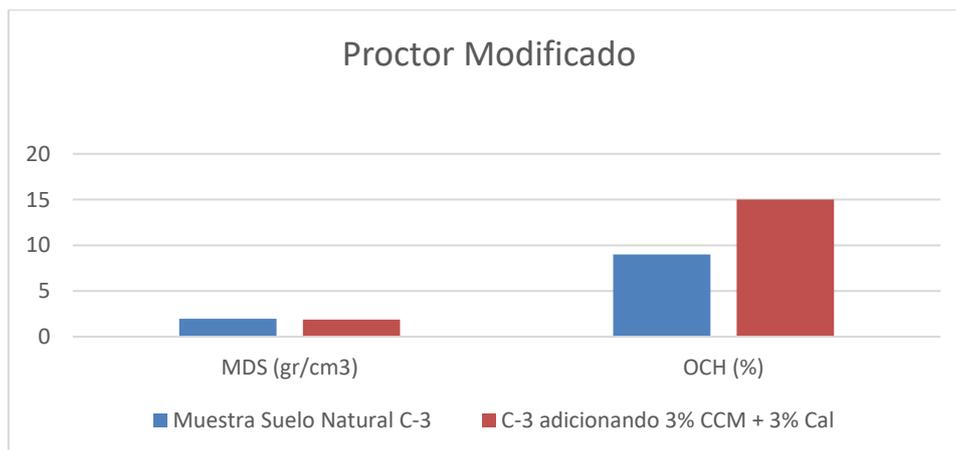
- **PROCTOR MODIFICADO:** Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada.

**Tabla 22:** Proctor Modificado de la muestra C-3 y C-3 adicionando CCM+Cal

MUESTRAS	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	OCH (%)
Muestra Suelo Natural C-3	1.97	9
C-3 adicionando 3% CCM + 3% Cal	1.88	15

*Nota:* Ensayo de Proctor modificado en el laboratorio de mecánica de suelos, de acuerdo a la MTC E 115-2016.

**Figura 13:** Proctor Modificado de la muestra C-3 y C-3 adicionando CCM+Cal

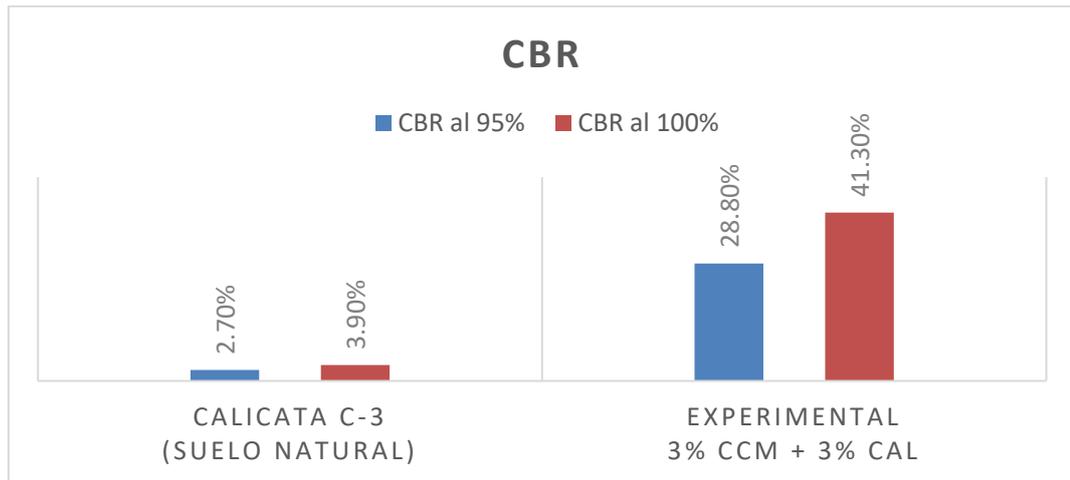


*Nota:* Diferencia del ensayo de Proctor modificado en el laboratorio de mecánica de suelos, de acuerdo a la MTC E 115-2016.

Se evidencia que al adicionar 3% CCM + 3% Cal, varía las características físicas del suelo, ya que aumenta el Optimo Contenido de Humedad de 9% en su estado natural a 15%.

- **CBR: Capacidad portante de suelos**

**Figura 14:** Comparación del CBR del suelo natural de la C-3 y la Muestra Experimental 3%CCM y 3%Cal



*Nota:* Diferencia del CBR en el laboratorio de mecánica de suelos, de acuerdo a la MTC E 132-2016.

Se aprecia el CBR del suelo adicionado con 3% de CCM + 3% cal con un porcentaje superior al suelo en su estado natural. Por lo tanto, se puede definir que, se ha obtenido un eficiente mejoramiento de suelo, ya que la resistencia o capacidad portante del suelo aumentó del 3.9% al 41.3%.

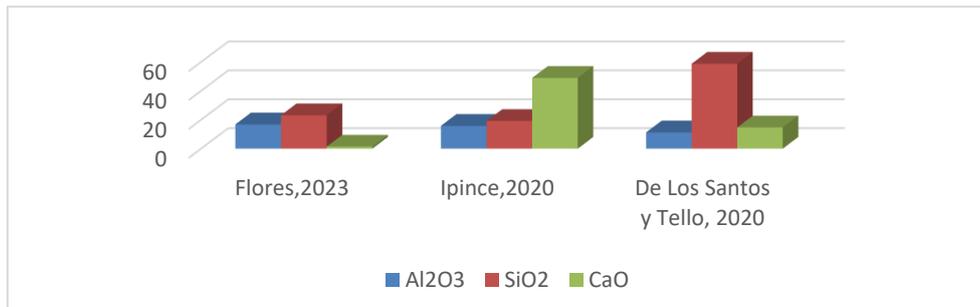
## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### DISCUSIÓN

#### **Objetivo Especifico 1:**

- El análisis químico indica que las cenizas de coronta de maíz tienen propiedades químicas semejantes al cemento, por lo que favorecen en el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante.
- La suma de las concentraciones químicas de las cenizas de coronta de maíz es bastante menor que 100%. Es muy probable que la muestra contenga un alto porcentaje de compuestos orgánicos que contienen O, C, H y otros elementos ligeros como Mg, que la técnica de FRXDE no puede identificar.
- Ipince, 2020 señala la composición química de la ceniza de coronta de maíz, en la cual, los elementos que mayor predomina es el CaO con un 49%, luego SiO<sub>2</sub> con 19.2% y AlO<sub>3</sub> con un 15.8%, mientras que en el presente estudio se ha obtenido lo siguientes resultados; CaO con un 1.4%, luego SiO<sub>2</sub> con 23.147% y AlO<sub>3</sub> con un 23.15% y cabe mencionar que lo que mayormente predomina es el K<sub>2</sub>O con un 38.7%, indicarían que las cenizas fueron sometidas a mayores temperaturas, a diferencia de las cenizas que en el presente estudio se ha elaborado.
- De los santos y Tello, 2020, señalan que la composición química de la ceniza de coronta de maíz, en la cual, los elementos que mayor predomina es el SiO<sub>2</sub> con un 58.8%, luego CaO con 14.68%, y AlO<sub>3</sub> con un 11.25%.

**Figura 15:** Comparación con otros autores de los componentes químicos mas importantes de la ceniza de coronta de maíz.



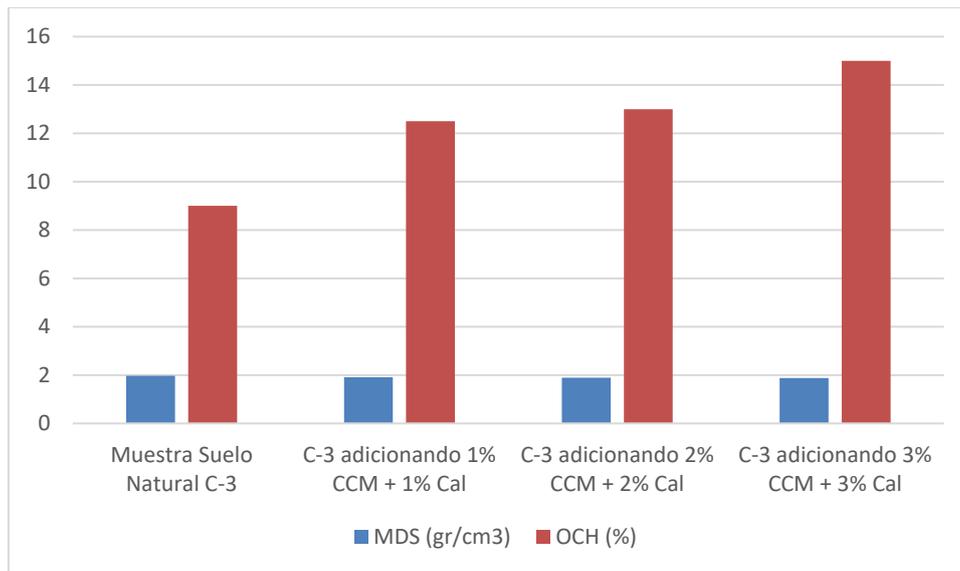
*Fuente:* Elaboración propia.

### Objetivo Especifico 2:

- Con los ensayos de laboratorio nos muestra que el suelo es arena arcillosa con grava, y tiene una plasticidad media, dicha muestra al ser mezclada con CCM+cal, tiene cambios en sus propiedades físicas y mecánicas.
- El ensayo Proctor Modificado, se realizó 03 especímenes con las adiciones de CCM+cal, y 01 especimen es de la muestra del suelo natural C-3, cuyos valores son: la MDS es 1.97 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 9%, mientras que al adicionar 1% CCM + 1% Cal, la MDS es 1.91 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 12.5%, en la adición de 2% CCM + 2% Cal, la MDS es 1.89 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 13%, y en la adición de 3% CCM + 3% Cal, la MDS es 1.88 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 15%. A continuación, se muestra el resumen de resultados obtenidos, se observa que la MDS desciende ligeramente, este resultado es similar al estudio de Rosales (2020), quien también utilizó ceniza de coronta de maíz, así mismo también se observa que el OCH aumenta cuando se añade más

cantidad de CCM+cal, Moale y Rivera (2019), señalan que la cal, es un agente estabilizante el cual posee propiedades de absorción de agua.

**Figura 16:** Comparación de MDS y OCH de la muestra C-3 y muestras C-3 adicionando 03 dosificaciones distintas de CCM y cal.

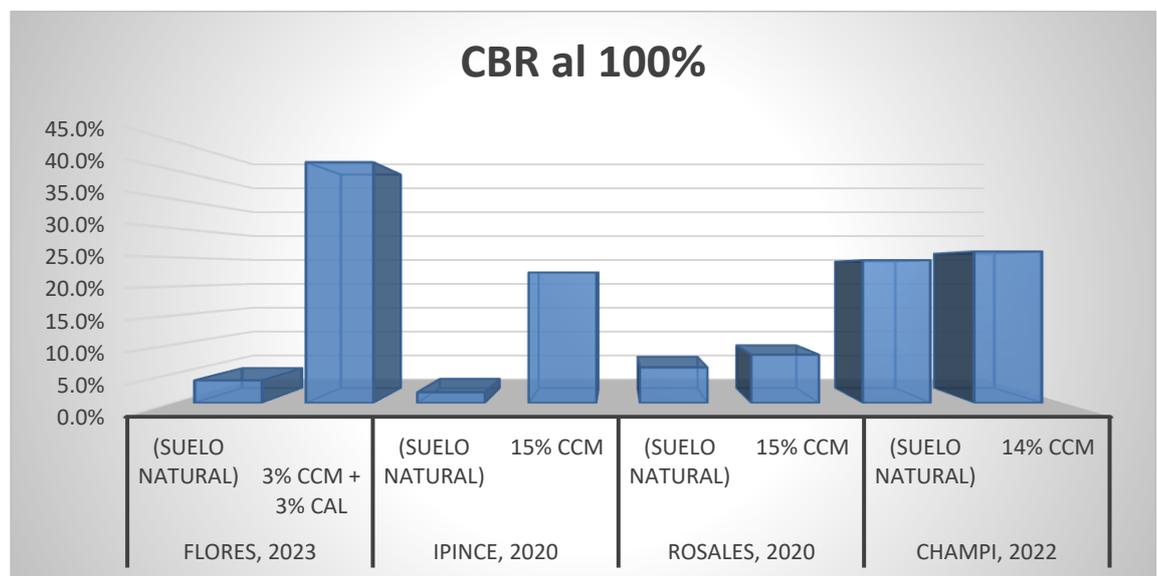


**Nota:** ensayos de MDS y OCH obtenidos en el laboratorio de mecánica de suelos.

- El CBR del suelo natural de la calicata N°03 es de 3.90 %, el cual indica que el suelo de la zona, para ser usado como subrasante es inadecuado, por lo que, dicho suelo al ser adicionado el 3% de CCM y 3% de cal, aumenta su CBR de 3.9% a 41.30%. cumpliendo con los parámetros establecidos, esto demuestra que por su contenido de silicio, aluminio y cal que tienen los aditivos CCM+Cal la muestra del suelo, mejore la durabilidad y su resistencia.
- Mientras que en los resultados de Ipince (2020), señala que al añadir 15% de ceniza de coronta de maíz a un suelo con baja resistencia, el CBR aumentó de 1.84% a 22.4%.

- En los resultados de Rosales, 2020. Menciona que, adicionando 15% ceniza de coronta de maíz, aumentó el CBR de 6.10% a 8.30%.
- Champi, 2022, los resultados que obtuvo en el CBR al adicionar 14% de ceniza de coronta de maíz al suelo en su estado natural, aumentó de 24.5% a 26% y al adicionar ceniza de cascara de mani, aumentó el CBR de 24.5% a 26.4%

**Figura 17:** Comparación con otros autores de ensayo de CBR del suelo natural y adicionando ceniza de coronta de maíz CCM + cal.



**Fuente:** elaboración propia.

### Objetivo Especifico 3:

- El porcentaje más óptimo es de la muestra experimental N° 03, que consta el suelo natural adicionado el 3% de CCM + 3% de Cal, ya que por el resultado con mayor porcentaje de CBR, es de 41.30%. Mientras que adicionando 2% CCM + 2% Cal y 1% CCM +1% Cal, arroja un resultado de 10.9 en el CBR al 100%, cuyo valor no es muy favorable según los parámetros que se requieren de un suelo para una carretera.

- Para Rosales, 2020 que utilizó 5%,10% y 15% de ceniza de coronta de maíz CCM, de acuerdo a sus resultados en el CBR indica que utilizando el 15% de CCM es el porcentaje óptimo.
- Champi, 2022. Indica que utilizó 11%, 12%, 13% y 14% de ceniza de coronta de maíz CCM, y el CBR con mayor valor fue al adicionar 14% de CCM, ya que aumento de 24.5% a 26%.
- Ipince (2020), señala que al añadir 15% de ceniza de coronta de maíz a un suelo con baja resistencia, el CBR aumentó de 1.84% a 22.4%.

#### **Objetivo Especifico 4:**

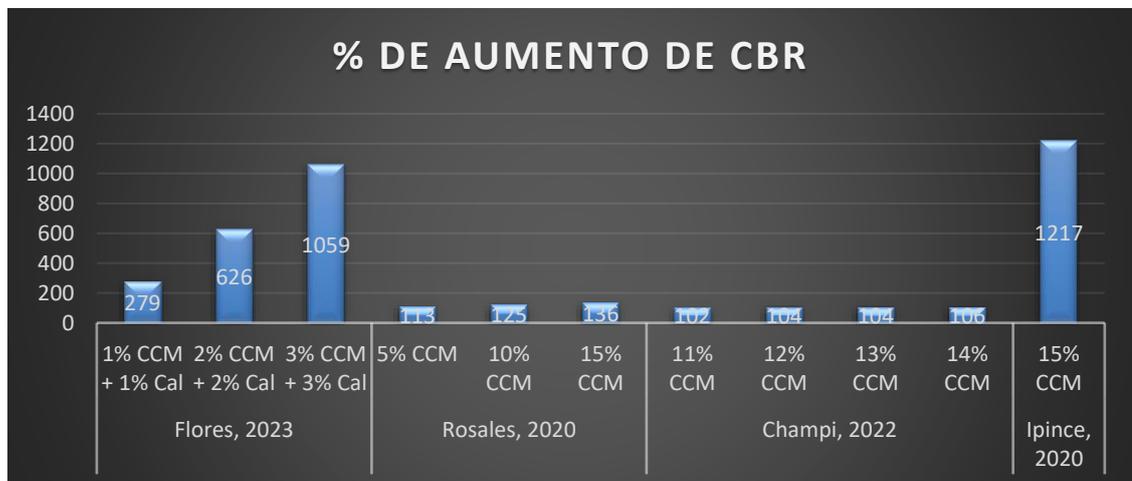
- La sub rasante natural de la carretera longitudinal de Conchucos presenta tramos con suelos deficientes cuyo CBR no cumplen con lo establecido en el manual de carreteras, la calicata C-3 es un suelo que tiene un valor de 3.90% de CBR al 100%, mientras que esta misma muestra de suelo se utilizó para las muestras experimentales donde se obtuvieron resultados favorables adicionando 1% CCM + 1% Cal, 2% CCM + 2% Cal y 3% CCM + 3% Cal, los resultados fueron favorables en el CBR al 100%, siendo 10.9%, 24.4% y 41.30%, respectivamente. Sin embargo, la muestra experimental (1% CCM + 1% Cal) cuyo valor de CBR al 100% es de 10.9%, el cual no es favorable siendo un valor que no cumple adecuadamente con lo establecido en el Manual de Carretera.
- Rosales, 2020. Sus resultados indican que al utilizar 5%, 10%, 15% de CCM, el ensayo de CBR, aumentó de 6.1% (suelo natural) a 6.9%, 7.6% y 8.30%, respectivamente. Por lo tanto, se puede apreciar que el CBR aumenta, a diferencia

del presente estudio el resultado de Rosales no supera el valor, es probable que debido a que en esta investigación se adicionó la cal para mejorar las características del suelo, sin embargo, el CBR del estudio de Rosales.

- Champi, 2022. Utilizó 11%, 12%, 13% y 14% de ceniza de coronta de maíz CCM, y los resultados de CBR al 100% son de 24.5 (suelo natural) aumentó a 25.1%, 25.4%, 25.6% y 26%, respectivamente, y cumple con lo establecido en el manual de carretera.
- Ipince (2020), también utilizó 15% de ceniza de coronta de maíz a un suelo con baja resistencia, y el CBR aumentó de 1.84% a 22.4%, el cual indica que la CCM es un buen material estabilizante, pero el resultado no se adecua con lo establecido en la NTP 339.145:1999. Sus resultados indican que el incremento es también elevado al igual que el presente estudio de investigación.

A continuación, se presenta la figura que representa una comparación de porcentajes del aumento del CBR con el de otros autores que tuvieron resultados favorables.

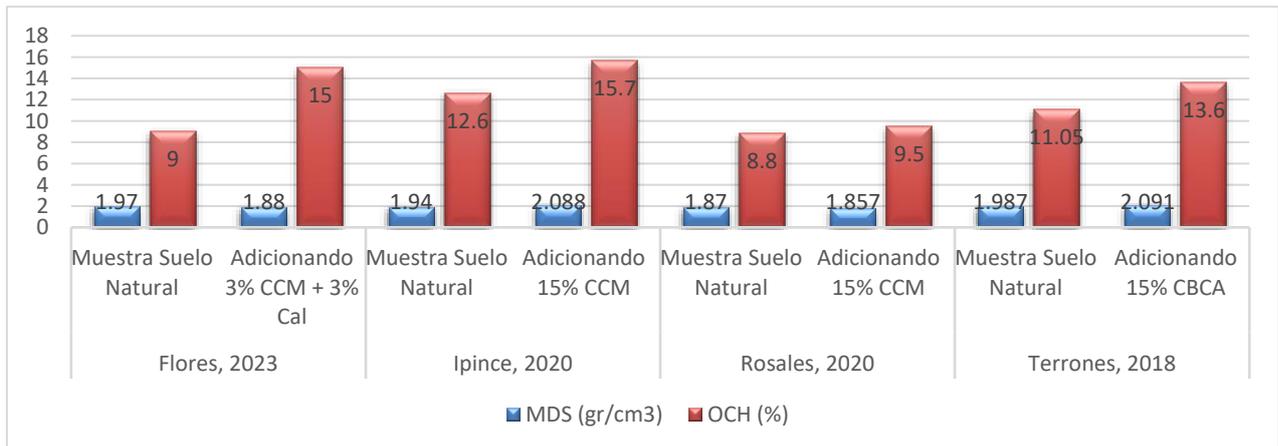
**Figura 18:** Comparación del Porcentaje de aumento de CBR con otros autores.



*Fuente:* Elaboración propia.

- Al adicionar 3% CCM + 3% Cal, varía las características físicas del suelo, en el ensayo Proctor Modificado de la muestra del suelo natural C-3, la MDS es 1.97 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 9%, mientras que al adicionar 3% CCM + 3% Cal, la MDS es 1.88 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 15%. Lo que indica que conforme se añade CCM+cal al suelo, éste requiere de más agua para su óptimo contenido de humedad, y la MDS disminuye, al igual que en la investigación de Rosales (2020), esto es debido a que la CCM ha tenido presencia de elementos orgánicos y humedad, por lo cual, en el ensayo Proctor, el secado en horno a 110°C elimina la humedad y genera que los elementos orgánicos cambien las propiedades químicas y físicas de la muestra de suelo.
- Para Rosales (2020), en el ensayo Proctor Modificado de la muestra del suelo natural, la MDS es 1.87gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 8.8%, mientras que al adicionar 15% CCM, la MDS es 1.857gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 9.5%.
- Mientras que Ipince, 2020. En su investigación, en donde muestra que el ensayo Proctor Modificado de la muestra del suelo natural, la MDS es 1.94gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 12.6%, que al adicionar 15% CCM, la MDS es 2.088 gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 15.7%.
- Terrones (2018), en el ensayo Proctor Modificado de la muestra del suelo natural, la MDS es 1.987gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 11.05%, mientras que al adicionar 15% CBCA, la MDS es 2.091gr/cm<sup>3</sup> y su OCH es 13.60%.

**Figura 19:** Comparación con otros autores de ensayo Proctor Modificado (MDS y OCH) del suelo natural y adicionando ceniza de coronta de maíz CCM + cal.



*Nota:* Elaboración propia.

### LIMITACIONES

En los trabajos de investigación, a nivel experimental, siempre se presentarán diversas limitaciones, durante este estudio de investigación se pudo tener las siguientes limitaciones:

- La ceniza de coronta de maíz CCM ha presentado material orgánico y humedad, el cual, expone y compromete a que las muestras tengan reacciones químicas durante el proceso de los ensayos.
- Entre las limitaciones también se menciona a la realización de las calicas C1, C2 y C3, si bien es cierto la carretera longitudinal de Conchucos presenta deficiencias en la subrasante en todo el tramo de acceso y se tenía que hacer un recorrido de kilómetros identificando los puntos más críticos.

- Para el ensayo Proctor modificado, de acuerdo al principio del método, implica que la muestra sea llevada al horno a 110 °C, pero si la muestra presenta material orgánico y humedad, los resultados no son confiables.

### **CONCLUSIONES**

- El alto contenido de silicio y aluminio favorece al suelo, ya que funciona como un material cementante que mejora la capacidad portante del suelo.
- La adición de 3% de CCM y 3% de cal al suelo natural de tipo arcilloso, aumenta grandemente los valores de CBR, y el ensayo de Proctor Modificado, cumpliendo con los parámetros establecidos, por lo tanto, las cenizas de coronta de maíz con la cal, contribuye en las propiedades físicas y mecánicas de suelos con baja resistencia
- El porcentaje más óptimo es de la muestra experimental N° 03, que consta el suelo natural adicionado el 3% de CCM + 3% de Cal, ya que por el resultado con mayor porcentaje de CBR al 100%, es de 41.30%.
- La sub rasante de la carretera longitudinal de Conchucos presenta tramos con suelos deficientes cuyas propiedades físicas y mecánicas no cumplen con lo establecido en el manual de carreteras, la calicata C-3 es un suelo con muy poca resistencia, mientras que adicionando 3% de CCM + 3% de Cal, se convierte en un suelo con muy favorables propiedades y óptimas condiciones para ser pavimentado.

### **RECOMENDACIONES**

- En los análisis químicos de la ceniza de coronta de maíz se recomienda realizar un análisis por difracción de rayos X, ya que se podrá identificar si la muestra

contiene elementos orgánicos, así mismo se recomienda realizar el análisis térmico diferencial para determinar qué temperatura es la más adecuada calcinar la coronta de maíz.

- Se recomienda usar altos grados en la calcinación para eliminar los compuestos orgánicos, de este modo obtener un mejor material para mejorar suelos.
- En futuras investigaciones se recomienda utilizar otros desechos que abundan en nuestro medio ambiente, y que podría reutilizarse para mejorar la calidad de los suelos a fin de cumplir con los lineamientos establecidos en la NTP, de este modo contribuir en la investigación de la ingeniería.
- Se recomienda realizar estudios empleando las cenizas de coronta de maíz con cal con proporciones superiores al 3% de cada elemento.

## REFERENCIAS

Aguilar Castañeda Catherine Gisella (2015) Revisión del Estado del Arte del Uso de Polímeros en la Estabilización de Suelos. *Universidad Santo Tomás - Facultad de Ingeniería Civil Bogotá D.C.* Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/3923/Bordayeraldin2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (consultado el 12 de julio de 2022).

Altamirano Navarro, Genaro José y Diaz Sandino, Axel Exequiel. (2015) Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Unan-Managua - Facultad de Ciencias e Ingenierías. Trabajo Monográfico Para Optar al Título De Ingeniero Civil.* Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/6456/1/51667.pdf> (consultado el 25 de julio de 2022).

Behak y Peres (2021) Caracterización de un material compuesto pro suelo arenoso, ceniza de cascara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. (consultado el 19 de junio 2022).

Bueno y Torre (2019) Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz. tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, *Universidad Cesar Vallejo.*

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40554>  
(consultado el 18 de julio 2022).

Champi Lunasco, Kleider Giosmar y Garcia Angulo, Jonathan (2022) Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera IC-1110171, Ica-2022. tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, *Universidad Cesar Vallejo*. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98857/Champi\\_LKG-Garcia\\_AJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/98857/Champi_LKG-Garcia_AJJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consultado el 19 de julio 2022).

Cobos Molina, Mario Alejandro, Ortegon Ramirez, Carol y Peralta Zarrate Juan Camilo (2019) Caracterización del Comportamiento Geotécnico de Suelos de Origen volcánico Estabilizados con Cenizas Provenientes de Cáscarade Coco y Ciscode Café. *Universidad Cooperativa de Colombia Facultad de Ingeniería Civil*. Disponible en: <https://docplayer.es/197335899-Characterizacion-del-comportamiento-geotecnico-de-suelos-de-origen-volcanico-estabilizados-con-cenizas-provenientes-de-cascara-de-coco-y-cisco-de-cafe.html>  
(consultado el 19 de junio 2022).

Cubas Benavides, Kevin y Falen Chávez Arroyo, José Carlos (2016). Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina

y aplicación en carreteras no pavimentadas. *Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil.* Disponible en: [https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3134/20170605165810XaaY\\_1000193270\\_5606\\_2040\\_152727574.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/3134/20170605165810XaaY_1000193270_5606_2040_152727574.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consultado el 10 de julio 2022).

Das, Braja. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4ta. Ed. Mexico: Cengage Learning editores, 2013. 636 pp. ISBN: 978-1-1-111-57675-2 (consultado el 25 de julio de 2022).

De los Santos Vargas, Juan Nicolas y Tello Loarte, Eveli Yasmén. (2020) Aplicación de ceniza de maíz en el mortero para el diseño de muros portantes en la vivienda unifamiliar, Carapongo - 2020. *Universidad Cesar Vallejo - Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Tesis Para Optar al Título De Ingeniero Civil.* (consultado el 27 de mayo de 2023).

García Mendoza, Pedro José (2017) El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. Nota científica. Disponible en: <file:///C:/Users/obeso/Downloads/65-Texto%20del%20art%C3%ADculo-557-1-10-20200609.pdf> (consultado el 25 de julio de 2022).

Guzmán (05 de diciembre de 2015) La red vial es imprescindible para el desarrollo y crecimiento de un país. *Universidad de Piura*. Disponible en: <https://www.udep.edu.pe/hoy/2015/12/la-red-vial-es-imprescindible-para-el-desarrollo-y-crecimiento-de-un-pais/> (consultado el 19 de junio de 2022).

Herrera y Montañez (2016): Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de Suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas. Mejora de las propiedades del concreto con adición de residuos de maíz calcinado (consultado el 20 de junio 2022).

Ipince Cuevas, Hector Alonso (2019) Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019.  
tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, *Universidad Cesar Vallejo*. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48544/Ipince\\_CHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/48544/Ipince_CHA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consultado el 22 de julio de 2022).

López y Zapata (2021). Estabilización de suelo con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante en el distrito – Tumbes. Tesis para obtener el título

profesional de ingeniero civil, *Universidad Cesar Vallejo*. Disponible en:  
Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81333>  
(consultado el 20 de junio 2022)

McCormick (14 de mayo de 2020) Todos los datos actualizados sobre la producción de  
maíz en el mundo. Disponible en: [https://www.mccormick.it/es/todos-los-  
datos-actualizados-sobre-la-produccion-de-maiz-en-el-mundo/](https://www.mccormick.it/es/todos-los-datos-actualizados-sobre-la-produccion-de-maiz-en-el-mundo/) (consultado el  
10 de junio 2022).

Moale Quispe, Alexandra Brigitte y Rivera Justo, Eddy Josías (2019) estabilización  
química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías  
terrestres de la localidad de Villa Rica. *Universidad Peruana de Ciencias  
Aplicadas - Facultad de Ingeniería. Tesis Para Optar al Título De Ingeniero Civil*.  
(consultado el 12 de julio de 2022).

Ministerio de Economía y Finanzas (2015). Pautas metodológicas para alternativas  
técnicas de pavimentos en PIP de carretera.  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/  
RD003-2015/Pautas\\_Pavimentos.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf) (consultado el 20 de junio 2022).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos. (consultado el 20 de junio 2022).

Plan Bicentenario CEPLAN (2011), Disponible en: [https://www.ceplan.gob.pe/wp-content/uploads/files/Documentos/plan\\_bicentenario\\_ceplan.pdf](https://www.ceplan.gob.pe/wp-content/uploads/files/Documentos/plan_bicentenario_ceplan.pdf) (consultado el 20 de junio 2022).

Ramos Michell Bruan y Illidge Quintero (2017) Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento. *Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería Civil*. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_civil/117/](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/117/) (consultado el 20 de junio 2022).

Rosales Castillo, Frank Jossimar (2019) Evaluación de las propiedades de la subrasante con baja capacidad portante adicionando ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní, VMT 2019. tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, *Universidad Cesar Vallejo*. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77646/Rosales\\_CFJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77646/Rosales_CFJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (consultado el 05 de enero de 2023).

Suarez Manuel (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros.

Chiclayo. Disponible en:

[https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa\\_de\\_Investigaci](https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci)

(consultado

Valdivia Salomon, Fedor Amaru y Quijano Chavez, Débora María Milagros (2021)

“Estabilización de subrasante adicionando ceniza de carbón y tusa de maíz en  
trocha carrozable Lomaspata - Coracora, distrito Coracora, Ayacucho – 2021.

tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil, *Universidad Cesar*

*Vallejo*.

Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86459/Quijano\\_](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86459/Quijano_)

CDMM-Valdivia\_SFA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y (consultado el 22 de

julio de 2022).

Wibowo, D., Ramadhan, D., Endaryanta, Prayuda, H. (2023). Soil stabilization using

rice husk ash and cement for pavement subgrade materials

## ANEXOS

### Anexo N° 01



*Cal utilizado en la adición de la muestra del suelo de la calicata C-3.*

**Anexo N° 02**



*Quemado de coronta de maíz, para obtener las cenizas CCM.*

**Anexo N° 03**



*Calicatas 2 y 3 en la carretera longitudinal de Conchucos.*

**Anexo N° 04**



*Calicatas 1 en la carretera longitudinal de Conchucos.*

**Anexo N° 05**



*Contenido de Humedad de la Calicata 3*

**Anexo N° 06**



*Contenido de Humedad de la Calicata 1 y 2*

**Anexo N° 07**



*Proceso de Secado de la Calicara 1*

**Anexo N° 08**



*Proceso de Secado de la Calicara 2*

**Anexo N° 09**



*Proceso de Secado de la Calicara 3*

**Anexo N° 10**



*Proceso de tamizado de las muestras de la calicata*

**Anexo N° 11**



*Proceso de Límite Líquido y Límite plástico*

**Anexo N° 12**



*Proceso del método del cuarteo*

**Anexo N° 13**



*Proceso de Compactación para el CBR y Proctor*

**Anexo N° 14**



*Proceso de agregado de cal y ceniza de coronta.*

## **Anexo N° 15: Resultado del ensayo de la coronta de maíz por FRXDE**



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N° 04 - LAQ/2023**

### **Análisis de ceniza de coronta de maíz por FRXDE**

#### **Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) esta muestra de ceniza de coronta de maíz a pedido del Bach. **Flores Valverde, Yeffer Jesús**, como parte de su proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil a ser sustentada en la Universidad Privada del Norte, que se titula:

**“Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Conchucos, Ancash”**

.La muestra de coronta de maíz fue tratada térmicamente al aire libre y está en la forma de grano grueso de color negro.

#### **Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo de 500 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 1500 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo





## UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

### FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Laboratorio de Arqueometría

L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X dispersados de oro por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada “Suelo de San Joaquín” adquirida de la NIST.

#### Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de coronta d maíz. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón (Ar), que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En este espectro se observa un pico de Ar intenso, lo cual puede indicar que el Ar del aire se ha difundido dentro de la muestra. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico del elemento y la energía del rayo-X. La Tabla 1. muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en una muestra calcinada con elementos con números atómicos mayores que 12. La suma de estas concentraciones es bastante menor que 100%. Es probable que la muestra todavía contenga un alto porcentaje de compuestos orgánicos que contienen O, C, H y otros elementos ligeros como Mg que esta técnica no puede identificar. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

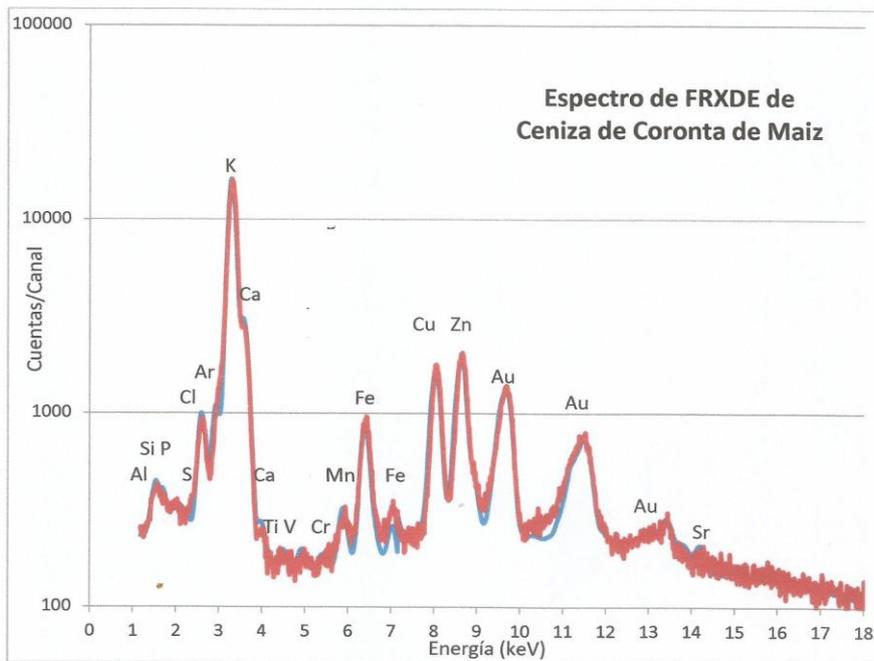


Figura 1. Espectro de FRXDE de ceniza de coronta de maíz tratada térmicamente en escala semi-logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

Tabla 1. Composición elemental de ceniza de coronta de maíz en % de la masa total.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.950	16.789
SiO <sub>2</sub>	15.096	23.147
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4.835	7.412
SO <sub>2</sub>	1.109	1.700
ClO <sub>2</sub>	6.210	9.521
K <sub>2</sub> O	25.240	38.699
CaO	0.919	1.409
TiO <sub>2</sub>	0.040	0.061
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.034	0.052
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.013	0.020
MnO	0.061	0.093
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.227	0.348
CuO	0.255	0.392
ZnO	0.222	0.340
SrO	0.011	0.016
Total	65.221	100.00

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos.....  
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 16 de mayo del 2023

**Anexo N° 16: Resultados de ensayos en laboratorio de mecánica de suelos**



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maiz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash  
Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

DATOS DE LA MUESTRA		Progresiva	--			
Calicata			C-1			
Material			Subrasante			
Muestra			mab-01			
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"		100.0			
	2"		100.0			
	1 1/2"		93.9			
	1"		82.4			
	3/4"		75.5			
	3/8"		68.7			
	# 4		62.6			
	# 10		56.8			
	# 20		53.0			
	# 40		49.4			
# 60		48.3				
# 140		42.9				
# 200		40.0				
Coef. de Uniformidad Cu			--			
Coef. de Curvatura Cc			--			
Porcentaje de Material	Grava		37.4			
	Arena		22.6			
	Finos		40.0			
Mitad de Fracción Gruesa			30.0			
Limites de	L.L.		23			
	L.P.		15			
Consistencia I.P.			8			
Humedad Natural (%)			11			
Indice de Grupo	IG - LL		0.58			
	IG - IP		-0.50			
	Indice de Grupo		0			
Clasificación AASTHO			A-4(0)			
Clasificación SUCS			GC			
Descripción			Grava arcillosa con arena			

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 42332



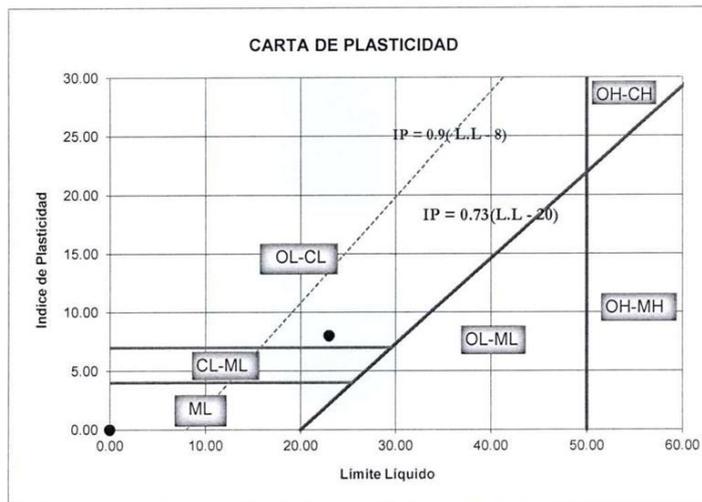
**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-002-2023**

**UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD**

Proyecto	: Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash		
Solicita	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Técnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: -.-	Progresiva	: -.-
Calicata	: C-1	Muestra	: mab-01
		Material	: Subrasante
		Profundidad	: mab-01



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° Eijo Alejandro Milta Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**  
 (MTC E 108-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash  
 Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
 Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
 Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : -- Material : Subrasante  
 Calicata : C-1 Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 1.50 m

DESCRIPCION			M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	g.	Mcws	267.08	236.53
Peso Suelo Seco + Contenedor	g.	Mcs	243.77	215.48
Peso Contenedor	g.	Mc	22.43	23.26
Peso Partículas Sólidas (Ms=Mcs-Mc)	g.	Ms	221.34	192.22
Peso del Agua (Mw=Mcws-Mcs)	g.	Mw	23.31	21.05
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	%	w	10.53	10.95

<b>Humedad Promedio (%)</b>	<b>11</b>
-----------------------------	-----------

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42932

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**  
 (MTC E 107-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto : Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash  
 Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
 Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
 Técnico : H.L.A

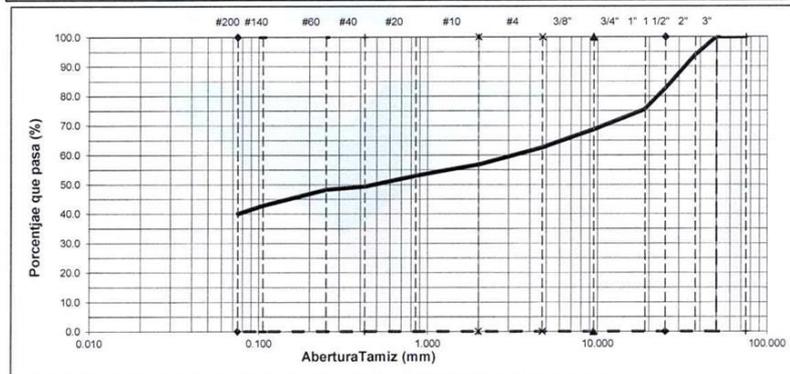
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : -- Material : Subrasante  
 Calicata : C-1 Muestra : mab-01 Tamaño Máximo: 2"

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Masa Inicial Seca (gr) = 4629.70 Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.0  
 Masa Lavada y Seca (gr) = 2799.66 Masa de Material Grueso (gr) = 1998.00  
 Masa Retenido 3"(gr) = 0.00 % que pasa N° 200 = 40.01

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO	
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0
2"	50.000	0.00	0.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	281.10	6.07	6.1	93.9
1"	25.000	532.90	11.51	17.6	82.4
3/4"	19.000	319.60	6.90	24.5	75.5
3/8"	9.500	314.90	6.80	31.3	68.7
# 4	4.750	281.80	6.09	37.4	62.6
# 10	2.000	267.70	5.78	43.2	56.8
# 20	0.850	8.70	3.80	47.0	53.0
# 40	0.425	8.30	3.63	50.6	49.4
# 60	0.250	2.50	1.09	51.7	48.3
# 140	0.106	12.40	5.42	57.1	42.9
# 200	0.075	6.60	2.89	60.0	40.0
< 200	Fondo	1.10	0.48	60.5	39.5



% GRAVA	37.4	% Gruesa :	24.5	D60 (mm) =	3.501
		% Fina :	12.9	D30 (mm) =	0.000
% ARENA	22.6	% Gruesa :	5.8	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	7.4	Coef. Unif. (Cu) =	--
% FINOS	40.0	% Fina :	9.4	Coef. Conc. (Cc) =	--

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing° Elio Alejandro Millia Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 RES. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
 Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



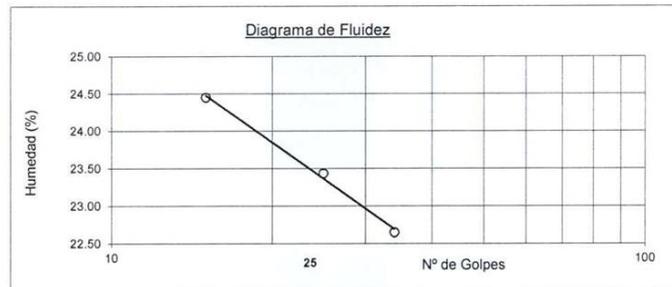
**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**  
(MTC E 110 y MTC E 111 - 2016)

		Solicitud N°	V-002-2023
Proyecto	Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash		
Solicita	Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	enero 2023
Lugar	Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	H.L.A
		Técnico	H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	-.-	Progresiva	-.-
Calicata	C-1	Muestra	mab-01
		Material	Subrasante
		Profundidad	0.00 - 1.50 m

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, MTC E110**

N° de golpes	15	25	34
P.Suelo Húmedo+Rec.	29.71	29.16	30.47
P.Suelo Seco+Rec.	27.15	26.84	27.94
Peso del Recipiente	16.68	16.94	16.77
Peso Suelo Seco	10.47	9.90	11.17
Peso del Agua	2.56	2.32	2.53
C. de Humedad %	24.45	23.43	22.65



**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.P) - MTC E111**

P.Suelo Húmedo+Rec.	26.30	24.20
P.Suelo Seco+Rec.	24.81	22.68
Peso del Recipiente	14.78	12.52
Peso Suelo Seco	10.03	10.16
Peso del Agua	1.49	1.52
C. de Humedad %	14.86	14.96

Límite Líquido = **23**

Límite Plástico = **15**

Índice Plasticidad = **8**

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° Elio Alejandro Milla Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG° CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE  
SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL  
EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
(PROCTOR MODIFICADO)**  
(MTC E115 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de  
Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash Fecha : enero 2023  
Solicitado : Yeffer Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

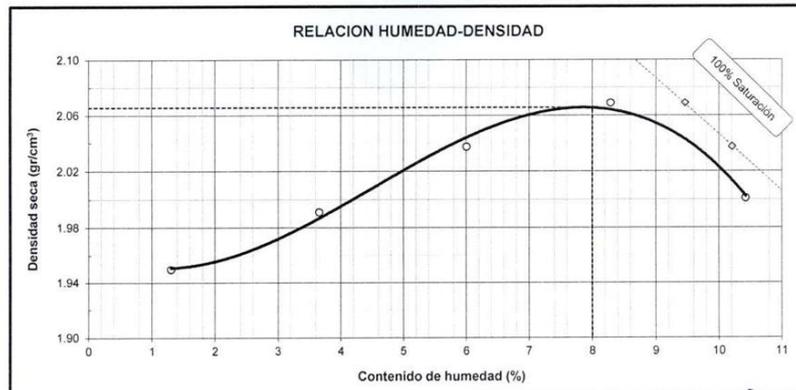
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Calicata : C-1 Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : GC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO): A-4(0)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: C Método de Preparación : Húmedo Molde N° : 04  
Pisón: Manual Gravedad Especifica (Gs) : 2.57 Tamiz N° : 3/4"  
Golpes por capa: 56 Capas : Cinco P<sub>c</sub> (%) : 24.49

Masa suelo húmedo + molde	gr	3790.5	3873.6	3963.6	4039.1	4010.2
Masa del molde	gr	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1852.5	1935.6	2025.6	2101.1	2072.2
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	937.9	937.9	937.9	937.9	937.9
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.975	2.064	2.160	2.240	2.210
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	345.62	318.27	319.15	291.90	279.60
Masa del suelo seco + recipiente	gr	341.50	308.40	302.82	271.90	256.43
Masa del recipiente	gr	25.43	38.49	30.88	30.66	34.21
Masa del agua	gr	4.12	9.87	16.33	20.00	23.17
Masa del suelo seco	gr	316.07	269.91	271.94	241.24	222.22
Contenido de Humedad	%	1.3	3.7	6.0	8.3	10.4
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.95	1.99	2.04	2.07	2.00

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  2.07  
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m<sup>3</sup>)  $\gamma_s$  20.3  
Humedad óptima (%) 8.0



Observaciones:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Mila Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS**  
(MTC 206 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto	Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash		
Solicitado por	Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	enero 2023
Lugar	Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	H.L.A
		Tecnico	H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	--	Progresiva	--
Calicata	C-1	Muestra	mab-01
Material	Subrasante	Profundidad	0.00 - 1.50 m

Agregado		GRUESO	GRUESO
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Peso del frasco dentro del agua (gr)	(A)	881.85	881.85
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1885.24	1983.90
Peso de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	2043.51	2103.73
Peso de la muestra seca (gr)	(D)	1862.12	1959.73
Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1161.66	1221.88
Peso específico de masa, $Pem=D/(B-E)$		2.57	2.57
<b>Peso Específico Promedio</b>		<b>2.57</b>	
Peso Especifica de masa SSS, $PeSSS= B/(B-E)$		2.61	2.60
<b>Peso Específico Promedio</b>		<b>2.60</b>	
Peso Especifico Aparente, $Gea = D/(D - E)$		2.66	2.66
Peso Especifico Aparente, $Pea = 0.9975D/(D-E)$		2.65	2.65
<b>Densidad Aparente Promedio, Da</b>		<b>2.65</b>	
Absorción, $Ab = ((B - D) / D) \times 100, \%$		1.24	1.23
<b>Absorción Promedio (Ab), %</b>		<b>1.24</b>	

Observación:

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash  
Solicitado : Yeffier Jesus Flores Valverde  
Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash  
Fecha de Ensayo : 24-02-23  
Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : --  
Muestra : mab-01  
Material : Subrasante  
Progresiva : --  
Clasif. (SUCS) : GC  
Clasif. (AASHTO) : A-4(0)

**PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)**

Compactación :	Modificado	Método: C					
Molde N°		1		2		3	
Capas N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		55		26		12	
Condición de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)		12705.4	12841.3	12540.2	12763.5	12340.7	12626.5
Peso de molde (g)		7929.8	7929.8	7994.1	7994.1	8042.9	8042.9
Peso del suelo húmedo (g)		4775.6	4911.5	4546.1	4769.4	4297.8	4583.6
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2134.3	2134.3	2123.1	2123.1	2125.7	2125.7
Peso Unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )		2.24	2.30	2.14	2.25	2.02	2.16
Contenido de Humedad							
Peso suelo húmedo + recipiente (g)		233.05	314.03	330.01	298.32	244.27	312.08
Peso suelo seco + recipiente (g)		217.85	289.77	308.19	270.10	229.04	278.76
Peso del recipiente (g)		23.26	30.34	30.34	30.72	23.98	30.47
Peso de agua (g)		15.20	24.26	21.82	28.22	15.23	33.32
Peso de suelo seco (g)		194.59	259.43	277.85	239.38	205.06	248.29
Contenido de humedad (%)		7.81	9.35	7.85	11.79	7.43	13.42
Peso Unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )		2.08	2.10	1.99	2.01	1.88	1.90
Datos del Ensayo Proctor Modificado		Peso Unitario Seco = 2.07 gr/cm <sup>3</sup>		C.H.O. = 8.00 %			

**INMERSION**

FECHA		HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
				mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
24/02/2023	15:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
25/02/2023	15:00	24	0.010	0.250	0.2	0.022	0.550	0.4	0.042	1.050	0.8	0.042	1.050	0.8	0.042
26/02/2023	15:00	48	0.015	0.375	0.3	0.030	0.750	0.6	0.052	1.300	1.0	0.052	1.300	1.0	0.052
27/02/2023	15:00	72	0.020	0.500	0.4	0.050	1.250	1.0	0.064	1.600	1.3	0.064	1.600	1.3	0.064
28/02/2023	15:00	96	0.029	0.725	0.6	0.079	1.975	1.6	0.082	2.050	1.6	0.082	2.050	1.6	0.082

**PENETRACION**

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg		MOLDE N° 1												MOLDE N° 2				MOLDE N° 3							
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION			
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0			0	0			0	0			0	0		
0.625		7	49.8			5	42.6			3	35.4			3	35.4			3	35.4			3	35.4		
1.250		14	75.0			10	60.6			4	39.0			4	39.0			4	39.0			4	39.0		
1.875		24	110.9			17	85.8			5	42.6			5	42.6			5	42.6			5	42.6		
2.540	70.31	31	136.1	107.7	7.8	20	96.5	72.4	5.2	6	46.2	33.6	2.4	6	46.2	33.6	2.4	6	46.2	33.6	2.4	6	46.2	33.6	2.4
5.080	105.46	46	190.0	183.7	8.9	26	118.1	123.6	6.0	7	49.8	54.9	2.7	7	49.8	54.9	2.7	7	49.8	54.9	2.7	7	49.8	54.9	2.7
7.500		57	229.6			35	150.5			10	60.6			10	60.6			10	60.6			10	60.6		
10.000		70	276.3			42	175.6			13	71.4			13	71.4			13	71.4			13	71.4		
12.500		94	362.6			48	197.2			15	78.6			15	78.6			15	78.6			15	78.6		

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Mila Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

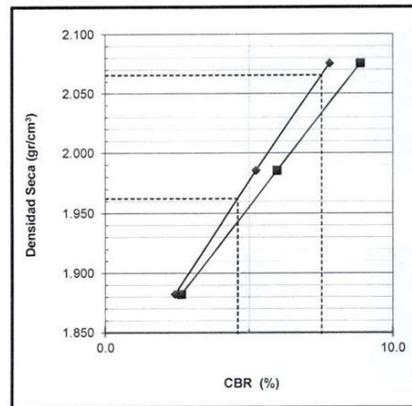
**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto	: Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash	2 de 2
Solicitado	: Yeffefer Jesus Flores Valverde	Fecha : 28/02/2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por : H.L.A Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: --	Progresiva	: --
Muestra	: mab-01	Clasif. (SUCS)	: GC
Material	: Subrasante	Clasif. (AASHTO)	: A-4(0)

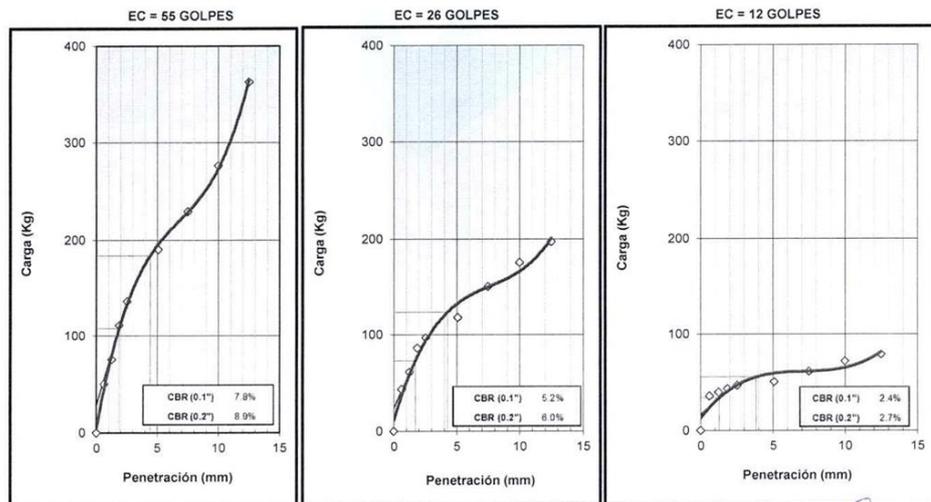


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 2.07  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 8.00  
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.96

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1": 7.5	0.2": 8.6
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1": 4.6	0.2": 5.2

**RESULTADOS:**  
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 7.5 (%)  
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 4.6 (%)

**OBSERVACIONES:**



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU

Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42932

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444

Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"  
Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

DATOS DE LA MUESTRA	Progresiva	--			
	Calicata	C-2			
	Material	Subrasante			
	Muestra	mab-01			
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.0			
	2"	100.0			
	1 1/2"	98.5			
	1"	86.8			
	3/4"	75.1			
	3/8"	59.5			
	# 4	46.3			
	# 10	33.8			
	# 20	25.9			
	# 40	20.2			
	# 60	18.9			
# 140	15.3				
# 200	14.4				
Coef. de Uniformidad Cu		--			
Coef. de Curvatura Cc		--			
Porcentaje de Material	Grava	53.7			
	Arena	31.9			
	Finos	14.4			
Mitad de Fracción Gruesa		42.8			
Limites de Consistencia	L.L.	21			
	L.P.	13			
Consistencia I.P.		8			
Humedad Natural (%)		4			
Indice de Grupo	IG - LL	-2.16			
	IG - IP	0.01			
	Indice de Grupo	0			
Clasificación AASTHO		A-2-4(0)			
Clasificación SUCS		GC			
Descripción		Grava arcillosa con arena			


 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing° Elio Alejandro Milta Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
 Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com  **EMV LABORATORIOS**



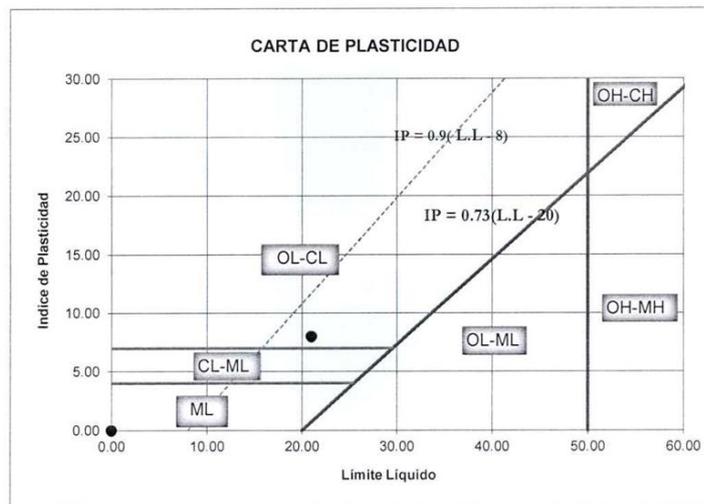
**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-002-2023**

**UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD**

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maiz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicita	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha:	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por:	: H.L.A
		Técnico:	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: -.-	Progresiva	: -.-
Calicata	: C-2	Muestra	: mab-01
		Material	: Subrasante
		Profundidad	: mab-01



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Ego Alejandro Milla Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**  
 (MTC E 108-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"  
 Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
 Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
 Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : -- Material : Subrasante  
 Calicata : C-2 Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 1.50 m

DESCRIPCION			M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	g.	Mcws	236.97	237.81
Peso Suelo Seco + Contenedor	g.	Mcs	228.83	228.58
Peso Contenedor	g.	Mc	22.50	21.24
Peso Partículas Sólidas (Ms=Mcs-Mc)	g.	Ms	206.33	207.34
Peso del Agua (Mw=Mcws-Mcs)	g.	Mw	8.14	9.23
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	%	w	3.95	4.45

<b>Humedad Promedio (%)</b>	<b>4</b>
-----------------------------	----------

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 Ing° Elio Alejandro Mila Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**  
(MTC E 107-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"  
Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

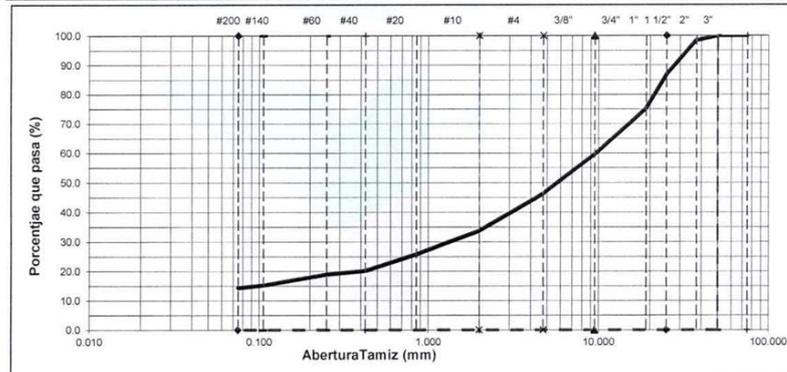
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : -- Material : Subrasante  
Calicata : C-2 Muestra : mab-01 Tamaño Máximo: 2"

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Masa Inicial Seca (gr) = 5854.40 Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.0  
Masa Lavada y Seca (gr) = 5024.62 Masa de Material Grueso (gr) = 3875.10  
Masa Retenido 3"(gr) = 0.00 % que pasa N° 200 = 14.38

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO	
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0
2"	50.000	0.00	0.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	88.30	1.51	1.5	98.5
1"	25.000	684.50	11.69	13.2	86.8
3/4"	19.000	682.10	11.65	24.9	75.1
3/8"	9.500	914.20	15.62	40.5	59.5
# 4	4.750	774.10	13.22	53.7	46.3
# 10	2.000	731.90	12.50	66.2	33.8
# 20	0.850	30.60	7.96	74.1	25.9
# 40	0.425	21.60	5.62	79.8	20.2
# 60	0.250	5.00	1.30	81.1	18.9
# 140	0.106	13.80	3.59	84.7	15.3
# 200	0.075	3.70	0.96	85.6	14.4
< 200	Fondo	0.80	0.21	85.8	14.2



% GRAVA	53.7	% Gruesa :	24.9	D60 (mm) =	9.784
		% Fina :	28.8	D30 (mm) =	1.450
% ARENA	31.9	% Gruesa :	12.5	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	13.6	Coef. Unif. (Cu) =	--
% FINOS	14.4	% Fina :	5.9	Coef. Conc. (Cc) =	--

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing° Elio Alejandro Millo Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
 Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



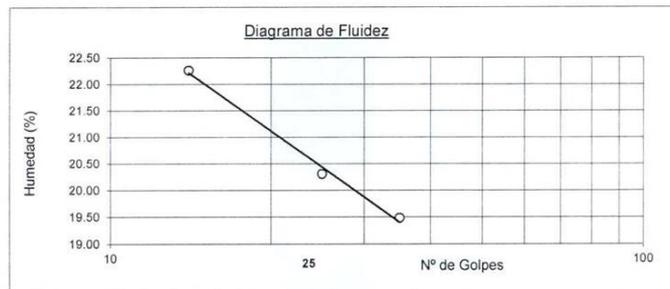
**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**  
(MTC E 110 y MTC E 111 - 2016)

		Solicitud N°	V-002-2023
Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maiz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicita	: Yeffe Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Técnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: --	Progresiva	: --
Calicata	: C-2	Muestra	: mab-01
		Material	: Subrasante
		Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, MTC E110**

N° de golpes	14	25	35
P. Suelo Húmedo+Rec.	26.60	29.08	29.18
P. Suelo Seco+Rec.	24.81	26.96	27.22
Peso del Recipiente	16.77	16.52	17.16
Peso Suelo Seco	8.04	10.44	10.06
Peso del Agua	1.79	2.12	1.96
C. de Humedad %	22.26	20.31	19.48



**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.P) - MTC E111**

P. Suelo Húmedo+Rec.	25.75	24.29
P. Suelo Seco+Rec.	24.56	23.17
Peso del Recipiente	15.50	14.62
Peso Suelo Seco	9.06	8.55
Peso del Agua	1.19	1.12
C. de Humedad %	13.13	13.10

Limite Líquido	=	<b>21</b>
Limite Plástico	=	<b>13</b>
Índice Plasticidad	=	<b>8</b>

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° *Alfonso Milid Vergara*  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)**  
(MTC E115 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" Fecha : enero 2023  
Solicitado : Yeffier Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

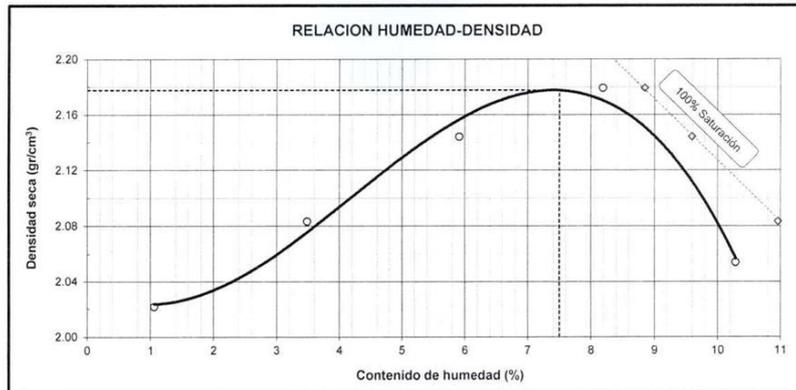
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Calicata : C-2 Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : GC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO): A-2-4(0)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: C Método de Preparación : Húmedo Molde N°: 01  
Pisón: Manual Gravedad Especifica (Gs) : 2.56 Tamiz N°: 3/4"  
Golpes por capa: 56 Capas : Cinco P<sub>c</sub> (%): 24.85

Masa suelo húmedo + molde	gr	7163.0	7401.8	7646.0	7830.0	7634.4
Masa del molde	gr	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2	2830.2
Peso suelo húmedo compactado	gr	4332.8	4571.6	4815.8	4999.8	4804.2
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5	2120.5
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	2.043	2.156	2.271	2.358	2.266
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	367.82	274.72	265.65	234.63	274.76
Masa del suelo seco + recipiente	gr	364.20	266.22	252.12	218.48	251.11
Masa del recipiente	gr	23.45	22.50	23.26	21.24	21.24
Masa del agua	gr	3.62	8.50	13.53	16.15	23.65
Masa del suelo seco	gr	340.75	243.72	228.86	197.24	229.87
Contenido de Humedad	%	1.1	3.5	5.9	8.2	10.3
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	2.02	2.08	2.14	2.18	2.05

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  21.8  
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  21.4  
Humedad óptima (%) 7.5



Observaciones:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Efra Alejandro Milta Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com EMV LABORATORIOS



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS**  
 (MTC 206 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicitado	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Tecnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: --	Progresiva	: --
Calicata	: C-2	Muestra	: mab-01
Material	: Subrasante	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

Agregado		GRUESO	GRUESO
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Peso del frasco dentro del agua (gr)	(A)	881.85	881.85
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1871.96	1980.02
Peso de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	2029.62	2099.83
Peso de la muestra seca (gr)	(D)	1847.09	1954.16
Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1147.77	1217.98
Peso específico de masa, $Pem=D/(B-E)$		2.55	2.56
<b>Peso Específico Promedio</b>		<b>2.56</b>	
Peso Especifica de masa SSS, $PeSSS= B/(B-E)$		2.58	2.60
<b>Peso Específico Promedio</b>		<b>2.59</b>	
Peso Específico Aparente, $Gea = D/(D - E)$		2.64	2.65
Peso Específico Aparente, $Pea = 0.9975D/(D-E)$		2.63	2.65
<b>Densidad Aparente Promedio, Da</b>		<b>2.64</b>	
Absorción, $Ab = ((B - D) / D) \times 100, \%$		1.35	1.32
<b>Absorción Promedio (Ab), %</b>		<b>1.33</b>	

Observación:

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" 1 de 2  
 Solicitado : Yeffier Jesus Flores Valverde Fecha de Ensayo : 06-03-23  
 Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
 Muestra : mab-01 Clasif (SUCS) : GC  
 Material : Subrasante Clasif (AASHTO) : A-2-4(0)

**PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACIÓN)**

Compactación :	Modificado	Método: C					
Molde N°		1		2		3	
Capas N°		5		5		5	
Golpes por capa N°		55		26		12	
Condición de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)		12976.4	13023.9	12892.1	13032.3	12834.7	12967.8
Peso de molde (g)		7929.8	7929.8	7994.1	7994.1	8042.9	8042.9
Peso del suelo húmedo (g)		5046.6	5094.1	4898.0	5038.2	4791.8	4924.9
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2134.3	2134.3	2123.1	2123.1	2125.7	2125.7
Peso Unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )		2.36	2.39	2.31	2.37	2.25	2.32
Contenido de Humedad							
Peso suelo húmedo + recipiente (g)		178.03	335.59	225.27	342.00	245.17	333.68
Peso suelo seco + recipiente (g)		166.60	312.59	210.64	317.80	229.27	309.49
Peso del recipiente (g)		22.43	30.72	23.26	30.49	26.03	30.88
Peso de agua (g)		11.43	23.00	14.63	24.20	15.90	24.19
Peso de suelo seco (g)		144.17	281.87	187.38	287.31	203.24	278.61
Contenido de humedad (%)		7.93	8.16	7.81	8.42	7.82	8.68
Peso Unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )		2.19	2.21	2.14	2.19	2.09	2.13
Datos del Ensayo Proctor Modificado		Peso Unitario Seco = 2.18 gr/cm <sup>3</sup>		C.H.O = 7.50 %			

**INMERSION**

FECHA		HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
				mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
06/03/2023	11:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
07/03/2023	11:00	24	0.005	0.125	0.1	0.004	0.100	0.002	0.050	0.000	0.0
08/03/2023	11:00	48	0.008	0.200	0.2	0.006	0.150	0.003	0.075	0.000	0.1
09/03/2023	11:00	72	0.011	0.275	0.2	0.009	0.225	0.005	0.125	0.000	0.1
10/03/2023	11:00	96	0.012	0.300	0.2	0.010	0.250	0.006	0.150	0.000	0.1

**PENETRACION**

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg		MOLDE N° 1												MOLDE N° 2				MOLDE N° 3							
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION			
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%				
0.000		0	0			0	0			0	0			0	0			0	0						
0.625		9	57.0			7	49.8			4	39.0			4	39.0			4	39.0						
1.250		38	161.3			21	100.1			12	67.8			12	67.8			12	67.8						
1.875		78	305.1			45	186.4			25	114.5			25	114.5			25	114.5						
2.540	70.31	122	463.3	590.4	42.8	75	294.3	528.6	38.3	46	190.0	352.3	25.5	46	190.0	352.3	25.5	46	190.0	352.3	25.5				
5.080	105.46	315	1157.1	1205.2	58.2	236	873.1	1121.2	54.1	180	671.8	776.3	37.5	180	671.8	776.3	37.5	180	671.8	776.3	37.5				
7.500		460	1678.4			388	1419.6			220	815.6			220	815.6			220	815.6						
10.000		615	2235.7			567	2063.1			480	1750.3			480	1750.3			480	1750.3						
12.500		770	2792.9			710	2577.2			630	2289.6			630	2289.6			630	2289.6						

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing° Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG CIP N° 42832



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

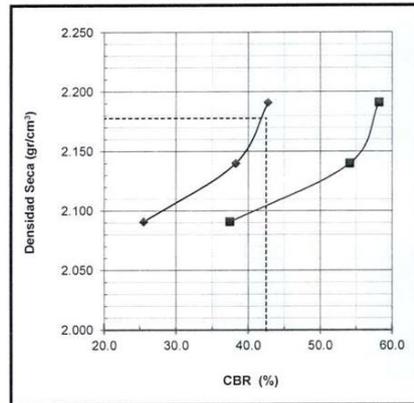
**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto :	"Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"	2 de 2
Solicitado :	Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha : 10/03/2023
Lugar :	Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por : H.L.A Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera :	--	Progresiva :	--
Muestra :	mab-01	Clasif. (SUCS) :	GC
Material :	Subrasante	Clasif. (AASHTO) :	A-2-4(0)



**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557

**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) :** 2.18

**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 7.50

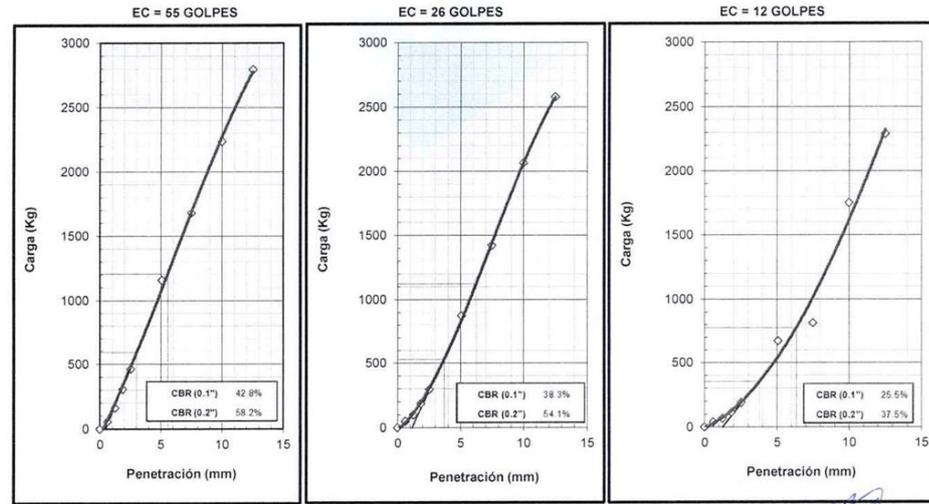
**95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) :** 2.07

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	42.5	0.2":	58.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	17.2	0.2":	26.1

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	42.5 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	17.2 (%)

**OBSERVACIONES:**



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° Elio Alejandro Milta Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE  
 SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL  
 EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
 (MTC ANEXO 1, NTP 339.134, NTP 339.135, ASTM D 2487)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de  
 Coronta de Maiz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"  
 Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
 Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
 Técnico : H.L.A

DATOS DE LA MUESTRA	Progresiva	--			
	Calicata	C-3			
	Material	Subrasante			
	Muestra	mab-01			
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.0			
	2"	100.0			
	1 1/2"	96.3			
	1"	88.3			
	3/4"	84.3			
	3/8"	80.1			
	# 4	74.5			
	# 10	66.1			
	# 20	58.9			
	# 40	54.2			
	# 60	52.5			
# 140	47.3				
# 200	45.2				
Coef. de Uniformidad Cu		--			
Coef. de Curvatura Cc		--			
Porcentaje de Material	Grava	25.5			
	Arena	29.3			
	Finos	45.2			
Mitad de Fracción Gruesa		27.4			
Límites de	L.L.	35			
	L.P.	15			
Consistencia	I.P.	20			
Humedad Natural (%)		15			
Índice de Grupo	IG - LL	1.78			
	IG - IP	3.02			
	Índice de Grupo	5			
Clasificación AASTHO		A-6(5)			
Clasificación SUCS		SC			
Descripción		Arena arcillosa con grava			

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Ejo Alejandra Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42532

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
 Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com  **EMV LABORATORIOS**



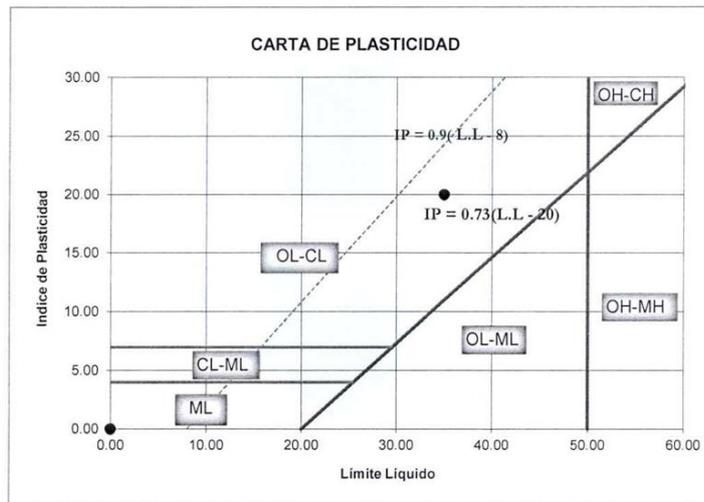
**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS**  
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° **V-002-2023**

**UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD**

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicita	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Técnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: -	Progresiva	: -
Calicata	: C-3	Muestra	: mab-01
		Material	: Subrasante
		Profundidad	: mab-01



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Milid Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42932



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO**  
 (MTC E 108-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"  
 Solicita : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
 Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
 Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : -- Material : Subrasante  
 Calicata : C-3 Muestra : mab-01 Profundidad : 0.00 - 1.50 m

DESCRIPCION			M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	g.	Mcws	246.21	205.96
Peso Suelo Seco + Contenedor	g.	Mcs	217.24	183.53
Peso Contenedor	g.	Mc	23.98	24.57
Peso Partículas Sólidas (Ms=Mcs-Mc)	g.	Ms	193.26	158.96
Peso del Agua (Mw=Mcws-Mcs)	g.	Mw	28.97	22.43
Contenido de Humedad (w=Mw/Ms)	%	w	14.99	14.11

<b>Humedad Promedio (%)</b>	<b>15</b>
-----------------------------	-----------

  
 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elio Alejandro Mila Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

**“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”**



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

(MTC E 107-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"  
Solicita : Yeffefer Jesus Flores Valverde Fecha : enero 2023  
Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

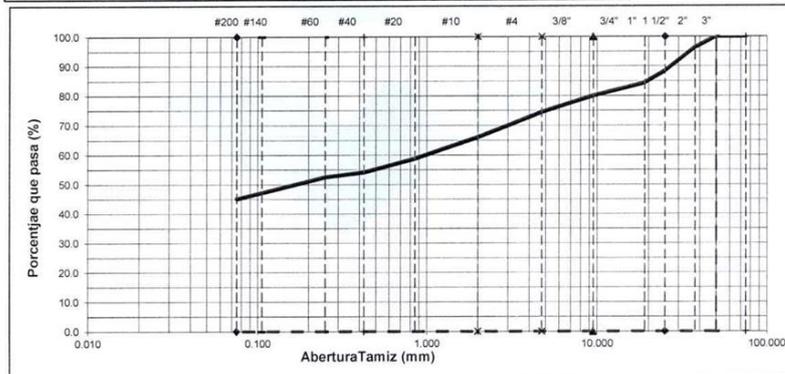
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : -- Material : Subrasante  
Calicata : C-3 Muestra : mab-01 Tamaño Máximo: 2"

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

Masa Inicial Seca (gr) = 2688.20 Porción de masa que pasa tamiz N° 10 (gr) = 130.0  
Masa Lavada y Seca (gr) = 1479.50 Masa de Material Grueso (gr) = 910.70  
Masa Retenido 3"(gr) = 0.00 % que pasa N° 200 = 45.17

Abertura de Tamices		RETENIDO EN CADA TAMIZ		PORCENTAJE ACUMULADO	
ASTM	mm	Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.0	100.0
2"	50.000	0.00	0.00	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	98.90	3.68	3.7	96.3
1"	25.000	215.00	8.00	11.7	88.3
3/4"	19.000	107.40	4.00	15.7	84.3
3/8"	9.500	114.00	4.24	19.9	80.1
# 4	4.750	150.30	5.59	25.5	74.5
# 10	2.000	225.10	8.37	33.9	66.1
# 20	0.850	14.20	7.22	41.1	58.9
# 40	0.425	9.30	4.73	45.8	54.2
# 60	0.250	3.30	1.68	47.5	52.5
# 140	0.106	10.20	5.19	52.7	47.3
# 200	0.075	4.20	2.14	54.8	45.2
< 200	Fondo	0.40	0.20	55.0	45.0



% GRAVA	25.5	% Gruesa :	15.7	D60 (mm) =	1.025
		% Fina :	9.8	D30 (mm) =	0.000
% ARENA	29.3	% Gruesa :	8.4	D10 (mm) =	0.000
		% Media :	12.0	Coef. Unif. (Cu) =	--
% FINOS	45.2	% Fina :	9.0	Coef. Conc. (Cc) =	--

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444

Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



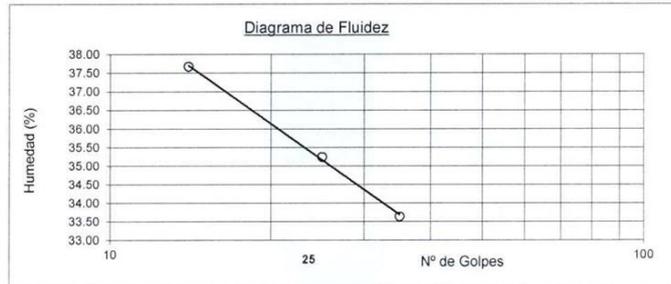
**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS**  
 (MTC E 110 y MTC E 111 - 2016)

		Solicitud N°	V-002-2023
Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicita	: Yeffe Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Técnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: --	Progresiva	: --
Calicata	: C-3	Muestra	: mab-01
		Material	: Subrasante
		Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

**DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO, MTC E110**

N° de golpes	14	25	35
P. Suelo Húmedo+Rec.	29.11	29.60	29.64
P. Suelo Seco+Rec.	25.61	26.16	26.30
Peso del Recipiente	16.32	16.40	16.37
Peso Suelo Seco	9.29	9.76	9.93
Peso del Agua	3.50	3.44	3.34
C. de Humedad %	37.67	35.25	33.64



**DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) E ÍNDICE DE PLASTICIDAD (I.P.P) - MTC E111**

P. Suelo Húmedo+Rec.	24.81	24.50
P. Suelo Seco+Rec.	23.53	23.23
Peso del Recipiente	15.18	14.83
Peso Suelo Seco	8.35	8.40
Peso del Agua	1.28	1.27
C. de Humedad %	15.33	15.12

Limite Líquido	=	35
Limite Plástico	=	15
Índice Plasticidad	=	20

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42932

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)**  
(MTC E115 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronata de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" Fecha : enero 2023  
Solicitado : Yeffer Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

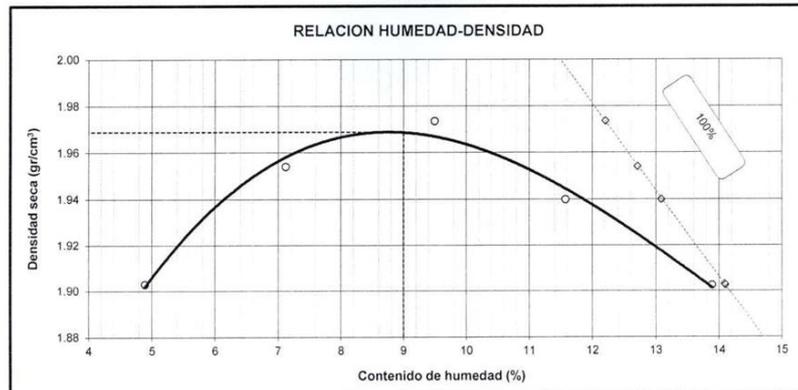
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Calicata : C-3 Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO): A-6(5)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **B** Método de Preparación : Húmedo Molde N° : 04  
Pisón: Manual Gravedad Especifica (Gs) : 2.46 Tamiz N° : 3/8"  
Golpes por capa: 25 Capas : Cinco P<sub>c</sub> (%) : 19.91

Masa suelo húmedo + molde	gr	3810.0	3901.1	3964.7	3967.9	3970.0
Masa del molde	gr	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1872.0	1963.1	2026.7	2029.9	2032.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	937.9	937.9	937.9	937.9	937.9
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.996	2.093	2.161	2.164	2.167
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	304.21	337.54	300.73	305.41	225.53
Masa del suelo seco + recipiente	gr	291.20	317.11	277.32	276.91	200.65
Masa del recipiente	gr	25.43	30.31	30.84	30.67	21.52
Masa del agua	gr	13.01	20.43	23.41	28.50	24.88
Masa del suelo seco	gr	265.77	286.80	246.48	246.24	179.13
Contenido de Humedad	%	4.9	7.1	9.5	11.6	13.9
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.90	1.95	1.97	1.94	1.90

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  **1.97**  
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m<sup>3</sup>)  $\gamma_s$  **19.3**  
Humedad óptima (%) **9.0**



Observaciones:

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° Elio Alejandro Millid Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42932

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS**  
(MTC 206 - 2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicitado	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Tecnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: --	Progresiva	: --
Calicata	: C-3	Muestra	: mab-01
Material	: Subrasante	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

Agregado		GRUESO	GRUESO
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Peso del frasco dentro del agua (gr)	(A)	881.85	881.85
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1788.19	1629.65
Peso de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	1965.06	1869.04
Peso de la muestra seca (gr)	(D)	1733.80	1579.49
Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1083.21	987.19
Peso específico de masa, $Pem=D/(B-E)$		2.46	2.46
<b>Peso Especifico Promedio</b>		<b>2.46</b>	
Peso Especifica de masa SSS, $PeSSS= B/(B-E)$		2.54	2.54
<b>Peso Especifico Promedio</b>		<b>2.54</b>	
Peso Especifico Aparente, $Gea = D/(D - E)$		2.66	2.67
Peso Especifico Aparente, $Pea = 0.9975D/(D-E)$		2.66	2.66
<b>Densidad Aparente Promedio, Da</b>		<b>2.66</b>	
Absorción, $Ab = ((B - D) / D) \times 100, \%$		3.14	3.18
<b>Absorción Promedio (Ab), %</b>		<b>3.16</b>	

Observación:

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 42832

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maiz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"	1 de 2
Solicitado	: Yeffefer Jesus Flores Valverde	Fecha de Ensayo : 06-03-23
Lugar	: Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por : H.L.A
		Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: --	Progresiva	: --
Muestra	: mab-01	Clasif. (SUCS)	: SC
Material	: Subrasante	Clasif. (AASHTO)	: A-6(5)

**PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)**

Compactación	: Modificado	Método	: B			
Molde N°	4	5	6			
Capas N°	5	5	5			
Golpes por capa N°	55	26	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12120.0	12408.8	11718.5	12051.4	11368.2	11789.0
Peso de molde (g)	7546.0	7546.0	7324.6	7324.6	7290.6	7290.6
Peso del suelo húmedo (g)	4574.0	4862.8	4393.9	4726.8	4077.6	4498.4
Volumen del molde (cm³)	2113.9	2113.9	2120.4	2120.4	2115.5	2115.5
Peso Unitario húmedo (g/cm³)	2.16	2.30	2.07	2.23	1.93	2.13
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	219.70	223.49	222.57	200.57	213.50	244.88
Peso suelo seco + recipiente (g)	202.30	203.79	205.01	180.34	196.55	217.63
Peso del recipiente (g)	21.24	37.12	21.52	38.66	23.98	39.20
Peso de agua (g)	17.40	19.70	17.56	20.23	16.95	27.25
Peso de suelo seco (g)	181.06	166.67	183.49	141.68	172.57	178.43
Contenido de humedad (%)	9.61	11.82	9.57	14.28	9.82	15.27
Peso Unitario seco (g/cm³)	1.97	2.06	1.89	1.95	1.76	1.84
Datos del Ensayo Proctor Modificado						
Peso Unitario Seco =			1.97	gr/cm³	C.H.O. = 9.00 %	

**INMERSION**

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/03/2023	15:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
07/03/2023	15:00	24	0.017	0.425	0.3	0.009	0.225	0.2	0.008	0.200	0.2
08/03/2023	15:00	48	0.020	0.500	0.4	0.016	0.400	0.3	0.015	0.375	0.3
09/03/2023	15:00	72	0.029	0.725	0.6	0.025	0.625	0.5	0.024	0.600	0.5
10/03/2023	15:00	96	0.035	0.875	0.7	0.032	0.800	0.6	0.030	0.750	0.6

**PENETRACION**

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
0.000		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.625		0	0			0	0			0	0		
1.250		5	42.6			3	35.4			1	28.2		
1.875		7	49.8			4	39.0			2	31.8		
2.540	70.31	10	60.6			7	49.8			3	35.4		
5.080	105.46	12	67.8	55.0	4.0	8	53.4	39.7	2.9	4	39.0	29.1	2.1
7.500		20	96.5	93.0	4.5	10	60.6	64.5	3.1	5	42.6	46.4	2.2
10.000		25	114.5			12	67.8			6	46.2		
12.500		29	128.9			15	78.6			7	49.8		
		38	161.3			18	89.4			8	53.4		

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Elio Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 42332

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

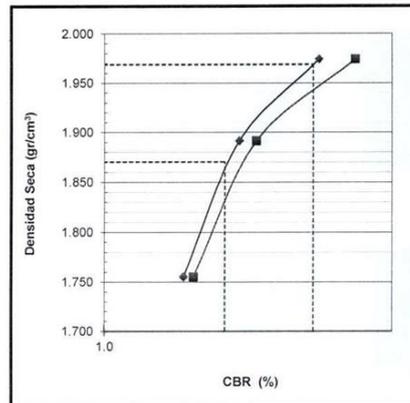
**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto :	"Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"	2 de 2
Solicitado :	Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha : 10/03/2023
Lugar :	Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por : H.L.A
		Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera :	--	Progresiva :	--
Muestra :	mab-01	Clasif. (SUCS) :	SC
Material :	Subrasante	Clasif. (AASHTO) :	A-6(5)



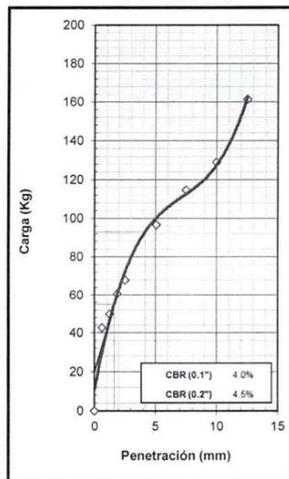
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.97  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 9.00  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.87

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	3.9	0.2":	4.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	2.7	0.2":	2.9

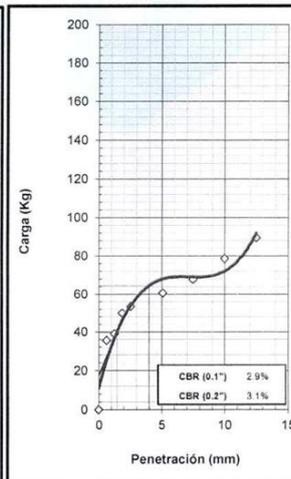
**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 3.9 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 2.7 (%)

**OBSERVACIONES:**

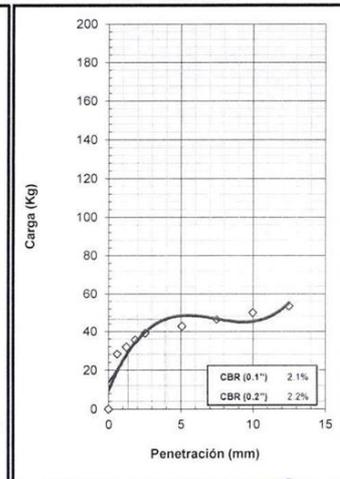
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Alejandro Milla Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)**  
(MTC E115 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" Fecha : enero 2023  
Solicitado : Yeffer Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

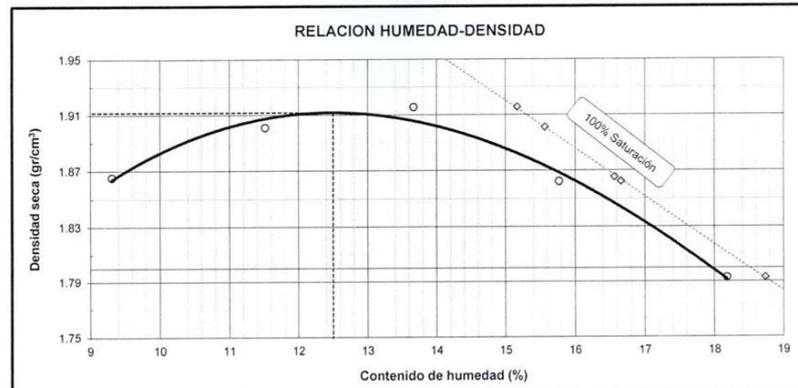
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Calicata : C-3 Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO): A-6(5)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **B** Método de Preparación : Húmedo Molde N° : 04  
Pisón: Manual Gravedad Específica (Gs) : 2.46 Tamiz N° : 3/8"  
Golpes por capa: 25 Capas : Cinco P<sub>c</sub> (%) : 19.91

Masa suelo húmedo + molde	gr	3850.4	3926.2	3980.0	3960.0	3925.3
Masa del molde	gr	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1912.4	1988.2	2042.0	2022.0	1987.3
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	937.9	937.9	937.9	937.9	937.9
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	2.039	2.120	2.177	2.156	2.119
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	279.42	305.02	335.88	294.70	305.42
Masa del suelo seco + recipiente	gr	257.78	276.72	299.14	258.73	262.55
Masa del recipiente	gr	25.35	30.95	30.34	30.67	26.78
Masa del agua	gr	21.64	28.30	36.74	35.97	42.87
Masa del suelo seco	gr	232.43	245.77	268.80	228.06	235.77
Contenido de Humedad	%	9.3	11.5	13.7	15.8	18.2
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.87	1.90	1.92	1.86	1.79

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  **1.91**  
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  **18.7**  
Humedad óptima (%) **12.5**



Observaciones: Considerando 1% de Ceniza y 1% de Cal

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° Elio Alejandro Millán Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 42932

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com EMV LABORATORIOS



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS**  
 (MTC 206 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicitado	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Tecnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: --	Progresiva	: --
Calicata	: C-3	Muestra	: mab-01
Material	: Subrasante	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

Agregado		GRUESO	GRUESO
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Peso del frasco dentro del agua (gr)	(A)	881.85	881.85
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1788.19	1629.65
Peso de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	1965.06	1869.04
Peso de la muestra seca (gr)	(D)	1733.80	1579.49
Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1083.21	987.19
Peso específico de masa, $Pem=D/(B-E)$		2.46	2.46
<b>Peso Específico Promedio</b>		<b>2.46</b>	
Peso Especifica de masa SSS, $PeSSS= B/(B-E)$		2.54	2.54
<b>Peso Específico Promedio</b>		<b>2.54</b>	
Peso Especifico Aparente, $Gea = D/(D - E)$		2.66	2.67
Peso Especifico Aparente, $Pea = 0.9975D/(D-E)$		2.66	2.66
<b>Densidad Aparente Promedio, Da</b>		<b>2.66</b>	
Absorción, $Ab = ((B - D) / D) \times 100, \%$		3.14	3.18
<b>Absorción Promedio (Ab), %</b>		<b>3.16</b>	

Observación:

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 Ing. Ego Alejandro Millia Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" 1 de 2  
Solicitado : Yeffer Jesus Flores Valverde Fecha de Ensayo : 28-04-23  
Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO) : A-6(5)

**PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)**

Compactación :	Modificado		Método: B			
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12572.3	12739.7	12427.6	12676.9	12323.8	12609.8
Peso de molde (g)	7929.8	7929.8	7994.1	7994.1	8042.9	8042.9
Peso del suelo húmedo (g)	4642.5	4809.9	4433.5	4682.8	4280.9	4566.9
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2134.3	2134.3	2123.1	2123.1	2125.7	2125.7
Peso Unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.18	2.25	2.09	2.21	2.01	2.15
Contenido de Humedad						
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	232.27	267.32	200.78	259.15	206.67	250.11
Peso suelo seco + recipiente (g)	207.90	233.04	180.82	224.73	186.13	214.61
Peso del recipiente (g)	21.52	30.58	23.98	30.84	24.15	30.49
Peso de agua (g)	24.37	34.28	19.96	34.42	20.54	35.50
Peso de suelo seco (g)	188.38	202.46	156.84	193.89	161.98	184.12
Contenido de humedad (%)	13.08	16.93	12.73	17.75	12.68	19.28
Peso Unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.92	1.93	1.85	1.87	1.79	1.80
Datos del Ensayo Proctor Modificado      Peso Unitario Seco = 1.91 gr/cm <sup>3</sup> C.H.O. = 12.50 %						

**INMERSION**

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2023	10:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
29/04/2023	10:00	24	0.010	0.250	0.2	0.006	0.150	0.1	0.002	0.050	0.0
30/04/2023	10:00	48	0.016	0.400	0.3	0.012	0.300	0.2	0.005	0.125	0.1
01/05/2023	10:00	72	0.023	0.575	0.5	0.020	0.500	0.4	0.009	0.225	0.2
02/05/2023	10:00	96	0.030	0.750	0.6	0.026	0.650	0.5	0.012	0.300	0.2

**PENETRACION**

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm2	Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg											
		MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		12	67.8			7	49.8			5	42.6		
1.250		23	107.3			15	78.6			10	60.6		
1.875		36	154.1			25	114.5			16	82.2		
2.540	70.31	46	190.0	156.3	11.3	35	150.5	122.2	8.8	24	110.9	91.5	6.6
5.080	105.46	75	294.3	277.2	13.4	57	229.6	215.7	10.4	42	175.6	162.0	7.8
7.500		90	348.2			68	269.1			50	204.4		
10.000		110	420.1			82	319.4			59	236.8		
12.500		125	474.0			94	362.6			66	269.1		

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
ing' Elio Alejandro Milta Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG CIP N° 42832



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

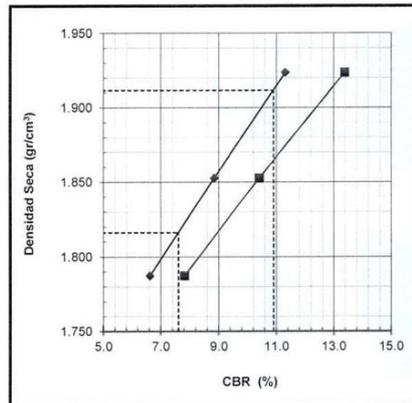
**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"	2 de 2
Solicitado	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha : 02/05/2023
Lugar	: Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por : H.L.A
		Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera	: --	Progresiva	: --
Muestra	: mab-01	Clasif. (SUCS)	: SC
Material	: Subrasante	Clasif. (AASHTO)	: A-6(5)

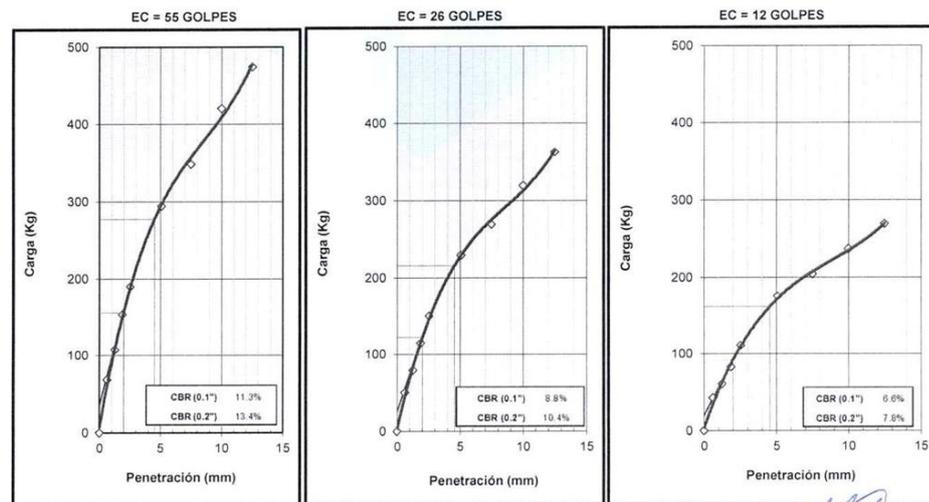


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.91  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.50  
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.82

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	10.9	0.2":	12.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	7.6	0.2":	9.0

**RESULTADOS:**  
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 10.9 (%)  
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 7.6 (%)

**OBSERVACIONES:**



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing. Alejandro Mila Veigara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)**  
(MTC E115 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" Fecha : enero 2023  
Solicitado : Yeffer Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

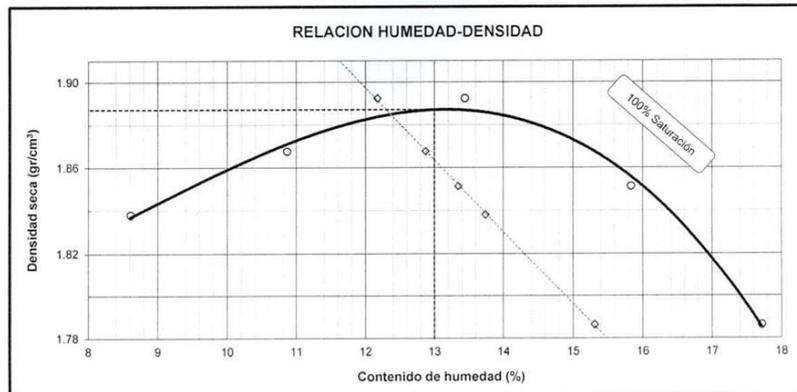
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Calicata : C-3 Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO): A-6(5)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **B** Método de Preparación : Húmedo Molde N° : 04  
Plsón: Manual Gravedad Especifica (Gs) : 2.46 Tamiz N° : 3/8"  
Golpes por capa: 25 Capas : Cinco P<sub>c</sub> (%) : 19.91

Masa suelo húmedo + molde	gr	3810.2	3879.9	3951.4	3949.3	3910.0
Masa del molde	gr	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1872.2	1941.9	2013.4	2011.3	1972.0
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	937.9	937.9	937.9	937.9	937.9
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.996	2.071	2.147	2.145	2.103
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	313.50	323.16	325.17	339.70	343.14
Masa del suelo seco + recipiente	gr	291.10	294.50	290.27	297.42	296.20
Masa del recipiente	gr	31.01	30.72	30.66	30.47	31.25
Masa del agua	gr	22.40	28.66	34.90	42.28	46.94
Masa del suelo seco	gr	260.09	263.78	259.61	266.95	264.95
Contenido de Humedad	%	8.6	10.9	13.4	15.8	17.7
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.84	1.87	1.89	1.85	1.79

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  **1.89**  
Peso Unitario Seco Compactado (kN/m<sup>3</sup>)  $\gamma_u$  **18.5**  
Humedad óptima (%) **13.0**



Observaciones: Considerando 2% de ceniza y 2% de cal

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Mila Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP. N° 42932

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS**  
 (MTC 206 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicitado	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Tecnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: -.-	Progresiva	: -.-
Calicata	: C-3	Muestra	: mab-01
Material	: Subrasante	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

Agregado		<i>GRUESO</i>	<i>GRUESO</i>
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Peso del frasco dentro del agua (gr)	(A)	881.85	881.85
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1788.19	1629.65
Peso de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	1965.06	1869.04
Peso de la muestra seca (gr)	(D)	1733.80	1579.49
Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1083.21	987.19
Peso específico de masa, $Pem=D/(B-E)$		2.46	2.46
<b>Peso Especifico Promedio</b>		<b>2.46</b>	
Peso Especifica de masa SSS, $PeSSS= B/(B-E)$		2.54	2.54
<b>Peso Especifico Promedio</b>		<b>2.54</b>	
Peso Especifico Aparente, $Gea = D/(D - E)$		2.66	2.67
Peso Especifico Aparente, $Pea = 0.9975D/(D-E)$		2.66	2.66
<b>Densidad Aparente Promedio, Da</b>		<b>2.66</b>	
Absorción, $Ab = ((B - D) / D) \times 100, \%$		3.14	3.18
<b>Absorción Promedio (Ab), %</b>		<b>3.16</b>	

Observación:

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 Ing. Elio Alejandro Millid Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" 1 de 2  
 Solicitado : Yeffefer Jesus Flores Valverde Fecha de Ensayo : 28-04-23  
 Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
 Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
 Muestra : mab-01 Clasif (SUCS) : SC  
 Material : Subrasante Clasif (AASHTO): A-6(5)

**PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)**

Compactación :	Modificado	Método: B					
Molde N°	4	5		6			
Capas N°	5	5		5			
Golpes por capa N°	55	26		12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12086.5	12219.8	11762.1	11931.0	11535.6	11774.5	
Peso de molde (g)	7546.0	7546.0	7324.6	7324.6	7290.6	7290.6	
Peso del suelo húmedo (g)	4540.5	4673.8	4437.5	4606.4	4245.0	4483.9	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2113.9	2113.9	2120.4	2120.4	2115.5	2115.5	
Peso Unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.21	2.09	2.17	2.01	2.12	
Contenido de Humedad							
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	221.25	289.01	239.78	259.40	207.92	273.44	
Peso suelo seco + recipiente (g)	198.10	252.69	214.76	226.33	186.81	235.07	
Peso del recipiente (g)	22.50	30.66	22.43	30.72	21.24	30.34	
Peso de agua (g)	23.15	36.32	25.02	33.07	21.11	38.37	
Peso de suelo seco (g)	175.60	222.03	192.33	195.61	165.57	204.73	
Contenido de humedad (%)	13.18	16.36	13.01	16.91	12.75	18.74	
Peso Unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.90	1.90	1.85	1.86	1.78	1.79	
Datos del Ensayo Proctor Modificado      Peso Unitario Seco = 1.89 gr/cm <sup>3</sup> C.H.O. = 13.00 %							

**INMERSION**

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2023	11:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
29/04/2023	11:00	24	0.019	0.475	0.4	0.017	0.425	0.3	0.039	0.975	0.8
30/04/2023	11:00	48	0.024	0.600	0.5	0.028	0.700	0.6	0.053	1.325	1.0
01/05/2023	11:00	72	0.033	0.825	0.6	0.040	1.000	0.8	0.066	1.650	1.3
02/05/2023	11:00	96	0.042	1.050	0.8	0.057	1.425	1.1	0.084	2.100	1.7

**PENETRACION**

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 4				MOLDE N° 5				MOLDE N° 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		18	89.4			15	78.6			12	67.8		
1.250		47	193.6			43	179.2			30	132.5		
1.875		89	344.6			80	312.3			57	229.6		
2.540	70.31	114	434.5	342.1	24.8	100	384.2	312.1	22.6	79	308.7	239.0	17.3
5.080	105.46	157	589.1	578.4	27.9	146	549.5	541.0	26.1	110	420.1	407.9	19.7
7.500		181	675.4			176	657.4			126	477.6		
10.000		202	750.9			194	722.1			143	538.8		
12.500		236	873.1			213	790.4			163	610.7		

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing° Elio Alejandro Milia Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP. N° 42832



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

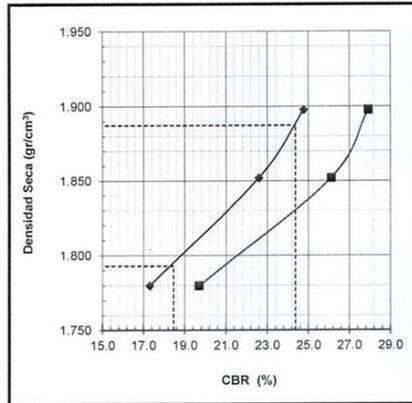
**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto :	"Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"	2 de 2
Solicitado :	Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha : 02/05/2023
Lugar :	Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por : H.L.A
		Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera :	--	Progresiva	: --
Muestra :	mab-01	Clasif. (SUCS)	: SC
Material :	Subrasante	Clasif. (AASHTO)	: A-6(5)

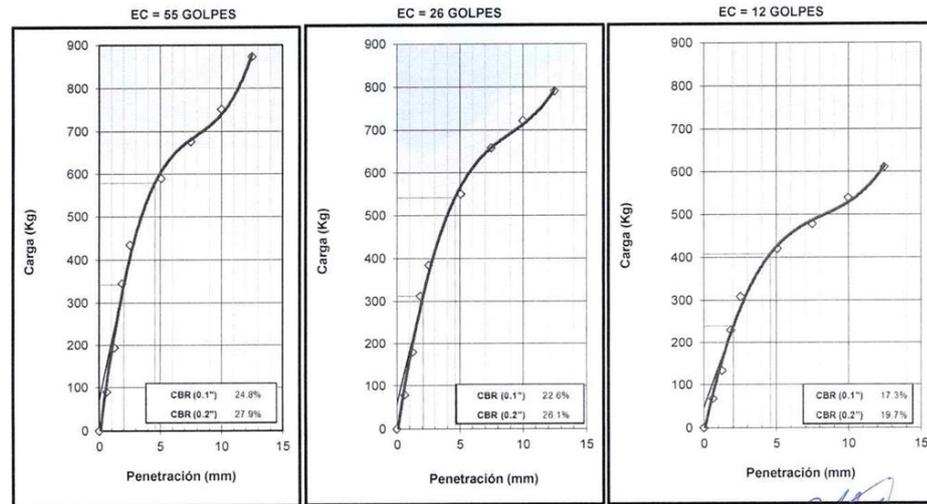


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.89  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 13.00  
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.79

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	24.4	0.2":	27.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	18.5	0.2":	21.2

**RESULTADOS:**  
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 24.4 (%)  
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 18.5 (%)

**OBSERVACIONES:**



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing° Elio Alejandro Milia Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG° CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**

“ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE  
SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL  
EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH”



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
(PROCTOR MODIFICADO)**  
(MTC E115 - 2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de  
Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" Fecha : enero 2023  
Solicitado : Yeffe Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

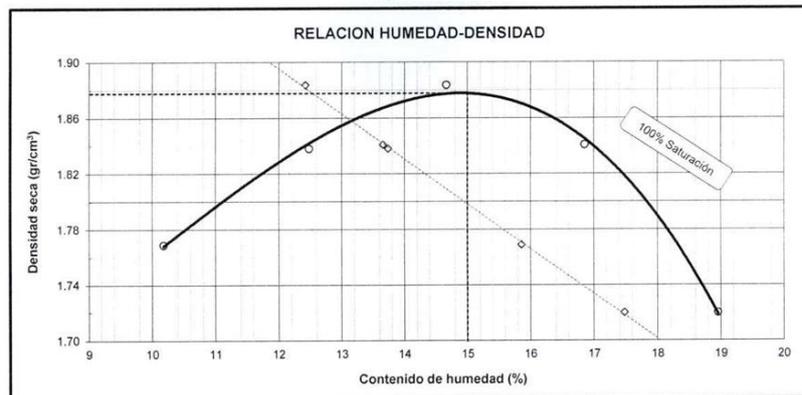
**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Calicata : C-3 Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO) : A-6(5)

PROCEDIMIENTO DE COMPACTACION: **B** Método de Preparación : Húmedo Molde N° : 04  
Pisón: Manual Gravedad Específica (Gs) : 2.46 Tamiz N° : 3/8"  
Golpes por capa: 25 Capas : Cinco P<sub>c</sub> (%) : 19.91

Masa suelo húmedo + molde	gr	3766.0	3877.0	3963.6	3955.3	3856.6
Masa del molde	gr	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0	1938.0
Peso suelo húmedo compactado	gr	1828.0	1939.0	2025.6	2017.3	1918.6
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	937.9	937.9	937.9	937.9	937.9
Densidad húmeda compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.949	2.067	2.160	2.151	2.046
Cálculo Contenido de Humedad						
Masa del suelo húmedo+ recip.	gr	245.83	330.17	308.44	311.79	289.74
Masa del suelo seco + recipiente	gr	225.20	296.92	272.92	271.25	247.83
Masa del recipiente	gr	24.50	30.58	30.72	30.72	26.72
Masa del agua	gr	20.43	33.25	35.52	40.54	41.91
Masa del suelo seco	gr	200.70	266.34	242.20	240.53	221.11
Contenido de Humedad	%	10.2	12.5	14.7	16.9	19.0
Densidad seca compactada	gr/cm <sup>3</sup>	1.77	1.84	1.88	1.84	1.72

Densidad Seca Compactada Máxima (gr/cm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  **1.88**  
Peso Unitario Seco Compactado (kNm<sup>3</sup>)  $\gamma_d$  **18.4**  
Humedad óptima (%) **15.0**



Observaciones: Considerando 3% de ceniza y 3% de cal

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Elio Alejandro Millán Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
 OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**PESO ESPECIFICO DE AGREGADOS GRUESOS**  
 (MTC 206 - 2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto	: "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash"		
Solicitado	: Yeffer Jesus Flores Valverde	Fecha	: enero 2023
Lugar	: Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash	Muestreado por	: H.L.A
		Tecnico	: H.L.A
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Cantera	: --	Progresiva	: --
Calicata	: C-3	Muestra	: mab-01
Material	: Subrasante	Profundidad	: 0.00 - 1.50 m

Agregado		<i>GRUESO</i>	<i>GRUESO</i>
Tamaño máximo de la muestra		2"	2"
Tipo de frasco utilizado		Cesta	Cesta
Peso del frasco dentro del agua (gr)	(A)	881.85	881.85
Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr)	(B)	1788.19	1629.65
Peso de la muestra saturada dentro del agua + frasco (gr)	(C)	1965.06	1869.04
Peso de la muestra seca (gr)	(D)	1733.80	1579.49
Peso de la muestra saturada dentro del agua (gr)	(E)	1083.21	987.19
Peso específico de masa, $Pem=D/(B-E)$		2.46	2.46
<b>Peso Especifico Promedio</b>		<b>2.46</b>	
Peso Especifica de masa SSS, $PeSSS= B/(B-E)$		2.54	2.54
<b>Peso Especifico Promedio</b>		<b>2.54</b>	
Peso Especifico Aparente, $Gea = D/(D - E)$		2.66	2.67
Peso Especifico Aparente, $Pea = 0.9975D/(D-E)$		2.66	2.66
<b>Densidad Aparente Promedio, Da</b>		<b>2.66</b>	
Absorción, $Ab = ((B - D) / D) \times 100, \%$		3.14	3.18
<b>Absorción Promedio (Ab), %</b>		<b>3.16</b>	

Observación:

\* Muestreo e identificación realizada por el solicitante

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
  
 Ing. Elio Alejandro Mila Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832

"ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUBRASANTE ADICIONANDO CENIZA DE CORONTA DE MAÍZ Y CAL EN CARRETERA LONGITUDINAL DE CONCHUCOS, ANCASH"



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° V-002-2023

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de  
Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" 1 de 2  
Solicitado : Yeffe Jesus Flores Valverde Fecha de Ensayo : 28-04-23  
Lugar : Carlos Fermín Fitzcarrald-San Luis-Ancash Muestreado por : H.L.A  
Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO) : A-6(5)

**PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN (COMPACTACION)**

Compactación :	Modificado		Método: B		8		9	
Molde N°	7		8		8		9	
Capas N°	5		5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO						
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12055.4	12119.7	11913.6	12023.5	11895.8	12069.3		
Peso de molde (g)	7400.8	7400.8	7421.5	7421.5	7563.8	7563.8		
Peso del suelo húmedo (g)	4654.6	4718.9	4492.1	4602.0	4332.0	4505.5		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2139.9	2139.9	2117.6	2117.6	2126.7	2126.7		
Peso Unitario húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	2.18	2.21	2.12	2.17	2.04	2.12		
Contenido de Humedad								
Peso suelo húmedo + recipiente (g)	189.43	300.15	200.74	287.94	187.98	272.03		
Peso suelo seco + recipiente (g)	167.67	264.05	177.23	251.44	165.55	234.53		
Peso del recipiente (g)	24.57	30.72	26.03	30.95	23.26	30.44		
Peso de agua (g)	21.76	36.10	23.51	36.50	22.43	37.50		
Peso de suelo seco (g)	143.10	233.33	151.20	220.49	142.29	204.09		
Contenido de humedad (%)	15.21	15.47	15.55	16.55	15.76	18.37		
Peso Unitario seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.89	1.91	1.84	1.86	1.76	1.79		

Datos del Ensayo Proctor Modificado Peso Unitario Seco = 1.88 gr/cm<sup>3</sup> C.H.O. = 15.00 %

**INMERSION**

Sobrecarga de saturación = 4.54 Kg

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/04/2023	09:00	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
29/04/2023	09:00	24	0.008	0.200	0.2	0.003	0.075	0.1	0.001	0.025	0.0
30/04/2023	09:00	48	0.012	0.300	0.2	0.005	0.125	0.1	0.002	0.050	0.0
01/05/2023	09:00	72	0.020	0.500	0.4	0.009	0.225	0.2	0.004	0.100	0.1
02/05/2023	09:00	96	0.026	0.650	0.5	0.014	0.350	0.3	0.008	0.200	0.2

**PENETRACION**

Sobrecarga de penetración = 4.54 Kg

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.625		41	172.0			25	114.5			17	85.8		
1.250		118	448.9			90	348.2			63	251.1		
1.875		165	617.8			150	563.9			90	348.2		
2.540	70.31	204	758.1	571.6	41.4	190	707.7	528.1	38.3	103	394.9	306.0	22.2
5.080	105.46	246	909.1	937.1	45.3	225	833.6	862.2	41.6	125	474.0	502.8	24.3
7.500		270	995.3			247	912.7			147	553.1		
10.000		310	1139.2			273	1006.1			162	607.1		
12.500		340	1247.0			300	1103.2			180	671.8		

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
 Ing° Elio Alejandro Milia Vergara  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 42832



**EMV LABORATORIOS Y CONSTRUCCIÓN E.I.R.L.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYO DE MATERIALES, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
LABORATORIO QUÍMICO DE SUELOS Y AGUAS  
OBRAS Y PROYECTOS DE INGENIERÍA

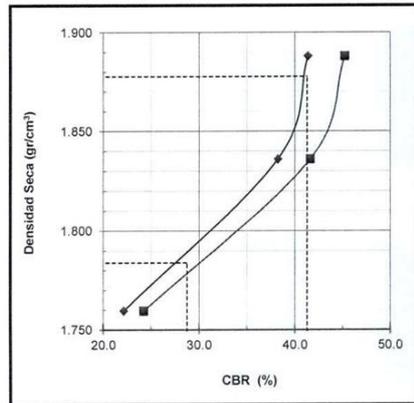
**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)**  
(MTC E 132-2016)

Solicitud N° **V-002-2023**

Proyecto : "Análisis de Propiedades Físicas y Mecánicas de Subrasante Adicionando Ceniza de Coronta de Maíz y Cal en Carretera Longitudinal de Conchucos, Ancash" 2 de 2  
Fecha : 02/05/2023  
Solicitado : Yeffefer Jesus Flores Valverde Muestreado por : H.L.A  
Lugar : Carlos Fermin Fitzcarrald-San Luis-Ancash Técnico : H.L.A

**DATOS DE LA MUESTRA**

Cantera : -- Progresiva : --  
Muestra : mab-01 Clasif. (SUCS) : SC  
Material : Subrasante Clasif. (AASHTO) : A-6(5)

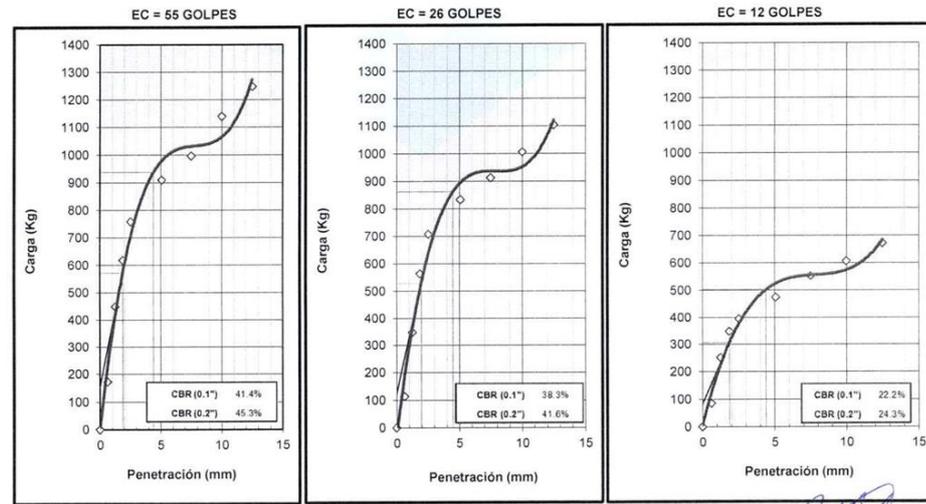


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.88  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.00  
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.78

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1":	41.3	0.2":	45.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1":	28.8	0.2":	31.4

**RESULTADOS:**  
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 41.3 (%)  
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 28.8 (%)

**OBSERVACIONES:**



COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU  
Ing. Alejandro Mila Vergara  
INGENIERO CIVIL  
REG. CIP N° 42832

Laboratorio: Prolongación Caraz N° 1019 - Huaraz, Celular: 981-700444  
Jr. Ramón Castilla N° 939 - Huaraz - Celular: 944-931238 - E-mail: emv.laboratorio@gmail.com **EMV LABORATORIOS**